

«Мы должны благодарить судьбу за то, что
Станислас Деан, ведущий нейрочеловек, еще
и прекрасный писатель». **Оливер Сакс**

Сознание и мозг

*Как мозг
кодирует мысли*



Станислас Деан

Annotation

Станислас Деан сделал прорыв в понимании того, как наше сознание обустроено в нашем мозге и как, глядя на карту активности нейронов, «читать» мысли человека и «видеть» его образы. Станислас Деан вводит понятие «глобального нейронного рабочего пространства» и объясняет, каким образом нейроны, связываясь между собой, дают нам возможность осознавать этот мир, мыслить, чувствовать, мечтать.

Это исследование дает новое понимание того, что значит находиться в сознании и без сознания, каким образом то, что мы не осознаем, побуждает нас действовать, как мозг решает, какие стимулы допустить до сознания, а какие нет.

Станислас Деан опирается на потрясающие исследования, проведенные в ведущих лабораториях мира. Это исследования зрительных иллюзий, речевых стимулов, пациентов в состоянии комы, в вегетативном состоянии, больных с различными поражениями мозга, в состоянии сна, при анестезии. И выявляет нейронные маркеры, которые свидетельствуют о сознающем мозге. Об уникальном человеческом сознании.

-
- [Сознание и мозг. Как мозг кодирует мысли](#)
 - [Consciousness and the Brain: Deciphering How the Brain Codes Our Thoughts](#)
 - [* * *](#)
 - [* * *](#)
 - [Вступление. Материя мысли](#)
 -
 - [О чем задумывался Декарт](#)
 - [Последняя проблема](#)
 - [Разгадать код сознания](#)
 - [Видеть или не видеть](#)
 - [Как субъективность стала наукой](#)
 - [Автограф сознательной мысли](#)
 - [Будущее сознания](#)
 - [1. Сознание на лабораторном столе](#)
 -
 - [Грани сознания](#)
 - [Минимальный контраст](#)

- [Конкурирующие изображения](#)
- [Когда внимание моргнет](#)
- [Маска для сознательного восприятия](#)
- [Превосходство субъективного](#)
- [2. Промерить подсознания глубины](#)
 -
 - [Пионеры бессознательного](#)
 - [Где заседает бессознательное](#)
 - [Темная сторона мозга](#)
 - [Объединение без помощи сознания](#)
 - [Играя в шахматы без помощи сознания](#)
 - [Видеть голоса](#)
 - [Понять смысл без помощи сознания?](#)
 - [Великие войны подсознания](#)
 - [Арифметика без помощи сознания](#)
 - [Сочетание концепций без участия сознания](#)
 - [Внимание без сознания](#)
 - [Сколько стоит неосознаваемая монета](#)
 - [Математика без участия сознания](#)
 - [Статистика во сне](#)
 - [Фокусы сублимального](#)
- [3. Зачем нам сознание?](#)
 -
 - [Бессознательная статистика, сознательные отчеты](#)
 - [Мысль сохраненная](#)
 - [Машина Тьюринга в человеческом обличье](#)
 - [Сознание как средство распространения информации в социуме](#)
- [4. Автографы сознательной мысли](#)
 -
 - [Лавина сознания](#)
 - [Когда сойдет лавина](#)
 - [Запаздывание осознания](#)
 - [Выделяем момент осознания](#)
 - [Массовая активация сознания](#)
 - [В глубинах сознания](#)
 - [Мозговая сеть](#)
 - [Переломный момент и то, что ему предшествует](#)
 - [Декодировать осознанную мысль](#)

- [Кстати о галлюцинациях](#)
 - [Уничтожить сознание](#)
 - [Вещь мыслящая](#)
 - [5. Теория сознания](#)
 -
 - [Сознание как глобальное распространение информации](#)
 - [Модули и не только](#)
 - [Развитая сеть коммуникаций](#)
 - [Зарождение осознанной мысли](#)
 - [Формирование идеи](#)
 - [Имитация активации сознания](#)
 - [Беспокойный мозг](#)
 - [Дарвин в мозгу](#)
 - [Каталог бессознательного](#)
 - [Субъективные агрегатные состояния](#)
 - [6. Последнее испытание](#)
 -
 - [Сто способов утратить разум](#)
 - [Cortico ergo sum](#)
 - [Освободить внутреннюю бабочку](#)
 - [Новые методы выявления сознания](#)
 - [На связи — кора головного мозга](#)
 - [Поймать спонтанную мысль](#)
 - [О клиническом вмешательстве](#)
 - [7. Будущее сознания](#)
 -
 - [Есть ли сознание у младенца?](#)
 - [Сознание у животных?](#)
 - [Осознает ли обезьяна себя?](#)
 - [Сознание — только ли у человека?](#)
 - [Болезни сознания?](#)
 - [Машинное сознание?](#)
 - [Благодарности](#)
 - [Примечания](#)
 - [Библиография](#)
 - [Иллюстрации](#)
 - [Об авторе](#)
-

Сознание и мозг. Как мозг кодирует мысли
Станислас Деан

Consciousness and the Brain: Deciphering How the Brain Codes Our Thoughts

Stanislas Dehaene

Сознание и мозг. Как мозг кодирует мысли / Станислас Деан [Пер. с
англ. И. Ющенко]. — М.: Карьера Пресс, 2018.

Научно-популярное издание

ISBN 978-5-00074-192-4

Перевод с английского — Ирина Ющенко

Редактор — Т. Носова

Корректор — О. Левина

Компьютерная верстка — А. Калмыкова

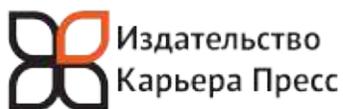
Copyright © 2014 by Stanislas Dehaene

© 2018, «Карьера Пресс», перевод и издание на русском языке

All right reserved

Отрывки из *Kinds of Mind: Toward an Understanding of Consciousness*
by Daniel Dennett. Copyright © 1996 by Daniel Dennett. С разрешения Basic
Books a member of the Perseus Books Group.

Определение сознания взято из *The International Dictionary of
Psychology* by N. S. Sutherland (Continuum, 1989, Crossroad, 1996).



ООО «Карьера Пресс»

* * *

*Моим родителям, а также Анне и Дэну — моим
американским родителям*

* * *

Сознание — единственная реальность мира и величайшее его таинство.

*Владимир Набоков. Под знаком незаконнорожденных,
1947*

Просторней голубых небес
Мой мозг во много раз —
В себя он с легкостью вместит
И небосвод, и вас.

Эмили Дикинсон, ок. 1862

Вступление. Материя мысли

В самой глубине пещеры Ласко, сразу за знаменитым Залом быков, на стенах которого художники эпохи палеолита оставили бесчисленные разноцветные изображения лошадей, оленей и быков, уходит вниз неприметный коридор, называемый Апсидой. Там, у самого дна пятиметровой ямы, рядом с прекрасными рисунками раненого бизона и носорога, можно отыскать редчайшую для доисторических времен картину — изображение человека (рис. 1). Человек лежит на спине, руки его вытянуты и повернуты ладонями вверх. Рядом — палка с сидящей на ее конце птицей, а чуть поодаль — сломанное копье. Из живота бизона свисают кишки; вероятно, человек вспорол ему этим копьем живот.

Эрегированный пенис свидетельствует о том, что изображенный человек — мужчина. Мишель Жуве, специалист по физиологии сна, трактует рисунок так: это спящий человек и сон, который ему снится¹. Как выяснили Жуве и его сотрудники, мы видим сновидения в особой фазе сна, которую они назвали «парадоксальной», ибо сон в этой фазе вовсе не похож на сон: мозг почти так же активен, как во время бодрствования, а глаза беспрестанно движутся. У мужчин эта фаза сна всегда сопровождается сильной эрекцией (даже если сон не содержит эротического контекста). Науке этот странный физиологический казус стал известен лишь в XX веке, однако Жуве разумно заявил, что нашим предкам подметить его было бы совсем нетрудно. Птица же — самый простой символ души спящего человека: во сне наш разум обретает свободу и вольно летит в дальние края, вглубь времен.



Рисунок 1. Пока тело пребывает в покое, сознание способно уноситься прочь. Этот рисунок был сделан примерно 18 тысяч лет назад и изображает лежащего на спине человека. Можно предположить, что человек спит и видит сны, — на это указывает сильная эрекция, характерная для стадии быстрых движений глаз. В этой же стадии спящий видит наиболее яркие сны. Рядом с человеком художник изобразил бизона с распоротым животом и птицу. По мнению Жуве (специалиста по физиологии сна), рисунок может быть одним из первых изображений сновидца и его сна. Птица в ряде культур символизирует способность сознания уноситься прочь во время сна; это представление — предтеча дуалистического мировоззрения, свидетельство ошибочной догадки, согласно которой мысль и тело принадлежат разным мирам

Эта трактовка могла бы показаться смешной, однако образы сна, птицы, души и эрекции повторяются в искусстве и символике самых разных культур. В Древнем Египте птица с головой человека (и нередко — с эрегированным фаллосом) символизировала «ба», бесплотную душу. Считалось, что бессмертное «ба» живет в каждом человеке, а после его смерти улетает в мир иной. Традиционное изображение великого бога Осириса удивительно схоже с картиной из пещеры Ласко: бог лежит на спине, пенис эрегирован, а сова-Исида опускается на его тело сверху и

принимает его сперму, чтобы зачать Гора. В Упанишадах, священных текстах индуизма, душа предстает голубем, который после смерти улетает прочь, но может вернуться в виде духа. Много столетий спустя голуби и другие белокрылые птицы стали символом христианской души, духа святого и ангелов, сошедших на землю. Крылатые духи — от египетского феникса, символа возрождения, до финской Сиелулинту, птицы, которая приносит душу новорожденным и забирает ее после смерти, — стали универсальным символом самостоятельно существующего сознания.

За аллегорическим образом птицы кроется интуиция: ткань наших мыслей во всем отлична от заурядной материи тела. Тело спящего неподвижно, но мысль странствует по бескрайним просторам воображения и памяти. Можно ли найти лучшее доказательство того, что психическая деятельность не скована пределами материального мира, что разум состоит из иного, ни на что другое не похожего вещества? Мог ли материальный, земной мозг дать жизнь свободно летящей душе?

О чем задумывался Декарт

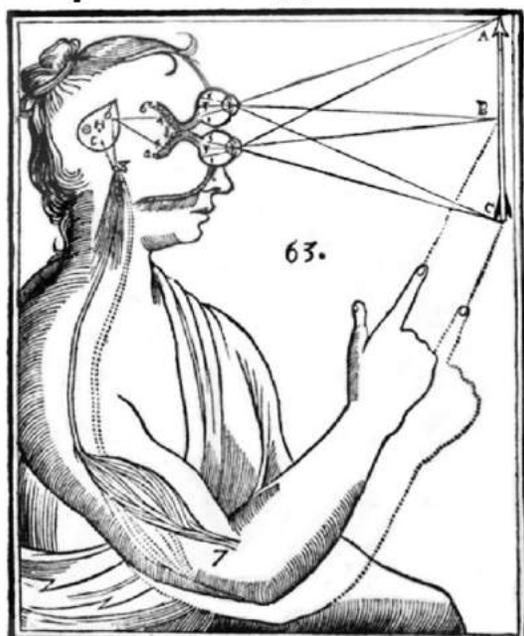
Идея разума как явления иной, внетелесной реальности возникла давно и встречается, в частности, в таких основополагающих философских трудах, как «Федон» Платона (IV век до н. э.) и в «Сумме теологии» Фомы Аквинского (1265-1274) — основополагающем тексте, на котором построено христианское понимание души. Однако о том, что мы сегодня называем дуализмом, первым заговорил французский философ Рене Декарт (1596—1650): он утверждал, что сознание состоит из нематериальной субстанции, которая не подчиняется законам физики.

У нейробиологов считалось особым шиком высмеивать идеи Декарта. После того как в 1994 году был издан бестселлер Антонио Дамасио «Ошибка Декарта»², авторы ряда современных учебников, затрагивающих тему сознания, принялись порицать Декарта за то, что он-де намеренно отбросил исследования в области нейробиологии на много лет назад. На самом же деле Декарт был пионером в этой области, стремился изложить изучаемые вопросы просто и доступно и произвел механический анализ человеческого мозга, намного обогнав свое время и явив миру первый пример синтетической биологии и теоретического моделирования. Декарт заговорил о дуализме отнюдь не под влиянием момента — он основывался на логичнейших доводах, с помощью которых доказал, что невозможно создать машину, хотя бы имитирующую наделенный сознанием свободный разум.

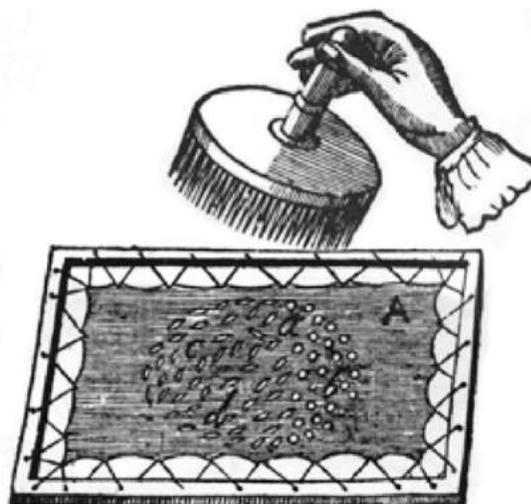
Это признает отец современной психологии Уильям Джеймс: «Отдадим должное Декарту — он стал первым храбрецом, отважившимся вообразить самостоятельный нервный механизм, который способен был бы производить сложные и, по всей видимости, разумные действия»³. В своих провидческих трудах «Описание человеческого тела», «Страсти души» и «L'homme» («Человек») Декарт предлагает читателю абсолютно механистическую картину человеческого организма. Мы, писал храбрый философ, являемся сложными автоматами. Наше тело и мозг работают в буквальном смысле слова как набор «органов» — музыкальных инструментов, напоминающих те, что звучали в церквях времен Декарта. Огромные меха накачивают в резервуар особую жидкость, именуемую «животными духами», а из резервуара она попадает в разнообразные трубы, сочетание работы которых порождает ритмы и музыку человеческих действий.

«Я желал бы, чтобы вы вообразили все функции, которые я приписываю этой машине, как то: усвоение пищи, биение сердца и артерий, питание и рост частей тела, дыхание, ходьба и сон; восприятие внешними органами чувств света, звуков, ароматов, запахов, тепла и прочих подобных качеств; восприятие их идей в органе, содержащем здравый смысл и воображение, удержание или запечатление этих идей в памяти; внутренние движения побуждений и страстей и, наконец, внешние движения всех частей тела вслед за действиями объектов, воспринимаемых чувствами... Следование этих функций одна за другой объясняется исключительно расположением органов машины естественным образом, как движение стрелок часов или деталей иного механизма объясняется строением системы противовесов и шестерней»⁴.

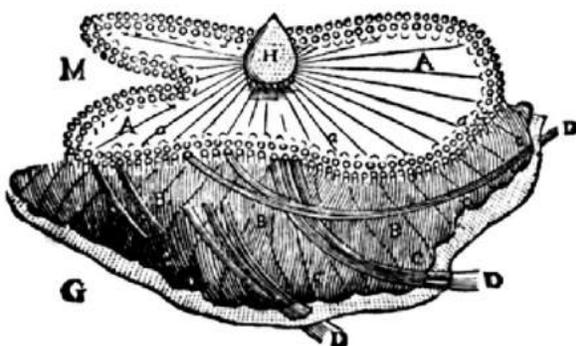
Зрение и действие



Память



Бодрствование



Сон

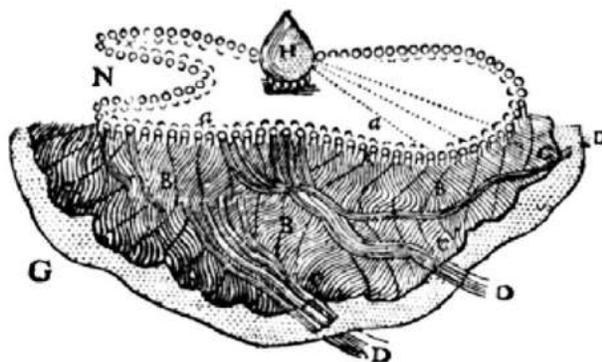


Рисунок 2. Теория нервной системы, созданная Декартом, едва не породила абсолютно материалистическую концепцию мысли. В своем труде «L'homme», который был опубликован в 1664 году, уже после смерти автора, Декарт высказывал догадку о том, что зрение и действие могут быть следствием установления определенных связей между глазом, шишковидной железой в мозгу и мускулатурой руки. Память, по его мнению, представляет собой избирательное усиление этих связей, наподобие того, как если бы некто пробивал отверстия в ткани. Декарт даже объяснил причину разной интенсивности сознания, приписывая ее разнице в давлении животных духов, воздействующих на шишковидную железу: усиление давления влечет за собой пробуждение, а при снижении давления человек засыпает. Однако, несмотря на столь механистичный

взгляд на вещи, Декарт считал, что между материями, из которых состоят сознание и тело, нет ничего общего и что они взаимодействуют между собой через шишковидную железу

Гидравлический мозг Декарта без труда направлял его руку к любому предмету. Визуальные характеристики этого предмета, попадая на внутреннюю поверхность глаза, включали определенный набор труб. Скрытая в шишковидной железе внутренняя система принятия решений отклонялась в определенную сторону и таким образом направляла поток жидкостей, под воздействием которых конечности совершали необходимое движение (рис. 2). Воздействовала на процесс и память, избирательно усиливавшая действия по некоторым направлениям, — так Декарт предвосхитил нынешнее представление о том, что обучение основывается на изменениях связей в мозгу («если нейроны возбуждаются одновременно, то они объединяются»). Декарт даже разработал подробнейшую механическую модель сна: он считал, что во время сна давление духов снижается. Когда источник выпускает ничем не сдерживаемых животных духов, они циркулируют по всем нервам, и насыщенная этими духами машина под их давлением готова отреагировать на любое воздействие — это точная модель бодрствования. Когда же давление падает и ослабшие духи оказываются способны лишь на несколько мелких движений, человек засыпает.

В конце концов Декарт делает вполне материалистический, однако облеченный в лирику вывод, и это достаточно необычно, учитывая, что принадлежат эти слова основателю сущностного дуализма:

«Следовательно, для того чтобы объяснить эти функции, нет нужды воображать себе некую самостоятельную душу, наделенную способностью чувствовать, или же прибегать к помощи иных принципов движения или жизни, помимо крови и ее духов, которые возбуждаются под воздействием огня, горящего непрерывно в нашем сердце и имеющего ту же природу, что и огонь в телах неодушевленных».

Почему же тогда Декарт отстаивает существование нематериальной души? Потому, что понял: для того чтобы объяснить более сложные способности человеческого разума с материалистической точки зрения, его механической модели недостаточно⁵. Существуют две основные психические функции, лежащие далеко за пределами возможностей

Декартовой живой машины. Первая из них — способность выразить наши мысли посредством речи. Декарт не мог вообразить, за счет чего машина может «использовать слова или иные знаки, сочетая их, как сочетаем мы для того, чтобы выразить перед слушателем наши мысли». Рефлекторный крик его не смущал, поскольку машина всегда может быть настроена так, чтобы в ответ на определенное воздействие издавать определенные звуки; но как может машина ответить на самый простой вопрос, «на который ответит даже глупейший из людей»?

Второй из озадачивавших Декарта психических функций было гибкое мышление. Машина — механизм ригидный, способный действовать одним-единственным образом, «в соответствии с расположением его органов». Как может машина генерировать бесконечный поток мыслей? «Абсолютно невозможно, — заключает наш философ, — чтобы у машины существовало разнообразие органов, достаточное для того, чтобы действовать в соответствии с любыми жизненными событиями так, как действуем мы под влиянием собственного разума».

Вопросы, не укладывающиеся в Декартов материализм, существуют и сегодня. Как может подобная мозгу машина выражать себя через слова, используя при этом все тонкости и оттенки человеческого языка, а также рассуждать о собственных психических состояниях? Как получается, что эта машина принимает рациональные решения с учетом всех внешних факторов? Это главные вопросы, которыми должна задаваться любая наука, изучающая сознание.

Последняя проблема

Мы, люди, способны отыскать новую галактику за сотни световых лет от нашей планеты, мы изучаем частицы размером меньше атома, и все же никак не можем разгадать тайну тех трех фунтов вещества, которое располагается у нас меж ушей.

Барак Обама, объявление об открытии проекта BRAIN («Мозг»), 2 апреля 2013 г.

Благодаря Евклиду, Карлу Фридриху Гауссу и Альберту Эйнштейну мы неплохо представляем себе математические принципы, на которых построен материальный мир. Стоя на плечах таких гигантов, как Исаак Ньютон и Эдвин Хаббл, мы видим, что наша планета — не более чем пылинка среди миллиардов галактик, возникших в результате первичного потрясения, или Большого взрыва. А Чарльз Дарвин, Луи Пастер, Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик показали нам, что жизнь состоит из бесчисленного множества химических реакций — физика, и ничего более.

Но едва речь заходит о возникновении сознания, нас снова окутывает средневековая тьма. Как я мыслю? Что такое это «я», которое вроде бы осуществляет процесс мышления? А если бы я родился в другое время, в другом месте, в другом теле — я был бы уже не я, а кто-то другой? Куда я улетаю, когда сплю и вижу сны? Куда я денусь, когда умру? Неужели все это — лишь порождение моего мозга? Или же я отчасти дух, сотканный из материи мысли?

Над этими запутанными вопросами бились многие выдающиеся умы. В 1580 году французский гуманист Мишель де Монтень в одном из своих знаменитых эссе жаловался, что мыслители прошлого никогда не сходились во мнениях относительно природы души и спорили как о ее природе, так и о том, в какой части тела она пребывает: «Гиппократ и Герофил помещают ее в желудочке мозга; Демокрит и Аристотель — во всем теле, Эпикур — в желудке, стоики помещают душу в сердце и вокруг него, Эмпедокл — в крови; Гален полагал, что всякая часть тела имеет свою душу; Стратон помещал ее между бровями»⁶.

На всем протяжении XIX и XX веков тема сознания оставалась вне пределов традиционной науки. Изучение сознания представляло собой

путаную область без четких границ, субъективную и оттого не годную для объективного эксперимента. Серьезные исследователи много лет опасались касаться этой темы: считалось, что изучение сознания — в меру безумное хобби, пригодное лишь для одряхлевших мужей науки. В учебнике под названием «Психология — наука о психической жизни» (1962) отец когнитивной психологии Джордж Миллер и вовсе предложил ввести официальный запрет: «Слово «сознание» истрепано миллионами языков... Возможно, было бы нелишне запретить это слово на десяток-другой лет, до тех пор, пока мы не изобретем более точные термины для всего, что скрывается за этим понятием».

И что же, — запретили. В 1980-е, будучи студентом университета, я с удивлением обнаружил, что на совещаниях в лаборатории слово на букву «с» произносить было нельзя. Все мы, конечно, так или иначе изучали сознание — например, просили участников эксперимента разбить увиденное по категориям или воображать различные образы в темноте, — однако само слово оставалось табу и в серьезных научных трудах никогда не встречалось. Даже когда экспериментаторы быстро, на грани осознанного восприятия показывали испытуемым какие-либо изображения, никто не писал в отчете, видели испытуемые предложенные им стимулы или нет. Не считая нескольких крупных исключений⁷, ученое сообщество полагало, что термин «сознание» не имеет никакой ценности для психологии. Зарождавшаяся в те годы когнитивная наука описывала психическую деятельность исключительно с позиции обработки информации, а также сопутствующих этому на молекулярном и нейронном уровне процессов. Определения сознанию никто не давал, этот термин устарел и никому больше не был нужен.

Но в конце 1980-х все изменилось. Сегодня проблема сознания является важнейшей темой исследований нейробиологов. Исследование сознания превратилось в интереснейшую область с собственными научными сообществами и специализированными изданиями. Ученые наконец-то взялись за решение вопросов, поставивших в тупик Декарта, и принялись, в частности, выяснять, каким образом мозг генерирует субъективную точку зрения, которую мы можем гибко использовать и доносить до окружающих. В этой книге мы будем говорить именно об этом решающем повороте.

Разгадать код сознания

В последние двадцать лет когнитивистика, нейробиология и нейровизуализация повели совместную эмпирическую атаку на тайну сознания. В результате проблема сознания перестала считаться сомнительной и превратилась в объект хитроумнейших исследований.

В этой книге я подробно расскажу о том, как загадка философии превратилась в лабораторный феномен. Преображению предшествовали три основных фактора: появление более точного определения сознания; открытие возможностей экспериментального манипулирования сознанием; изменение отношения к субъективным явлениям.

Слово «сознание» в том виде, в каком мы используем его в повседневной речи, перегружено самыми разными значениями и охватывает огромное количество сложных явлений. Таким образом, первым делом мы должны будем навести порядок в этой путанице и свести предмет наших исследований к определенному явлению, над которым мы и будем проводить детальные эксперименты. Нам предстоит понять, что современная наука, изучающая сознание, выделяет минимум три концепции: бодрствование — состояние, в котором пребывает неспящий человек и которое изменяется, когда мы засыпаем или просыпаемся; внимание — концентрация наших психических ресурсов на той или иной информации; и доступ в сознательный опыт — то, что происходит, когда мы осознаем полученную информацию и можем передать ее другим.

Я считаю, что под сознанием вообще принято понимать доступ в сознательный опыт — когда мы не спим, то можем осознавать практически все, на что решим обратить свое внимание. Бодрствование или внимание сами по себе ничего не решают. Когда мы бодрствуем и концентрируем внимание на чем-либо, мы иногда можем увидеть предмет и описать увиденное, а иногда — нет, потому что предмет мог иметь слишком неопределенные очертания или появиться совсем ненадолго, так что его было невозможно зафиксировать. В первом случае доступ в сознательный опыт присутствует, а во втором — нет (хотя, как мы еще увидим, наш мозг способен обрабатывать информацию неосознанно).

Современная наука о сознании дает доступу в сознательный опыт четкое определение и отличает его от бодрствования и внимания. Доступ в сознательный опыт можно даже изучать в лаборатории. Нам известны десятки способов, с помощью которых стимул пересекает границу между

предсознательным и сознательным, между невидимым и видимым, и мы можем проследить, что изменяется в мозгу, когда совершается этот переход.

Доступ в сознательный опыт является ключом к более сложным формам сознательного опыта. В повседневной речи мы нередко объединяем свое сознание с чувством собственного «я», то есть соединяем в единое целое процесс создания картины мозгом и себя, рассматривающего со своего наблюдательного пункта мир вокруг. Сознание может быть рекурсивным: наше «я» может наблюдать за собой, комментировать собственную деятельность и даже знать, что оно чего-либо не знает. К счастью, даже эти высшие функции сознания можно исследовать с помощью эксперимента. У себя в лабораториях мы научились давать численную оценку чувствам и сообщениям, поступающим от «я» и относящимся как к окружающей среде, так и к самому «я». Мы можем даже манипулировать чувством собственного «я», и тогда человек переживает внетелесный опыт, а мы фиксируем состояние его мозга с помощью МРТ-сканера.

Некоторые философы по-прежнему считают, что ни одна из перечисленных выше идей не поможет нам в решении задачи. Суть проблемы, по их мнению, заключается в другом аспекте сознания, который они именуют «феноменологическим сознанием», то есть в присущем всем нам интуитивном ощущении эксклюзивности нашего внутреннего опыта, уникальности первичных ощущений (квалиа), например невероятной остроты зубной боли или неподражаемо зеленого цвета молодой листвы. Эти внутренние ощущения, утверждают философы, невозможно редуцировать, свести к научному описанию через нейроны; эти ощущения от природы личны, субъективны, и потому их невозможно полностью передать словами. Я с этим подходом не согласен и потому намерен доказать, что идея феноменологического сознания, существующего отдельно от доступа в сознательный опыт, абсолютно неверна и заставляет нас свернуть на скользкую дорожку дуализма. Начинать надо с простых вещей, то есть с доступа в сознательный опыт. Когда мы выясним, каким образом фрагмент сенсорной информации поступает к нам в мозг и обретает способность быть переданным другому человеку, неодолима проблема неизъяснимости переживания исчезнет сама собой.

Видеть или не видеть

Доступ в сознательный опыт кажется явлением обманчиво простым: наш взгляд падает на предмет, и мы практически сразу знаем, что это такое, какова его форма и цвет. На самом же деле узнавание состоит из массы сложнейших действий, происходящих в мозгу и затрагивающих миллиарды нейронов, которые отвечают за зрение. Иногда для того, чтобы вступить в игру, сознанию требуется почти полсекунды. Как же проанализировать эту цепочку действий? Как понять, какие из них совершаются бессознательно и автоматически, а какие порождают осознанное чувство видения?

Вот тут и вступает в дело вторая составляющая современной науки о сознании: сегодня мы неплохо научились разбираться в механизмах сознательного восприятия, используя для этого эксперимент. В последние двадцать лет ученые-когнитивисты нашли огромное множество способов манипулирования сознанием. Достаточно чуть-чуть изменить условия эксперимента — и вот мы уже видим предмет или, наоборот, не видим. Мы можем показать слово так быстро, что участники исследования его не заметят. Мы можем придумать такую визуальную картинку, на которой некий предмет останется невидим потому, что в битве за внимание наблюдателя победят другие предметы. Мы можем отвлечь ваше внимание: любой фокусник знает, что, когда внимание и мысли зрителя обращены в другую сторону, даже самый явный жест останется незамеченным. Мы даже можем заставить ваш мозг творить чудеса: если показать каждому вашему глазу по картинке, мозг примется метаться туда-сюда — вы будете видеть сначала одну картинку, потом вторую, но обе одновременно не увидите ни за что.

Поступающий в сознание видимый образ может почти ничем не отличаться от невидимого, исчезающего в предсознательном забвении. Однако в мозгу разница между ними особенно усиливается, поскольку в конце концов вы сможете сказать только об одном из них, а о другом — нет. В том, чтобы выяснить, где и когда именно происходит это усиление, и заключается задача новой науки о сознании.

Ключевая идея, распахнувшая перед нами двери в считавшееся прежде недоступным святилище сознания, заключалась в создании экспериментальной стратегии минимального контраста между сознательным и предсознательным восприятием⁸. За годы работы мы с помощью экспериментов подобрали множество противоположностей, в

которых одно состояние ведет к сознательному восприятию, а другое — нет. Страшная и ужасная загадка сознания свелась к экспериментальной расшифровке механизмов, с помощью которых мозг различает две пробы, то есть к гораздо более простой проблеме.

Как субъективность стала наукой

Стратегия исследований была достаточно проста, однако в основе ее лежало некое противоречие, которое я лично считаю третьей важнейшей составляющей новой науки о сознании, а именно: серьезное отношение к субъективным описаниям. Мало предложить человеку визуальные стимулы двух типов — мы, экспериментаторы, должны тщательно зафиксировать, что он о них подумал. Здесь важнейшую роль играли интроспективные наблюдения участника, отображавшие тот самый феномен, который мы вознамерились изучить. Если экспериментатор видел изображение, а участник, по его собственному признанию, — нет, учитывался ответ участника и изображение фиксировалось как невидимое. Из-за этого психологи вынуждены были искать новые способы как можно более точного наблюдения за субъективными интроспекциями.

Идея первоочередной важности субъективного произвела революцию в психологии. В начале XX века бихевиористы, например Джон Бродус Уотсон (1878-1958), всячески выдавливали идею интроспекции из психологии как науки:

«С точки зрения бихевиориста, психология является абсолютно объективным экспериментальным подразделом естествознания. Теоретически ее задача заключается в том, чтобы прогнозировать и контролировать поведение. В психологии практически отсутствуют серьезные методы, построенные на интроспекции, а научная ценность полученных с помощью интроспекции данных отнюдь не возрастает вследствие готовности, с которой исследователи пускаются в интерпретацию через сознание»⁹.

Бихевиоризм в конечном итоге был отвергнут, однако клеймо так и осталось: в XX веке любая отсылка к интроспекции в психологии воспринималась как крайне сомнительный прием. Тем не менее я буду утверждать, что подобный догматичный подход в корне ошибочен. Он объединяет в себе два совершенно разных метода: интроспекцию как способ исследований и интроспекцию как сырые данные. На интроспекцию как на исследовательский метод полагаться нельзя¹⁰. В самом деле, невозможно рассчитывать, будто человек просто и

бесхитростно расскажет вам, как работает его мозг. Будь это возможно, заниматься наукой стало бы куда проще. Нельзя и воспринимать субъективный опыт чересчур буквально, когда, например, человек говорит, что чувствовал, будто покинул тело и поднялся к потолку, или разговаривал во сне со своей покойной бабушкой. Впрочем, в определенном смысле можно верить и в эти причудливые интроспекции: если человек не лжет, следовательно, он пережил некий психический опыт, который нуждается в объяснении.

Правильнее всего будет воспринимать субъективную информацию как данные, подлежащие дальнейшей обработке¹¹. Человек, который, по его словам, покидал тело, действительно чувствовал, как его тянет вверх, к потолку, и если мы действительно хотим изучать сознание, то должны будем серьезно рассмотреть вопрос о том, что стало причиной подобных ощущений. На самом деле, новая наука о сознании с большой выгодой для себя использует чисто субъективные явления, например зрительные иллюзии, ситуации, когда человек видит на картинке не то, что там изображено, галлюцинации и прочие причуды воображения. Только благодаря этим явлениям мы имеем возможность развести объективную физическую стимуляцию и субъективное восприятие, а затем отыскать в мозгу процессы, коррелирующие только со вторым из этих факторов. Самая большая радость для ученого, изучающего сознание, — отыскать новый визуальный образ, который в зависимости от субъективного восприятия может быть виден или не виден, или звук, который одни, по их словам, слышат, а другие — нет. Пока мы тщательно фиксируем ощущения испытуемых в связи с каждым видом воздействия, мы заняты серьезным делом, ведь потом мы сможем разделить воздействие на сознательное и подсознательное и отыскать те виды деятельности мозга, которые отделяют одно от другого.

Автограф сознательной мысли

Три этих элемента — акцент на доступе в сознательный опыт, манипуляции с осознанным восприятием и тщательная фиксация интроспекции — превратили исследование сознания в настоящую экспериментальную науку. Если человек утверждает, что не смог увидеть изображение, мы можем проверить, обработал ли это изображение его мозг и насколько подробно. Нам еще предстоит узнать, что за пределами сознания наш мозг совершает огромное количество действий, которые мы не осознаем. Благодаря исследованиям с использованием подсознательных образов мы получили надежную основу для изучения механизмов мозга, связанных с осознанным опытом. Современные методы отображения деятельности мозга подарили нам возможность выяснить, насколько глубоко в мозг проникает предсознательный стимул и где останавливается, а значит, теперь мы можем понять, какого рода нейронная активность связана исключительно с осознанной обработкой данных.

Вот уже 15 лет моя исследовательская группа ищет в мозгу физиологические основы сознания. В ход идут все доступные методы: от функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) до электро- и магнитоэнцефалограмм и даже вживляемых глубоко в человеческий мозг электродов. Лабораторий, подобных нашей, в мире немало; мы ведем систематические эксперименты и ищем такие типы активности мозга, которые проявлялись бы только и исключительно тогда, когда испытуемый переживает осознанный опыт. Я называю это «автографом сознания». Наши поиски не пропадают зря. Раз за разом в разных экспериментах мы видим один и тот же автограф: когда человек замечает рисунок, слово, символ или звук, ряд маркеров мозговой активности резко и сильно изменяется. Эти автографы удивительно стабильны и наблюдаются при самых разных видах визуальной, слуховой, тактильной и когнитивной стимуляции.

Но обнаружить с помощью эксперимента автографы сознания, которые повторяются снова и снова и наблюдаются у любого находящегося в сознании человека, — это еще даже не полдела. Нам следует поработать и над теорией: как возникают эти автографы? Почему они характерны для человека в сознательном состоянии? Почему внутренний осознанный опыт возникает лишь вследствие некоторых определенных состояний мозга? На сегодняшний день ответить на эти вопросы не может никто, но кое-какие

серьезные и поддающиеся проверке гипотезы у нас все же есть. Мы с моими сотрудниками разработали теорию так называемого единого нейронного рабочего пространства. Мы полагаем, что сознание — это трансляция единого информационного потока в коре головного мозга: основой этого процесса является нейронная сеть, смысл существования которой сводится к активной передаче актуальной информации в пределах мозга.

Философ Дэниел Деннет метко обозвал эту идею «мозгошумом». Благодаря наличию единого нейронного рабочего пространства мы можем держать в голове любую идею, которая на нас сильно повлияла, причем хранить мы ее будем столько, сколько пожелаем, и к тому же можем включить ее в любые планы на будущее. Мозг стремится экономить вычислительные ресурсы, и сознание в этом ему помогает совершенно определенным образом: отбирает, уточняет и распространяет актуальные идеи.

Какие нейронные цепи отвечают за эту функцию трансляции, осуществляемую сознанием? Мы считаем, что распространением осознанных сообщений в мозгу занимается особый набор нейронов: гигантские клетки с длинными аксонами, которые пронизывают кору тут и там и образуют единую структуру. Когда мы попробовали воссоздать эту структуру с помощью компьютера, машина воспроизвела важнейшие явления, наблюдавшиеся в ходе экспериментов. В случае если участков мозга, признающих важность поступающей сенсорной информации, оказывается достаточно много, они синхронизируются и образуют единую масштабную коммуникационную сеть. Работа этой сети влечет за собой взрыв высокоуровневой деятельности, и характер этой причинно-следственной связи может служить ответом на наш вопрос об эмпирических автографах сознания.

Предсознательная обработка данных может быть достаточно глубокой, однако доступ в сознательный опыт привносит в нее еще один, дополнительный уровень функциональности. Транслирующая функция сознания позволяет нам производить удивительно мощные операции. Глобальная нейронная сеть открывает нам путь во внутреннее пространство, где мы можем ставить мысленные эксперименты и производить чисто умственные действия в отрыве от внешнего мира. Благодаря этому мы можем хранить важные данные так долго, как пожелаем, а можем перебросить их на любой другой мыслительный процесс и таким образом получить ту самую гибкость ума, которую искал Декарт. Как только информация оказывается осознана, она может быть

задействована в длинной цепочке произвольных операций и не будет больше обрабатываться посредством рефлексов, зато может быть обдумана и переориентирована. А благодаря наличию связи с речевыми центрами мы можем передавать эту информацию другим.

Не менее важным свойством единого нейронного рабочего пространства является его автономность. Исследования последних лет показали, что в мозгу постоянно происходит интенсивная спонтанная деятельность, широкомасштабная внутренняя активность, исходящая не из внешнего мира, а изнутри, от нейронов, обладающих любопытным умением самостоятельно активироваться в отчасти случайном порядке. Получается, что метафора Декарта про орган неверна — единое нейронное рабочее пространство функционирует не на вводе-выводе и не нуждается в стимуляции для того, чтобы выдать результат. Напротив, даже когда человек оказывается в абсолютной темноте, нейроны непрерывно транслируют глобальные паттерны мозговой активности, порождая то, что Уильям Джеймс назвал потоком сознания, — непрерывный поток бессвязных мыслей, идущих от наших текущих целей и лишь изредка — от информации, получаемой органами чувств. Рене Декарт и вообразить не мог такой машины, в которой вдруг пробуждались бы намерения, мысли и планы, формирующие в итоге поведение человека. А в результате, как я полагаю, получилась наделенная свободой воли машина, которая является разрешением проблемы Декарта и, похоже, неплохой моделью сознания.

Будущее сознания

Мы по-прежнему знаем о сознании очень и очень мало. Что ждет нас в будущем? В конце книги мы вновь обратимся к серьезным философским вопросам, однако на сей раз у нас будут на них ответы, данные наукой. Я покажу, что все более глубокое понимание сознания поможет нам не только разрешить некоторые сложнейшие вопросы о самих себе, но и поставит нас перед непростыми проблемами социального плана и даже позволит создать новые технологии, имитирующие вычислительную способность человеческого разума.

Конечно, понятно нам еще далеко не все, однако наука о сознании давно уже вышла за рамки простой гипотезы. Мы можем взяться за медицину. В бесчисленных больницах по всему миру лежат тысячи пациентов, пребывающих в коме или в вегетативном состоянии. Они полностью изолированы от мира, обездвижены, лишены речи, мозг их поражен в результате инсульта, аварии или кислородного голодания. Вернутся ли они в сознание? Что, если некоторые уже вернулись, но остаются «заперты» и не могут дать нам знать об этом? Быть может, мы, исследователи мозга, сумеем создать монитор, отражающий осознанные переживания в реальном времени, и тем самым помочь им?

Сегодня в моей лаборатории разрабатываются новые тесты, с помощью которых можно будет точно определить, находится ли человек в сознании. Информация об автографах сознания уже оказалась полезна многим клиникам, в которых содержатся коматозные больные, а вскоре мы с ее помощью сможем узнать, есть ли сознание у новорожденного младенца и в какой момент оно у него появляется. Конечно, никакая наука не станет превращать свои открытия в требования к другим, но я убежден, что, поняв, наделены ли коматозные пациенты или младенцы сознанием, мы сможем принимать более этичные решения по отношению к ним.

Еще одно интереснейшее применение науки о сознании лежит в области вычислительных технологий. Сможем ли мы когда-нибудь создать подобие нейронных цепей *in silico*? Достаточно ли у нас знаний для того, чтобы построить наделенный сознанием компьютер? Если нет, то в какую сторону нам следует двигаться? Теория сознания будет совершенствоваться, и в конце концов мы, вероятно, все же сумеем создать электронный чип с искусственной архитектурой, имитирующей деятельность живых нейронов и нейронных цепей. А что потом — машина,

которая осознает себя? Сможем ли мы наделить ее чувством собственного «я» и свободой воли?

Итак, я приглашаю вас в путешествие на передний край науки, в квест, который придаст новый глубокий смысл греческому призыву «Познай себя».

1. Сознание на лабораторном столе

Как исследования сознания превратились в науку? Чтобы ответить на этот вопрос, нам придется начать с простейшего определения темы. Отложив на будущее неоднозначные вопросы свободы воли и самосознания, мы сконцентрировали свои усилия на гораздо менее глобальном вопросе доступа в сознательный опыт. Почему одни наши ощущения преобразуются в осознанное восприятие, а другие — нет? Проведя ряд несложных экспериментов, мы сумели создать минимальный контраст между сознательным и предсознательным восприятием. Сегодня мы можем в буквальном смысле слова превращать изображение в видимое или невидимое, как пожелаем, и полностью контролируем эксперимент. Мы выявили пороговые состояния, в которых один и тот же образ видим только половину времени, и благодаря этому можем даже заставить мозг переключаться самостоятельно, не трогая самого изображения. Затем нам очень важно получить интроспекцию наблюдателя, поскольку на ее основе мы узнаем о том, что проникло в сознание. В конце концов мы создали несложную исследовательскую программу, посвященную поиску объективных механизмов субъективных состояний, систематически возникающих в мозгу «автографов» — деятельности, которая свидетельствует о переходе от предсознательного восприятия к сознательному.

Посмотрите на визуальную иллюзию на рис. 3: двенадцать светло-серых точек вокруг черного креста. Теперь смотрите только на крест. Через несколько секунд часть серых точек побледнеет и как бы исчезнет. Они будут оставаться невидимыми несколько секунд, а потом появятся снова. Порой исчезают все точки, и страница оказывается пуста, но через несколько секунд они появляются снова и имеют более темный цвет, чем прежде.

Объективно рисунок остается неизменным, но субъективно вы то осознаете его, то нет, причем переход от одного к другому происходит более-менее случайным образом. Данное глубокое наблюдение и легло в основу современной науки о сознании. В 90-е годы XX века нобелевский лауреат Фрэнсис Крик совместно с нейробиологом Кристофом Кохом пришел к выводу, что подобные визуальные иллюзии дают ученым

возможность отследить дальнейшую судьбу попадающих в мозг сознательных и предсознательных стимулов¹.

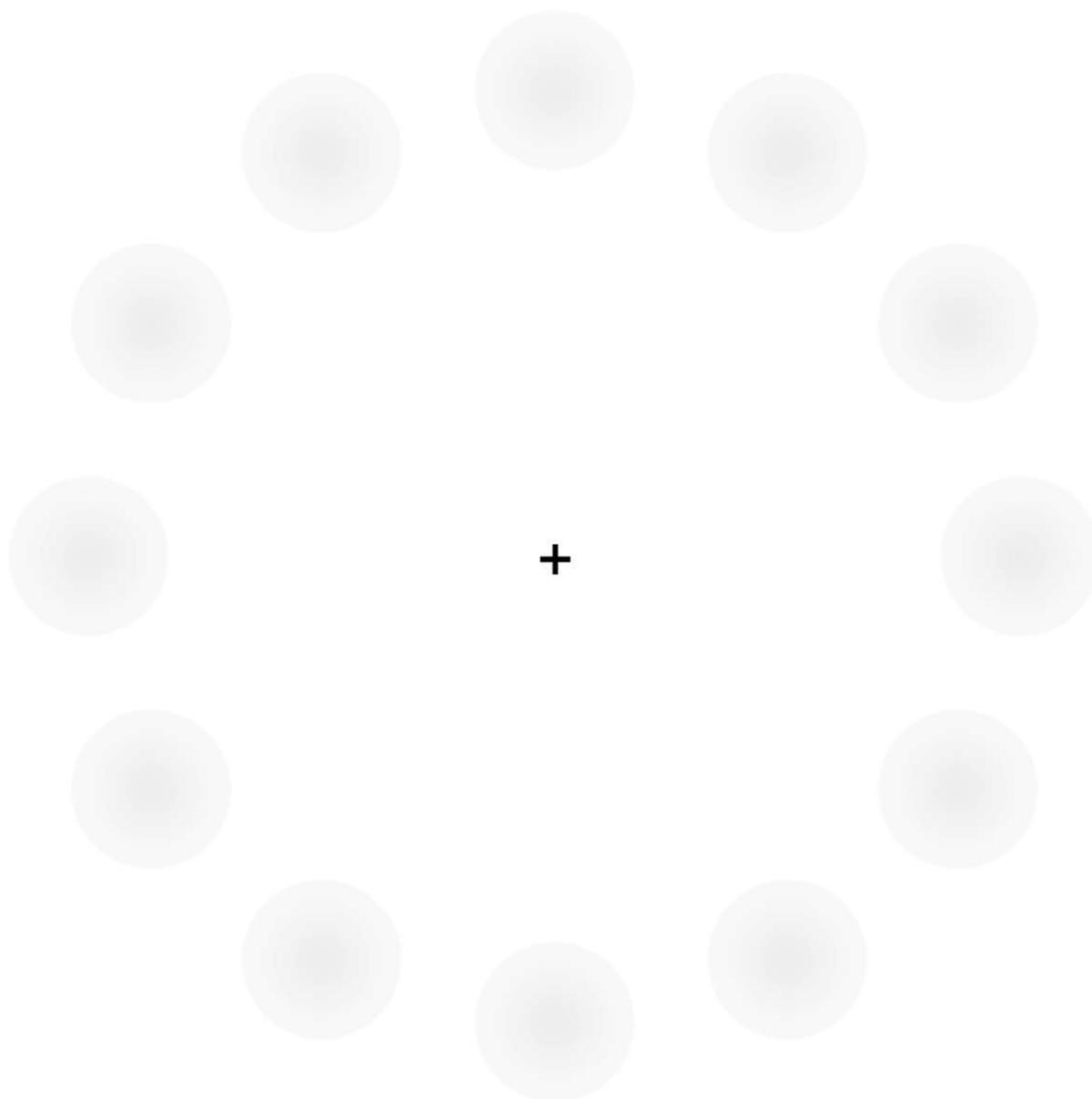


Рисунок 3. Оптическая иллюзия, известная как «эффект Трохслера», — один из множества примеров манипулирования субъективным содержанием сознания. Сфокусируйте взгляд на крестике и не отводите глаз. Через несколько секунд часть серых пятен исчезнет, а потом пятна начнут появляться вновь то тут, то там. Само изображение не меняется — меняется лишь субъективное его восприятие. Изменения эти происходят где-то у нас в голове, но можем ли мы их отследить?

Разработанная для этого программа исследований несложна, по крайней мере в том, что касается концепции. Так, в ходе эксперимента с двенадцатью точками мы, например, можем зафиксировать импульсы,

исходящие от нейронов разных участков мозга в момент, когда человек видит эти точки, и сравнить эти импульсы с другими, зафиксированными тогда, когда человек точек не видел. Крик и Кох сочли зрение особенно подходящим для исследования доменом не только потому, что мы все лучше и точнее разбираемся в том, какие нейронные цепи передают визуальную информацию от сетчатки глаза к коре головного мозга, но и потому, что визуальных иллюзий уже придумано бесчисленное множество, и с их помощью можно отделить видимые стимулы от невидимых². Есть ли у них что-то общее? Существует ли особый тип мозговой деятельности, сопутствующий всем сознательным состояниям и являющийся общим для всех «автографом» доступа в сознательный опыт? Если бы подобный тип мозговой деятельности действительно удалось обнаружить, это открытие стало бы огромным шагом вперед в области исследований сознания.

Со свойственным им прагматизмом Крик и Кох закатали рукава и взялись за работу. Десятки лабораторий под их руководством принялись изучать сознание с помощью экспериментов, взяв на вооружение простейшие визуальные иллюзии вроде той, с которой вы только что познакомились. У этой исследовательской программы имелось три отличительные черты, благодаря которым исследование сознания вдруг стало возможно вести через эксперимент. Во-первых, для работы с иллюзиями не надо изобретать сложных определений понятия сознания — достаточно знать, видит человек иллюзию или не видит (это я и называю доступом в сознательный опыт). Во-вторых, в распоряжении исследователей оказались многие десятки иллюзий — мы еще увидим, что ученые-когнитивисты научились делать невидимыми слова, картинки, звуки и даже горилл. И в-третьих, все эти иллюзии глубоко субъективны — только вы один можете сказать, когда вы перестали видеть точки и какие именно точки исчезли из вашего сознания. При этом результат эксперимента можно воспроизвести: всякий, кто посмотрит на рисунок, сообщит, что с ним произошло то же самое. Отрицать это бессмысленно: все мы видим, что у нас в сознании действительно происходит нечто вполне реальное, интересное и захватывающее. Относиться к этому приходится со всей серьезностью.

Я утверждаю, что возможностью изучать сознание с позиции науки мы обязаны именно этим трем факторам: акценту на доступ в сознательный опыт, использованию множества разнообразных фокусов для произвольных манипуляций с сознанием и принятию субъективных отчетов в качестве реальных научных данных. Давайте рассмотрим все эти факторы по отдельности.

Грани сознания

Сознание — это способность воспринимать, мыслить и чувствовать; осознание. Термин невозможно определить без использования понятий, которые не являлись бы интеллигибельными по отношению к тому, что представляет собой сознание... Нет ничего хуже, чем читать то, что о нем пишут.

Стюарт Сазерленд. Сознание. Словарь по психологии, 1996

В науке прогресс зачастую бывает связан с поиском новых отличительных черт, позволяющих внести уточнения в путаные категории, которыми оперирует язык. Классическим примером из истории науки можно назвать разделение концепций теплоты и температуры. В быту мы смутно подозреваем, что это одно и то же. В конце концов, если приложить тепло к какому-нибудь телу, его температура повысится, верно? А вот и нет — попробуйте нагреть кубик льда, и он растает, сохраняя при этом одну и ту же температуру, ноль градусов по Цельсию. А может быть так, что тело имеет высокую температуру (например, искра от фейерверка, ее температура может достигать нескольких тысяч градусов по Цельсию), но низкую теплоту, и потому не обжигает (массы не хватает). И в XIX веке ученые разделили теплоту (меру энергии, переходящей от одного тела к другому в процессе теплопередачи) и температуру (среднюю кинетическую энергию тела), и благодаря этому возникла и стала развиваться термодинамика.

В обиходе слово «сознание» употребляется так же, как когда-то слово «теплота», то есть имеет массу разных значений и порождает путаницу. Чтобы как-то упорядочить эту тему, нам для начала придется разобраться с определениями. В этой книге я буду утверждать, что одно из них, а именно «доступ в сознательный опыт», служит для обозначения вполне определенного явления, активно изучаемого с помощью современных экспериментальных методов и способного пролить свет на всю проблему в целом.

Итак, что же я имею в виду, когда говорю о доступе в сознательный опыт? Наши органы чувств непрерывно подвергаются воздействию

сенсорных стимулов, однако сознание воспринимает лишь очень небольшую их часть. Утром, по дороге на работу, я проезжаю одни и те же дома, но не замечаю ни какого цвета их крыши, ни сколько в этих домах окон. Сейчас я сижу за столом и пишу эту книгу, но сетчатку мою буквально захлестывает шквал информации о находящихся вокруг вещах, фотографиях, картинах, их формах и цветах. И одновременно до слуха моего доносится музыка, щебетание птиц, шум из соседского двора — все это могло бы отвлекать меня, но пока я думаю о книге, звуки и образы не достигают моего сознания.

Механизм доступа в сознательный опыт удивительно всеяден и невероятно избирателен одновременно. Потенциально он может предложить очень многое. Я в любой момент могу переключиться с книги на окружающий мир и впустить в свое сознание цвет, запах, звук, забытое воспоминание, ощущение, замысел, ошибку — и даже все множество значений слова «сознание». Если я вдруг совершу ошибку, то могу даже осознать свое «я», то есть впустить в сознание собственные эмоции, стратегии, ошибки и сожаления. Однако на практике механизм доступа в сознательный опыт предлагает нам крайне ограниченный репертуар. В каждый момент времени мы сознательно обдумываем не больше одной мысли (хотя, конечно, эта мысль может представлять собой солидный кус, состоящий из отдельных фрагментов — так бывает, например, когда мы разбираем смысл предложения).

Возможности сознательного восприятия ограничены, и потому для того, чтобы переключиться на новую тему, ему нужно вначале отключиться от старой. Прервите на секунду чтение и постарайтесь ощутить собственные ноги: чувствуете, как где-то давит, а где-то, может быть, побаливает? Сейчас эти ощущения перешли в сознание, а еще секунду назад они были предсознательными — доступными, но невостребованными — и лежали себе потихоньку среди бесчисленного множества других таких же предсознательных ощущений. Кстати, это совсем не значит, что ваш мозг эти ощущения не обрабатывал — вы реагировали на предсознательные сигналы тела, когда меняли позу. Но только доступ в сознательный опыт позволил вашему мозгу осознать эти ощущения — и тут же включились языковая система и множество других процессов, таких как память, внимание, намерение, планирование. Об этом мы и будем говорить в следующих главах — о переходе из предсознательного в сознательное, о внезапном осознании некоего фрагмента информации. Здесь работают именно те механизмы, о которых я намереваюсь подробно рассказать в своей книге, — механизмы доступа в

сознательный опыт.

Чтобы продолжить разговор, нам необходимо отделить доступ в сознательный опыт от простого внимания — это дело тонкое, но без него нам не обойтись. Что такое внимание? Самое известное определение внимания дал в своем программном труде «Принципы психологии» (1890) Уильям Джеймс: внимание, сказал он, это «действие мозга, явно и очевидно захватывающего один объект или одну цепочку мысли из нескольких, словно бы существующих одновременно». К сожалению, это определение объединяет в себе два различных явления, у каждого из которых имеются собственные механизмы, а именно отбор и доступ. То, что Джеймс называет «действием мозга, захватывающего...», я зову доступом в сознательный опыт. Когда происходит доступ в сознательный опыт, информация выходит на первый план нашего мышления и превращается в осознанный ментальный объект, о котором мы «не забываем». Этот аспект внимания практически по определению совпадает с сознанием: когда некий объект захватывает наш разум до такой степени, что мы можем об этом объекте сказать (словами или жестами), мы его осознаем.

Но в определении Джеймса есть и вторая концепция: выделение одной цепочки мыслей из множества прочих; сегодня мы называем это избирательным вниманием. Окружающий мир каждую секунду бомбардирует нас мириадами потенциальных ощущений, а наша память буквально под завязку набита хранящейся в ней информацией. Чтобы избежать информационной перегрузки, многие системы нашего мозга используют селективный фильтр. Из всего множества потенциальных мыслей нашего сознания достигают только избранные, сливки, прошедшие сложнейший просеивающий механизм, который мы зовем вниманием. Наш мозг безжалостно отсекает ненужную информацию и в конце концов допускает в сознание один-единственный объект, который выделяется на фоне остальных или как-то связан с нашими текущими целями. Затем этот стимул усиливается и начинает направлять наше поведение.

Из этого следует, что все или почти все селективные функции внимания должны осуществляться за пределами нашего сознания. Разве могли бы мы мыслить, если бы для этого требовалось вначале сознательно перебрать все возможные темы для раздумья? Работа фильтра внимания по большей части остается за пределами сознания — внимание действует отдельно от доступа в сознательный опыт. Да, сегодня окружающий мир зачастую бывает перегружен стимулами, и нам приходится тратить немалую долю внимания на то, чтобы выбрать, какие из них будут

допущены в сознание. Это внимание зачастую становится дверью в осознание³. Однако в лаборатории экспериментатор стремится создать ситуацию как можно более простую и предложить испытуемому одну единицу информации, эта информация и поступает в сознание испытуемого без какой-либо селекции⁴. И наоборот, в ряде случаев внимание действует скрытно, тайно усиливая или отбрасывая полученную информацию, даже если результат этой работы никогда не поступит в сознание. Проще говоря, внимание и доступ в сознательный опыт — это совершенно разные процессы.

Кроме того, надо вычленил еще одну, третью концепцию: активного внимания, или «непереходного сознания» (intransitive consciousness). В английском языке прилагательное conscious может иметь переходное значение (в этом случае ему ближе всего русские глаголы «сознавать» или «ощущать». — *Прим. пер.*): сознавать ошибку, ощущать прикосновение, щекотку, боль. Тогда мы говорим именно о доступе в сознательный опыт, то есть о том, что некий предмет или явление достигает или не достигает нашего сознания. В то же самое время прилагательное conscious может быть и нетранзитивным (и тогда в русском языке ему будет соответствовать существительное «сознание». — *Прим. пер.*): раненый был в сознании. Здесь мы говорим о свойстве, имеющем множество градаций, и сознанием называем общее состояние, которое утрачиваем во время сна, обморока или общей анестезии.

Во избежание путаницы ученые нередко называют это состояние пребывания в сознании бодрствованием или активным вниманием. Впрочем, даже эти два термина следует разграничить: бодрствование относится скорее к циклу «сон-пробуждение», за который отвечает подкорка мозга, в то время как активное внимание связано с возбуждением корковых и таламических структур, обеспечивающих осознанность. Впрочем, и та и другая концепции очень далеки от доступа в сознательный опыт. Бодрствование, активное внимание и просто внимание — это не более чем условия доступа в сознательный опыт. Они необходимы, но их одних не всегда достаточно для того, чтобы мы осознали какую-либо информацию. Так, например, после небольшого инсульта в области зрительной зоны коры головного мозга некоторые пациенты утрачивают способность различать цвета. Эти люди пребывают в состоянии бодрствования, им доступно внимание: активное внимание и способность к концентрации остаются у них прежними. И все же утрата небольшого участка, отвечающего за цветовое восприятие, лишает их доступа к этой

стороне мира. В седьмой главе мы поговорим о пациентах в вегетативном состоянии, которые просыпаются по утрам и засыпают по вечерам, как и прежде, однако, по всей видимости, во время бодрствования информация к ним в сознательный опыт не поступает. Их способность к бодрствованию неизменна, однако травмированный мозг не может больше поддерживать их в сознании.

Почти на всем протяжении этой книги мы будем задаваться «вопросом доступа»: что происходит, когда мы осознаем какую-либо мысль? Однако в седьмой главе мы вновь вернемся к определению сознания как активного внимания и посмотрим, как можно использовать достижения науки о сознании для того, чтобы помочь пациентам, пребывающим в коме, в вегетативном состоянии или имеющим схожие расстройства.

А у слова «бессознательное» есть и совершенно иные значения. Многие философы и ученые полагают, что сознание как субъективное состояние тесно связано с чувством собственного «я». «Я» здесь — важный фрагмент картины: разве можно разобраться в сознательном восприятии, не выяснив сперва, кто является воспринимающей стороной? Когда оглушенный ударом герой книги или фильма приходит в себя, его первые слова — «Где я?». Мой коллега, нейробиолог Антонио Дамасио считает, что сознание есть «“я” в процессе узнавания» — определение, из которого следует, что разрешить загадку сознания мы сможем, лишь узнав, что есть «я».

На тех же самых соображениях построен классический тест Гордона Гэллапа с зеркалом: Гэллап проверял, узнают ли дети и животные собственное отражение в зеркале⁵. Считается, что себя сознает тот ребенок, который пользуется зеркалом, чтобы рассмотреть недоступные его взгляду части тела, например отыскать красную наклейку, тайком приклеенную ему на лоб. Способность найти на себе наклейку при помощи зеркала обычно появляется у детей между полутора и двумя годами. По данным исследователей, тест этот также способны пройти шимпанзе, гориллы, орангутанги и даже дельфины, слоны и сороки⁶. Исходя из этого, группа моих коллег в Кембриджской декларации о сознании (7 июля 2012 года) заявила, что «многочисленные факты свидетельствуют о том, что человек не уникален в обладании нейрологическими механизмами, генерирующими сознание».

И снова наука заставляет нас дать более точное определение некоторым концепциям. Узнавание себя в зеркале отнюдь не обязательно свидетельствует о наличии сознания. Живое существо может узнавать себя

с помощью механизма, который не имеет никакого отношения к сознанию и просто предполагает, как выглядит тело и движения его носителя, а затем корректирует движения носителя, сравнивая эти прогнозы с реальными визуальными стимулами, вот я, например, так бреюсь перед зеркалом по утрам, думая при этом о совершенно посторонних вещах. Этот тест способны пройти голуби, но лишь после длительной подготовки, которая превращает их в автоматы для работы с зеркалом⁷. Не исключено, что единственное, что мы можем узнать с помощью теста с зеркалом, — это достаточно ли хорошо существо знает свое тело, чтобы иметь какие-то предположения относительно его внешнего вида, и достаточно ли хорошо оно знакомо с зеркалами, чтобы уметь сравнивать ожидания с реальностью — навык, безусловно, интересный, но едва ли позволяющий твердо сказать, что владеющее им существо сознает свое «я»⁸.

Еще важнее то, что связь между осознанным восприятием и знанием себя вовсе не обязательна. Когда я внимаю оркестру или любуюсь прекрасным закатом, я прихожу в возвышенное состояние сознания, но при этом не напоминаю себе постоянно, что это «я сам получаю удовольствие». Мое тело и мое «я» находятся где-то на заднем плане, как это бывает с повторяющимися звуками или фоновой подсветкой: эти факторы лежат за пределами моего осознания, но в принципе способны привлечь внимание, после чего я переключусь на них и помещу их в центр своего восприятия. Я полагаю, что осознание себя во многом схоже с осознанием цвета или звука. Возможно, осознание некоего аспекта собственной личности — это не более чем еще одна форма доступа в сознательный опыт, в рамках которого оцениваемая информация не связана с органами чувств, а касается какой-либо из многочисленных ментальных репрезентаций моего «я» — моего тела, моего поведения, моих чувств или моих мыслей.

Особенно интересным и увлекательным свойством осознания себя является одна странная петля⁹. Когда я думаю о себе, «я» участвует в этом дважды, и как тот, кто воспринимает, и как то, что оказывается воспринято. Как такое возможно? Ученые-когнитивисты зовут это рекурсивное чувство осознания метапознанием: способностью думать о собственном разуме. Французский философ-позитивист Огюст Конт (1798—1857) считал, что это логически невозможно. «Мыслящий индивид, — писал он, — не может разделиться надвое так, чтобы одна половина мыслила, а другая — наблюдала за процессом мышления. Можно ли произвести наблюдение, если наблюдающий и наблюдаемый органы суть один и тот же орган?»¹⁰

Но Конт ошибался: как немедленно заметил Джон Стюарт Милль,

парадокса не случится, если наблюдатель и наблюдаемый принадлежат к разному времени или к разным системам. Одна система мозга может заметить ошибку, совершенную другой. Так часто происходит с нами, когда, например, мы пытаемся припомнить подходящее слово (знаем, что знаем его), замечаем ошибку в рассуждениях (знаем, что ошиблись) или грустим, провалив экзамен (мы знаем, что учили, думали, что знаем ответы, и понятия не имеем, почему же все-таки не сумели сдать экзамен). Определенные участки префронтальной коры головного мозга следят за нашими планами, придают уверенности решениям, которые мы принимаем, и замечают, когда мы ошибаемся. В тесном сотрудничестве с долгосрочной памятью и воображением они образуют замкнутую петлю-симулятор и позволяют нам постоянно вести внутренний монолог и тем самым размышлять о самих себе, рефлексировать без посторонней помощи. (Само слово «рефлексия» уже указывает на то, что некоторые области мозга исполняют роль зеркала, «репрезентируя» и оценивая деятельность других областей.)

Так или иначе, нам как ученым лучше будет начать с самого простого определения сознания, а именно с доступа в сознательный опыт, с того, как мы узнаем ту или иную информацию. Непростые вопросы, связанные с собственным «я» и с рекурсивной осознанностью, отложим на потом. Первое, что делает современная наука о сознании, — это акцентирует тему доступа в сознательный опыт, тщательно отделяя это явление от других, родственных ему концепций внимания, бодрствования, активного внимания, осознания себя и метапознания¹¹.

Минимальный контраст

Второй фактор, позволяющий нам изучать сознание с позиции науки, — это огромное количество разнообразных методов проведения экспериментов, которые влияют на содержание сознания. В 90-е годы XX века когнитивные психологи вдруг обнаружили, что, противопоставляя сознательное состояние бессознательному, могут вертеть сознанием как захотят. Оказалось, что можно сделать невидимой картинку, слово, даже видеозапись. Что происходило с этими образами в мозгу? Ведь если аккуратно определить возможности и границы бессознательной обработки данных, можно очертить контуры самого сознания, которые проступят, словно на негативе. Эта простая идея в сочетании с техниками нейровизуализации подготовила надежную научную платформу для изучения мозговых механизмов сознания.

В 1989 году психолог Бернард Баарс в важном труде, носившем нескромное название «Когнитивная теория сознания»¹², активно доказывал, что существуют десятки разнообразных экспериментов, позволяющих напрямую проникнуть в природу сознания. Баарс добавил важное замечание: многие эти эксперименты обеспечивают «минимальный контраст», то есть подразумевают создание двух экспериментальных ситуаций, которые очень мало отличаются друг от друга, однако осознанно воспринимается лишь одна из них. Эти эксперименты идеально подходят для исследований, поскольку позволяют ученым работать с сознательным восприятием как с экспериментальной переменной, которая значительно изменяется в ходе эксперимента, невзирая на то что стимулы остаются практически неизменными. Сконцентрировавшись на подобных минимальных контрастах в попытке понять, что же изменяется в мозгу, исследователи могут не принимать во внимание постороннюю деятельность мозга, протекающую как при сознательном, так и при бессознательном восприятии, и заниматься исключительно тем, что происходит в мозгу при переключении из режима неосознанности в режим осознания.

Возьмем, к примеру, приобретение такого моторного навыка, как печатание вслепую. При первой попытке мы действуем медленно, внимательно, тщательно отслеживая каждое движение. Но проходит несколько недель — и мы печатаем совсем легко, автоматически, не держа в сознании схему расположения клавиш, а сами при этом ведем разговор

или думаем о каких-то посторонних вещах. Изучение того, что происходит при автоматизации поведения, позволяет ученым пролить свет на то, что происходит при переходе от сознательного к бессознательному. Оказывается, этот очень простой переход сопряжен с работой обширной сети нейронов коры головного мозга, а особенно тех участков префронтальной коры, которые возбуждаются всякий раз при доступе в сознательный опыт¹³.

Точно так же мы сегодня можем изучать и обратный переход — от бессознательного к сознательному. В сфере визуального восприятия экспериментаторы могут создать множество стимулов, которые то проникают в сознательный опыт, то выпадают из него. В качестве примера можно привести иллюзию в начале этой главы (рис. 3). Почему неподвижные точки исчезают из поля зрения наблюдателя? Досконально механизм происходящего нам пока что неизвестен, однако в целом представление таково: наша зрительная система воспринимает неподвижное изображение скорее как помеху, чем как реальную информацию¹⁴. Если глаза наблюдателя не движутся, нашей сетчатке точки видятся как неподвижные, не меняющиеся пятна смутно-серого цвета, и в какой-то момент зрительная система решает избавиться от этих ненужных помех. Возможно, исчезновение этих точек из нашего поля зрения является следствием механизма, развившегося в ответ на потребность отфильтровывать дефекты, имеющиеся в глазу. Сетчатка человеческого глаза имеет массу недостатков — так, перед фоторецепторами проходят кровеносные сосуды, и нам приходится привыкать интерпретировать их образ как нечто, находящееся внутри, а не снаружи организма. (Только представьте, как неприятно было бы все время отвлекаться на зрелище кровавых волнистых линий, застилающих наш взгляд.) Когда объект наблюдения идеально неподвижен, наша зрительная система это учитывает и решает заполнить место дефицита информации образом близлежащей текстуры. (Именно из-за этого механизма «заполнения» мы не замечаем «слепых пятен» на собственной сетчатке там, где проходит зрительный нерв, а следовательно, отсутствуют рецепторы света.) Если мы хоть чуть-чуть, совсем ненамного смещаем взгляд, воспринимаемые сетчаткой пятна слегка смещаются, и зрительная система понимает, что они, по-видимому, находятся не внутри, а вне глаза — и мы немедленно осознаем, что видим их.

Заполнение пустоты — это лишь одна из множества визуальных иллюзий, с помощью которых мы изучаем переход от бессознательного к

сознательному. Давайте вкратце ознакомимся с другими парадигмами, имеющимися на вооружении у современных ученых.

Конкурирующие изображения

Один из первых полезных контрастов между сознательным и бессознательным видением был получен в ходе изучения бинокулярного соперничества, интереснейшей борьбы, которая постоянно идет в нашем мозгу всякий раз, когда мы видим некий предмет двумя глазами.

Наше сознание совершенно не интересуется тем фактом, что у нас есть два глаза, взгляд которых постоянно перемещается. Мозг позволяет нам получить четкую картину мира в трех измерениях, однако скрывает от нашего внимания лежащие в основе этой картины сложнейшие операции. Оба наших глаза в любой момент видят внешний мир немного по-разному, и все же никакой двойной картины мы не наблюдаем. В естественных условиях мы попросту не замечаем, что картинок две, и сливаем их в единый и однородный визуальный образ. Мозг даже ухитряется использовать тот факт, что глаза у человека расположены на некотором расстоянии друг от друга и потому наблюдают одно и то же с разных точек. Английский ученый Чарльз Уитстон в 1838 году первым заметил, что за счет этого мозг фиксирует глубину наблюдаемого объекта и создает трехмерный зрительный образ.

И тут Уитстон задумался: а что будет, если поступающие в каждый глаз образы будут совершенно не схожи между собой? Допустим, один глаз видит лицо, а другой — дом. Что получится — изображения сольются? Или человек будет видеть две разные картинки одновременно?

Чтобы это выяснить, Уитстон построил аппарат, названный им стереоскопом. (Вслед за этим пришла мода на стереокартинки самого разнообразного толка — от изображения природы до порнографии. Стереокартинки стали популярны в Викторианскую эпоху, но пользовались успехом и позже.) Перед левым и правым глазом в аппарате располагались два зеркала, с помощью которых каждый глаз получал свою отдельную картинку (рис. 4). То, что при этом происходило, поразило Уитстона: если картинка были абсолютно разными (например, лицо и дом), взгляд не мог сосредоточиться на чем-то одном или объединить изображения. Вместо этого внимание зрителя хаотично переключалось с одного изображения на другое и обратно, причем переход происходил очень быстро. На несколько секунд появлялось лицо, потом лицо исчезало, и человек видел дом, и так далее — переключения происходили бесконечно и управлялись исключительно мозгом. Как заметил Уитстон, «представляется

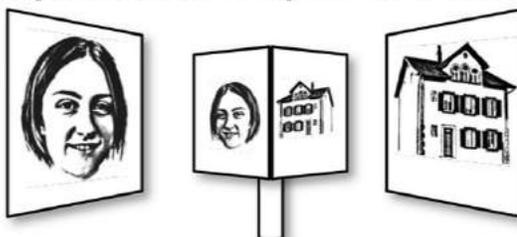
невозможным увидеть то или иное изображение по собственной воле». Похоже было скорее, что мозг, имея дело с двумя абсолютно разными стимулами, мечется между двумя возможными интерпретациями: лица и дома. Создавалось впечатление, что два разных образа конкурируют за сознательное восприятие — отсюда и термин «бинокулярное соперничество».

Бинокулярное соперничество — воплощенная мечта экспериментатора, поскольку представляет собой идеальный тест на субъективность восприятия: стимул постоянен, но наблюдатель сообщает, что видит все время разное. Более того, со временем одно и то же изображение меняет статус: то оно полностью видимо, то совершенно исчезает из сознательного восприятия. Что же происходит? Нейрофизиологи Дэвид Леопольд и Никос Логотетис сняли данные с нейронов зрительной коры головного мозга обезьян и первыми увидели, что происходит в мозгу с видимыми и невидимыми визуальными образами¹⁵. Исследователи научили обезьян сообщать об увиденном с помощью рычага; продемонстрировали, что обезьяны, так же как люди, наблюдали полу случайную смену образов; и наконец, проследили за реакцией нейронов по мере перехода избранного ими образа в сознательное восприятие из бессознательного, и наоборот. Результаты были однозначны. На самых ранних этапах обработки информации, когда была задействована первичная зрительная кора, исполняющая для зрительных образов роль двери в мозг, многие клетки отражали объективные стимулы: посылаемые этими клетками импульсы зависели от изображений, имевшихся перед глазами, и не менялись, когда животное сообщало о смещении фокуса внимания. Когда обработка зрительного образа переходила на более высокий уровень, в так называемые высокоуровневые зрительные зоны, например зону V4 и нижневисочную кору, все большее число нейронов соглашалось с образом, который видело животное. Нейроны посылали мощный импульс, когда животное сообщало, что видит предпочтительный образ, и реагировали значительно слабее или даже совсем не реагировали, когда этот образ бывал подавлен. Так мы впервые наблюдали корреляцию деятельности нейронов с осознаваемым опытом (рис. 4).

Сэр Чарльз Уитстон



Зеркальный стереоскоп Уитстона



Сознательное восприятие



Время

Пиков в секунду

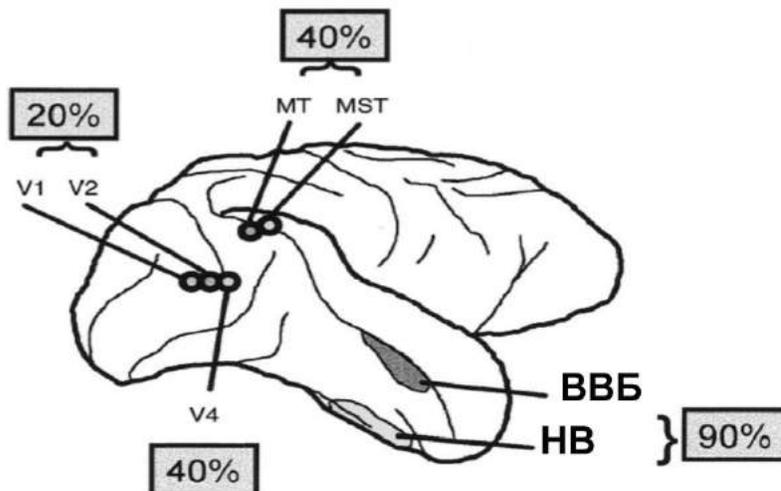
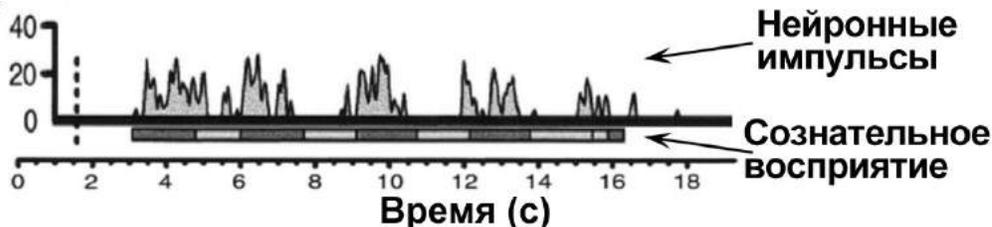


Рисунок 4. Бинокулярное соперничество — интереснейшая оптическая иллюзия, открытая Чарльзом Уитстоном в 1838 году. Каждый глаз видит свою картинку, но сами мы в любое отдельное мгновение видим только одно изображение. Здесь перед левым глазом расположено изображение лица, а перед правым — изображение дома. Однако вместо того, чтобы видеть накладывающиеся друг на друга образы, мы воспринимаем изображения поочередно: то лицо, то дом, то опять лицо и так далее. Экспериментируя с обезьянами, Никос Логотетис и Дэвид Леопольд научили своих подопытных с помощью джойстика сообщать о

том, что они видят, ученые продемонстрировали, что обезьяны также подвержены воздействию этой иллюзии, и зафиксировали характер возбуждения нейронов в мозгу у животных. На ранних этапах обработки зрительного образа в областях V1 и V2 большая часть нейронов отображала оба образа одинаково успешно и иллюзия не возникала. Однако на более высоких уровнях, например в НВ-коре (нижневисочной коре) и в ВВБ (верхней височной борозде), деятельность преобладающего числа клеток коррелировала с субъективным осознанием: по силе посылаемого нейронами импульса можно было понять, какой образ в данный момент видит испытуемый. Цифры указывают, какова доля этих нейронов в различных отделах мозга. Результаты этого беспрецедентного исследования заставляют предположить, что сознательное восприятие опирается в основном на деятельность высоких уровней ассоциативной коры головного мозга

Вплоть до сегодняшнего дня бинокулярное соперничество остается исключительно популярным средством доступа к нейронной машинерии, лежащей в основе осознанного опыта. Этой парадигме посвящены сотни экспериментов в самых разных вариациях. К примеру, с помощью новой методики «длительного проблескового подавления» мы теперь можем держать один из образов вне поля зрения постоянно — для этого достаточно непрерывно передавать в другой глаз цепочку из ярко раскрашенных прямоугольников, чтобы глаз видел только этот движущийся поток¹⁶.

Каков же смысл этих бинокулярных иллюзий? Они показывают, что визуальный образ может долгое время физически присутствовать в поле зрения глаза, но быть полностью вытесненным из сознательного восприятия. Мы транслируем в оба глаза одновременно образы, которые могут быть восприняты, но в конце концов видимым становится только один из них; таким образом бинокулярное соперничество подтверждает, что для сознания важен не начальный этап периферийной обработки образов (в этот момент доступны оба изображения), а более поздняя стадия (когда остается только одно изображение-победитель). Наше сознание не может одновременно воспринимать два предмета, находящиеся в одной и той же точке, и потому мозг становится полем для жесточайшей конкуренции. Мы этого не замечаем, но за наше сознательное восприятие постоянно конкурируют даже не два, а бесчисленное множество потенциально доступных образов — и все же в каждый момент нашего сознания достигает только один из них. Да, конкуренция, соперничество —

подходящая метафора для описания этой битвы за доступ в сознательный опыт.

Когда внимание моргнет

Так что же, это соперничество — процесс пассивный или же мы можем сознательно решать, какому из образов отдать победу? Когда мы воспринимаем два конкурирующих образа, субъективно нам кажется, что бесконечные переключения между ними происходят без какого-либо участия с нашей стороны. Однако это впечатление неверно: в происходящем в мозгу процессе конкуренции вниманию отведена важная роль. Во-первых, если мы изо всех сил постараемся видеть одно изображение из двух — например, лицо, а дом пусть остается невидим, — лицо мы будем видеть немного дольше, чем дом¹⁷. Правда, эффект все же будет довольно слабым: битва между двумя изображениями начинается на этапах, которые нам неподконтрольны.

Важнее всего здесь то, что победа одного изображения зависит от внимания, которое мы ему уделим; полем боя является само наше сознание¹⁸. Когда мы перестаем уделять внимание точке, в которой представлены оба образа, конкуренция прекращается.

Читатель может спросить, откуда мы об этом знаем? Если человек отвлечется, мы же не можем спросить у него, что он видит и меняются ли по-прежнему образы у него перед глазами — ведь для того чтобы ответить, ему придется снова обратить на них свое внимание. На первый взгляд может показаться, что определить, что и как вы воспринимаете, не сосредоточившись на воспринимаемом, — это все равно что следить за движениями собственных глаз в зеркале: глаза, конечно, движутся постоянно, но стоит вам посмотреть на их отражение, как одно это усилие уже заставляет их застыть. Попытки изучения конкуренции вне внимания долгое время казались делом невозможным, все равно что поиски ответа на вопрос о том, с каким звуком падает дерево, если рядом не окажется никого, кто бы его услышал, или что мы чувствуем в тот самый миг, когда засыпаем.

И все-таки зачастую наука способна совершить невозможное. Пен Чжан и его коллеги из Университета Миннесоты недавно поняли, что им незачем спрашивать подопытного о том, меняются ли изображения, которые он видит, если отвлекся¹⁹. Нужно было просто отыскать в мозгу маркеры, свидетельствующие о конкуренции, и они покажут, продолжают ли два образа борьбу друг с другом. Ученые уже знали, что во время борьбы нейроны реагируют либо на один, либо на другой образ (рис. 4), так

почему бы не замерить их деятельность в момент отсутствия внимания? Для этого Чжан воспользовался техникой под названием «маркировка частоты» — каждый образ «промаркирован» особым ритмом, в соответствии с которым он возникает. Ученые помещают на голову человеку электроды, снимают электроэнцефалограмму и выделяют на ней частотные маркеры обоих образов. Во время соперничества частота появления одного образа подавляет частоту появления другого: если колебания, связанные с одним образом, сильны, тогда связанные с другим — ослабевают, и наоборот; это может служить подтверждением того, что единомоментно мы воспринимаем только один образ. Однако стоит нам переключить внимание на что-либо другое, как вытеснение прекращается и частотные маркеры появляются одновременно, независимо друг от друга. Нет внимания — нет и борьбы.

Этот же вывод посредством чистой интроспекции подтверждает и другой эксперимент: в случае если внимание переключается с конкурирующих образов на нечто иное на определенный промежуток времени, после возвращения внимания осознается не тот образ, который должен был бы проявиться, если бы в период отсутствия внимания образы продолжали меняться²⁰. Следовательно, бинокулярное соперничество зависит от внимания: в отсутствие постоянного осознания мозг обрабатывает оба образа одновременно, и конкуренции не возникает. Для конкуренции требуется активный и внимательный наблюдатель.

Наше внимание имеет пределы и жестко ограничивает количество образов, которые могут находиться в его фокусе одновременно. Это ограничение, в свою очередь, подводит нас к новым минимальным контрастам для доступа в сознательный опыт. Один из методов, метко названный морганием внимания, заключается в том, чтобы создать краткий период невидимости за счет временного перенасыщения сознательного внимания²¹. На рис. 5 изображена стандартная ситуация, в которой происходит такого рода «моргание». В одном и том же месте монитора появляются один за другим символы, в основном цифры, однако встречаются и буквы. Буквы испытуемый должен запомнить. Первую букву запомнить легко. Если вторая буква выпадает через полсекунды или позже после первой, она тоже аккуратно передается в память. Если две буквы идут сразу одна за другой, вторая нередко остается незамеченной. Испытуемый сообщает, что видел только одну букву, и бывает очень удивлен при известии о том, что их было две. Необходимость сконцентрироваться на первой из букв заставляет внимание «моргнуть», и

процесс восприятия на одну секунду прерывается.

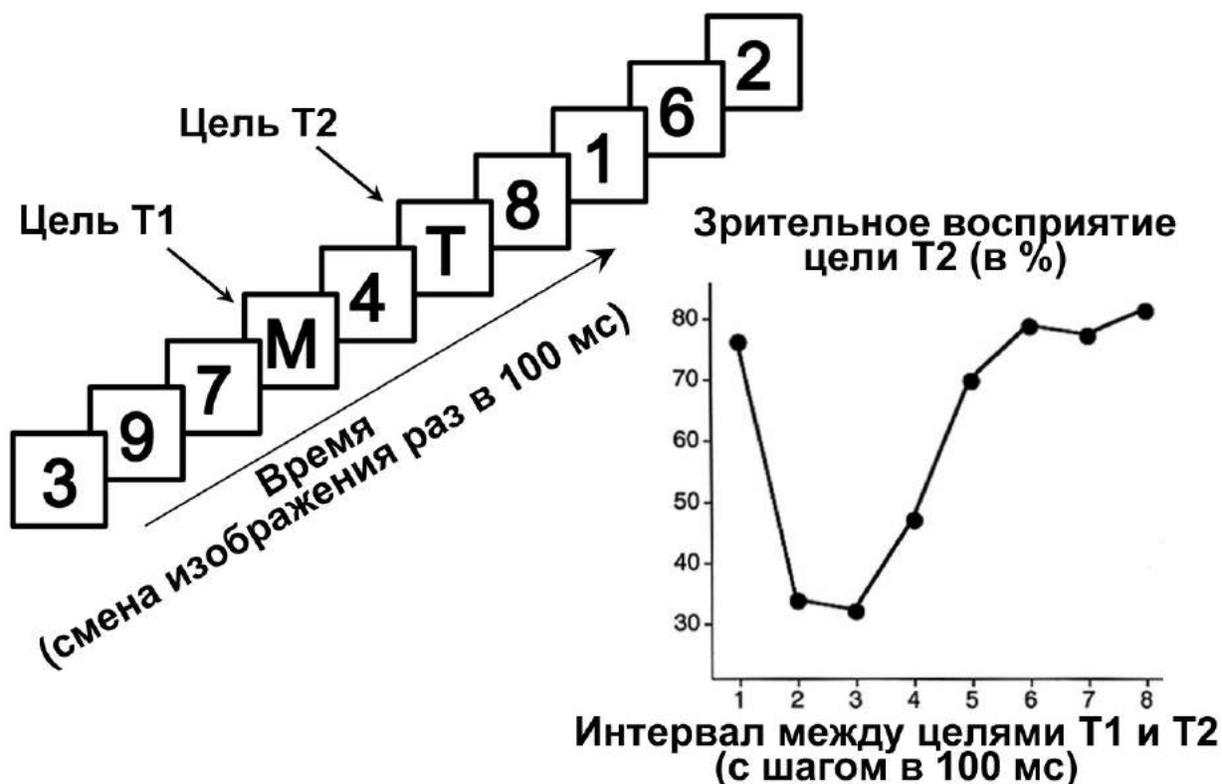


Рисунок 5. Продемонстрировать существующие временные ограничения сознательного восприятия можно с помощью моргания внимания. Наблюдая за последовательностью цифр, в которой изредка попадаются буквы, мы легко узнаем первую букву (здесь М), но не замечаем вторую (здесь Т). Пока мы передаем в память первую букву, наше внимание временно «моргает», и мы оказываемся не в состоянии воспринять еще один стимул, который поступает в следующее мгновение

Примечание: мс — длительность в миллисекундах.

С помощью методик нейровизуализации мы видим, что в мозг попадают все буквы, даже те, что мы не осознаем. Они достигают зрительных участков, которые первыми вступают в дело, и могут проникать в зрительную систему довольно глубоко, вплоть до момента, когда они должны быть классифицированы как цель: часть мозга «узнает» целевые буквы²². Однако знание это отчего-то не достигает нашего сознания. Для того чтобы мы могли сознательно распознать букву, она должна достичь той стадии обработки, на которой будет перемещена в сознание²³. Возможности перемещения же крайне ограничены, и

единомоментно может быть передана только одна единица информации. Все прочие фрагменты зрительного образа так и остаются нераспознанными.

Бинокулярная конкуренция — это борьба двух одновременно наблюдаемых образов. Эта борьба происходит в момент, когда внимание «моргает», а конкурируют между собой два изображения, занимающие одну и ту же точку в пространстве. Зачастую наше сознание работает слишком медленно и не поспевает за быстро меняющимися на экране образами. Когда мы пассивно глядим на экран, то вроде бы «видим» и буквы, и цифры, но акт передачи буквы в память оттягивает на себя ресурсы нашего сознания на долгий срок, и потому сознание временно не воспринимает ничего другого. Если представить сознание в виде крепости, то у крепости этой будет узкий подъемный мост, за право ступить на который борются друг с другом ментальные репрезентации. Доступ в сознание слишком тесен для двоих.

Читатель может возразить, что порой мы видим две буквы, идущие сразу друг за другом (примерно в трети случаев, как следует из данных рис. 5). Да и в реальной жизни мы нередко без труда воспринимаем два практически одновременно происходящих действия — например, рассматриваем картину и слышим автомобильный гудок. Психологи называют эти ситуации выполнением двух совмещенных действий, поскольку человеку приходится делать две вещи одновременно. Что же при этом происходит? Не означает ли сам факт выполнения совмещенных действий, что мы не правы и возможности нашего сознания отнюдь не ограничиваются восприятием одной единицы информации одномоментно? Нет. Факты говорят о том, что даже в этих случаях наше внимание строго ограничено. Мы не в состоянии абсолютно одновременно обрабатывать две не связанные между собой единицы информации. Когда мы пытаемся работать с двумя стимулами сразу, нам лишь кажется, что наше сознание обрабатывает оба мгновенно, постоянно пребывая «онлайн». На самом деле субъективный мозг воспринимает эти два стимула отнюдь не одновременно. Он завладевает одной единицей информации, та проникает в сознание, а вот второй единице приходится подождать.

Наличие подобного «бутылочного горлышка» приводит к задержке, которую легко измерить и которая носит название «психологический рефракторный период»²⁴. Пока активное сознание обрабатывает первую единицу информации на сознательном уровне, оно временно перестает реагировать на прочую поступающую информацию и потом сильно запаздывает с ее обработкой. Пока идет обработка первой единицы, вторая

маринуется в промежуточном буфере бессознательного, и так до тех пор, пока обработка первого фрагмента информации не будет завершена.

Мы не замечаем периода ожидания, в течение которого информация пребывает в неосознанном виде. Да и как же иначе? Наше сознание занято чем-то совершенно иным, поэтому мы не можем выйти за пределы системы и осознать, что сознательное восприятие второй единицы запаздывает. Получается, что, когда наш ум чем-то занят, мы начинаем неверно оценивать время наступления событий²⁵. Если мы займемся первой задачей, а потом нас попросят уточнить, когда в дело вступила вторая, мы ошибочно отнесем это событие к тому моменту, когда задача поступила в наше сознание. Даже если оба фрагмента информации с объективной точки зрения поступили в одно время, мы не сумеем одновременно их воспринять; нам постоянно будет казаться, что тот фрагмент, который мы восприняли первым, поступил раньше. На самом же деле этой субъективной задержкой мы обязаны исключительно неповоротливости нашего сознания.

Моргание внимания и рефракторный период тесно связаны между собой. Когда активное сознание занято, всем прочим претендентам на его внимание приходится ждать своей очереди в промежуточном буфере бессознательного, а это рискованно — внутренний шум, посторонняя мысль, любой внешний стимул в любую минуту могут стереть ожидающийся фрагмент из буфера и из внимания вообще (моргание). Эксперименты подтверждают: во время выполнения двух совмещенных действий имеет место и рефракторный период, и моргание. Осознание второго фрагмента информации всегда запаздывает, а с увеличением запаздывания увеличивается и вероятность полного стирания ожидающейся информации²⁶.

В большинстве экспериментов, требовавших выполнения двух совмещенных действий, моргание длилось какую-то долю секунды. Но и для передачи буквы в память требуется совсем немного времени. А что, если мы должны будем выполнять требующую больше времени задачу, которая станет оттягивать на себя внимание? Удивительно, но факт — мы можем перестать замечать происходящее вокруг. Завзятые читатели, заядлые шахматисты, вдумчивые математики очень хорошо знают, как поглощенность каким-либо делом изолирует разум человека от окружающего мира и позволяет совершенно забыть о том, что происходит вокруг. Этот феномен, именуемый «слепотой невнимания», легко воспроизвести в лаборатории. В одном эксперименте²⁷ участникам

предлагают смотреть в центр монитора и одновременно следить за верхней его частью. Им объясняют, что в верхней части вскоре появится буква, которую надо будет запомнить. Для тренировки букву показывают дважды. На третий раз в тот же момент, когда на краю экрана появится буква, в центре тоже внезапно что-то возникает — большое темное пятно, цифра или даже слово. Что удивительно, до двух третей участников не замечают изображения. Они утверждают, что не видели ничего, кроме буквы на краю экрана. И только когда запись проигрывают еще раз специально для них, они с огромным удивлением обнаруживают, что не заметили прекрасно видимую вещь. Вкратце говоря, невнимание — основа невидимости.

В качестве еще одного классического примера можно вспомнить поразительный эксперимент «невидимая горилла» Дэна Саймонса и Кристофера Шабри (рис. 6)²⁸. Зрителям предлагают посмотреть ролик, в котором две группы — в черных и белых футболках — перебрасываются мячом. Зрителей просят сосчитать, сколько раз перебросят друг другу мяч игроки в белых футболках. Ролик длится секунд тридцать, и практически все без особого труда успевают насчитать пятнадцать бросков. А потом экспериментатор спрашивает: «А вы видели гориллу?» Какую еще гориллу? Ролик запускают сначала — и вот, пожалуйста: на середине записи в кадре появляется наряженный гориллой актер. Он расхаживает туда-сюда, встает на самом видном месте, бьет себя руками в грудь и уходит. При первом просмотре большинство зрителей не замечают гориллы и готовы поклясться, что ее там и не было. Они так в этом уверены, что даже обвиняют экспериментатора в том, что во второй раз им показали не тот ролик! Они сконцентрировались на игроках в белых футболках — и черная горилла тут же стала невидима.

Эксперимент с гориллой стал важной вехой когнитивной психологии. Примерно тогда же исследователи придумали несколько десятков аналогичных ситуаций, в которых дефицит внимания ведет к временной слепоте. Оказывается, люди — ненадежные свидетели. Достаточно простой манипуляции, и вот они уже не замечают самые вопиющие фрагменты открывшейся им картины. Кевин О'Рейган и Рон Ренсинк открыли феномен «слепоты к изменению»²⁹ — так была названа удивительная неспособность людей замечать, какая часть изображения была удалена. На экране с частотой примерно раз в секунду сменяют друг друга две практически одинаковые картинки; на одной из них некий фрагмент присутствует, а на другой он удален. Между показами картинки всякий раз делается короткая пауза. Зрители абсолютно убеждены в том, что картинка совершенно

идентичны, даже когда на практике разница между ними весьма выражена (например, у самолета пропадает двигатель) или крайне важна в изображенной ситуации (например, на рисунке автомобильной дороги разделительная линия из прерывистой превращается в сплошную).

Для демонстрации феномена слепоты к изменению Дэн Саймонс поставил эксперимент с участием актеров. В кампусе Гарварда один из актеров спрашивает у студента, как пройти туда-то и туда-то. Между собеседниками проходят рабочие; беседа ненадолго прерывается и возобновляется две секунды спустя. За это время первого актера подменяют вторым. У актеров разные прически, одеты они тоже по-разному, но большинство студентов не заметили подмены.



Рисунок 6. Невнимательность может стать причиной слепоты. Объем сознательного восприятия у человека очень ограничен, поэтому, уделяя внимание одному предмету, мы порой не замечаем других. В классическом ролике с гориллой (вверху) зрителей просят подсчитать, сколько раз перебросят друг другу мяч игроки в белых футболках. Но, внимательно наблюдая за командой белых, зрители не замечают актера в костюме гориллы - он выходит на экран, бьет себя кулаками в грудь, а затем уходит. В другом ролике (внизу) на месте преступления подменяют двадцать один (!) предмет, а зритель опять ничего не замечает. Сколько еще таких «горилл среди нас» мы упускаем из виду?

Еще примечательнее исследование Питера Йоханссона, посвященное «слепоте выбора»³⁰. В ходе эксперимента мужчине-испытуемому предлагают на выбор две карточки с женскими портретами, надо выбрать, какая женщина больше нравится. После того как испытуемый сделает выбор, ему передают выбранную им карточку, но при передаче экспериментатор поворачивает ее лицевой стороной вниз и незаметно подменяет второй картой из пары. В итоге у участника на руках оказывается карточка не с тем портретом, который он выбрал. Половина участников этого не замечает, пускается в радостные комментарии относительно портрета, который они не выбирали, и с готовностью придумывает объяснения, почему из двух лиц это можно назвать более привлекательным!

Самое зрелищное доказательство того, насколько невнимателен человек к тому, что видит, можно получить, зайдя на YouTube и набрав в строке поиска «Whodunnit?» — название коротенького детективного ролика, снятого по заказу Лондонского транспортного управления³¹. Инспектор полиции, типичный англичанин, допрашивает трех подозреваемых и одного из них арестовывает. Ничего подозрительного... но тут фильм запускается с самого начала, с камеры, стоящей в отдалении, — и мы внезапно понимаем, что упустили массу вещей. За ту минуту, что шел фильм, на картинке подменили двадцать одну вещь, прямо у нас под носом — а мы ничего и не заметили. Пятеро ассистентов шустро переставили мебель, заменили чучело медведя средневековыми доспехами, помогли актерам переодеться и обменяться предметами, которые те держали в руках. А наивный зритель — ни сном ни духом.

Повесть о поразительной слепоте к изменениям заканчивается наставительным наказом мэра Лондона: «Человек часто не замечает того,

чего не ожидает. Невнимательность на дорогах может быть смертельно опасна. Не просмотрите велосипедиста!» И мэр совершенно прав. Исследования на симуляторах полетов показали, что даже опытные пилоты во время переговоров с диспетчером перестают замечать происходящее вокруг и могут врезаться в самолет, который просмотрели.

Урок ясен: если человек невнимателен, то от его сознания может ускользнуть практически что угодно. Таким образом, мы получили в свое распоряжение полезный инструмент, позволяющий различать сознательное и бессознательное восприятие.

Маска для сознательного восприятия

Исследовать слепоту невнимания в лаборатории сложно по одной причине: эксперимент состоит из сотен показов, но невнимание — явление крайне лабильное. В ходе первого показа самые наивные зрители могут не заметить даже значительных перемен, однако стоит им уловить малейший намек на манипуляцию, как они становятся бдительны. А уж если они настороже, о невидимости перемен говорить не приходится.

Кроме того, хотя с субъективной точки зрения может показаться, что оставшиеся незамеченными стимулы не были обработаны сознанием, ученым трудно сколь-либо серьезно доказать, что участники эксперимента действительно не заметили изменений, которых, по их словам, не видели. Можно, конечно, опрашивать участников после каждого эксперимента, но это долго, да и настораживает. Можно еще отложить опрос до конца эксперимента, но в этом случае возникает другая проблема — забывание: через несколько минут человек уже может не вспомнить точно, что он видел.

Некоторые ученые полагают, что в ходе исследований слепоты к изменению участники всегда замечают все происходящее, но оказываются не в состоянии поместить все подробности увиденного в память³². Таким образом, слепота к изменению может быть связана не с недостаточным осознанием, а с неспособностью сравнить старую сцену с новой. Если на картинке не видно движения, то достаточно одной секунды задержки — и мозгу уже будет трудно сравнить изображения между собой. Участник, как правило, сообщает, что на картине ничего не изменилось; согласно этой интерпретации, он осознанно изучил все предложенные ему варианты и просто не заметил разницы между ними.

Лично я сомневаюсь в том, что все случаи невнимания и слепоты к изменениям можно объяснить простым забыванием — в конце концов, уж гориллу-то посреди баскетболистов или чучело медведя в фильме про убийство запомнить несложно. Но и тут есть определенные сомнения. Для того чтобы получить кристально чистое научное исследование, нужна парадигма, в которой некое изображение останется невидимым в ста процентах случаев, независимо от того, насколько хорошо осведомлены участники, насколько старательно они пытаются его разглядеть и сколько раз они просмотрят фильм. К счастью, такая полная невидимость существует. Психологи называют невидимые изображения такого рода

«замаскированными», а весь остальной мир — «сублиминальными». Сублиминальные изображения лежат ниже порога нашего восприятия (в буквальном смысле слова — *limen* на латыни означает «порог»), и увидеть их не может никто, даже если очень постарается.

Как создать изображение такого рода? Можно сделать его очень блеклым. К сожалению, в этом случае качество изображения сильно падает, и потому мозговая деятельность включается по минимуму. Более интересный вариант — показать изображение в течение доли секунды, между двумя другими изображениями. На рис. 7 показано, как можно «замаскировать» слово «радио». Мы будем демонстрировать это слово 33 мс — примерно столько длится один кадр в кино. Сама по себе краткость показа еще не означает, что изображение будет невидимо — в полной темноте достаточно будет вспышки на несколько миллисекунд, чтобы изображение стало видимым и запомнилось. Невидимым слово «радио» становится благодаря визуальной иллюзии под названием «маска». До и после кадра со словом идут кадры с геометрическими фигурами, расположенными в той же самой точке. При правильном расчете длительности зритель увидит только меняющиеся геометрические фигуры. Спрятанное между ними слово и впрямь станет невидимым.

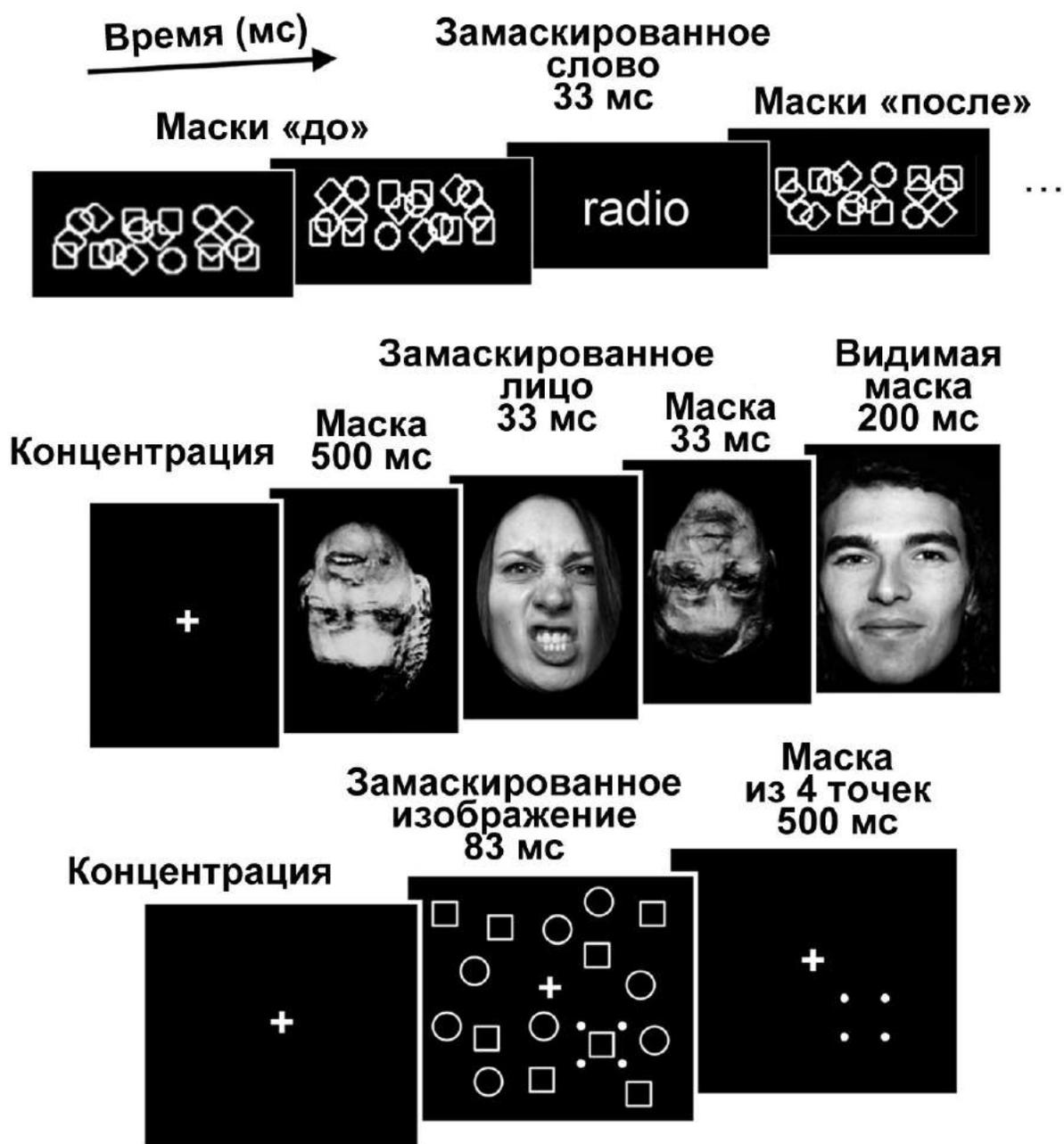


Рисунок 7. Сделать изображение невидимым можно с помощью маскировки. Техника маскировки заключается в том, что изображение показывают очень быстро, а до и после него демонстрируют схожие фигуры, которые исполняют роль маски и мешают нам сознательно воспринять исходное изображение. В самом верхнем примере мимолетно продемонстрированное слово «радио» оказывается замаскировано серией геометрических изображений и потому становится невидимым для зрителя. В среднем ряду мы видим, как с помощью случайных изображений можно

замаскировать лицо, даже если на нем отражены сильные эмоции: зритель видит только маски и лицо в конце. В нижнем ряду в качестве целевого изображения выступает россыпь разнообразных геометрических фигур. Парадоксально, что из восприятия выпадает всего одна фигура — та, что окружена четырьмя точками. Точки демонстрируются дольше целевого изображения и потому играют роль маски

Мне довелось разрабатывать немало экспериментов с сублиминальными масками, и, хотя я неплохо владею методиками кодирования, мне все равно трудно поверить собственным глазам, когда я гляжу на экран компьютера. Невозможно поверить, что между двумя масками было что-то еще. И тем не менее фотоэлемент подтверждает: спрятанное слово на какое-то мгновение стало объективно видимым: его исчезновение — чисто субъективное явление. Если слово показывать достаточно долго, оно обязательно снова станет видимым.

Во многих экспериментах границу между видимым и невидимым можно установить достаточно точно: если изображение показывать в течение 40 миллисекунд, оно будет абсолютно невидимым, однако, если этот срок увеличить до 60 миллисекунд, в большинстве случаев его увидят. Получается, что понятия «сублиминальный» («ниже порога») и «супралиминальный» («надпороговый») имеют совершенно законные названия. Метафорические врата в сознание имеют ярко выраженный порог, и демонстрируемое изображение либо преодолевает его, либо остается снаружи. Пороговая длительность в разных случаях бывает разной, однако, как правило, приближается к 50 миллисекундам. Если изображение демонстрируется в течение 50 миллисекунд, оно видимо примерно в половине случаев. Следовательно, визуальное стимулирование с пороговой длительностью дает нам прекрасную экспериментальную парадигму: объективно стимул присутствует постоянно, однако субъективное восприятие всякий раз может быть разным.

Для произвольного манипулирования сознанием можно использовать несколько вариантов маскировки. Можно спрятать от глаза целую картинку, поместив ее между быстро меняющимися изображениями. Если на картинке будет изображен улыбающийся или испуганный человек (см. рис. 7), можно проверить участников на подпороговое восприятие скрытой эмоции, проявления которой они осознанно не наблюдали, — на бессознательном уровне эмоция тут же вылезет. Еще один вариант маскировки — взять быстро сменяющие друг друга изображения геометрических фигур и выделить одно из них четырьмя точками, которые

будут оставаться на экране долгое время (рис. 7)³³. Интересно, что из осознанного опыта исчезнет только выделенная фигура, а все прочие по-прежнему будут видимы. Дело в том, что четыре точки и белое пространство между ними остаются на экране дольше, чем фигура, и потому замещают ее собой и стирают осознанное восприятие фигуры, находившейся в этом же месте. Этот метод называется «маскировка посредством подмены».

Маскировка — прекрасный инструмент для проведения экспериментов, потому что с ее помощью можно изучать судьбу неосознанных визуальных стимулов, с высокой точностью определять время их обработки и полностью контролировать все параметры эксперимента. Идеальный вариант — один-единственный раз показать целевой стимул и вслед за ним, тоже один раз — маску. В нужный момент мы «вводим» зрителю в мозг строго определенную дозу визуальной информации (например, слово). В принципе зрителю должно этого хватить для того, чтобы осознанно воспринять слово, поскольку, если мы уберем следующую за словом маску, зритель его увидит. Но пока маска остается на месте, она каким-то образом перекрывает первое изображение, и зритель воспринимает только ее. Странная, должно быть, гонка происходит в это время в мозгу: первое слово оказывается там раньше, однако идущая позже маска догоняет его и вышвыривает из сознательного восприятия. Возможно, мозг в этом случае ведет себя как статистик и взвешивает факты, прежде чем решить, было ему передано одно изображение или два. Когда кадр со словом оказывается достаточно коротким, а воздействие маски — достаточно сильным, мозг зрителя получает массу фактов, свидетельствующих о том, что показана была только маска, и не замечает слова.

Превосходство субъективного

Можно ли с уверенностью утверждать, что скрытые под маской слова и изображения не воспринимаются сознанием? В ходе последних наших экспериментов мы попросту спрашивали участников после каждого показа, видели они слово или нет³⁴. Кое-кто из наших коллег над этим посмеивался — с их точки зрения, это было «чересчур субъективно». Однако подобный скептицизм в данном случае неуместен, так как при исследовании сознания субъективность по определению является основой вопроса.

К счастью, у нас есть и иные средства убеждения для скептиков. Во-первых, маскировка — это субъективный феномен, и реакция зрителей на него в значительной степени однородна. Если изображение демонстрируется менее 30 миллисекунд, то все зрители на любом показе утверждают, что не видели слова; меняется, да и то лишь немного, только минимальная длительность показа, при которой они начинают что-то видеть.

Главное же здесь вот что: мы с легкостью можем доказать, что во время маскировки субъективная невидимость влечет за собой объективные последствия. Если после показа зрители сообщают, что ничего не видели, назвать слово они не могут. (Правда, будучи вынуждены отвечать, они дают ответы лишь чуть более точные, чем если бы отвечали наугад, — это говорит о степени сублиминального восприятия, но о нем мы поговорим в следующей главе.) Несколько секунд спустя они уже не в состоянии ответить на простейшие вопросы — например, сказать, было ли замаскированное число больше или меньше пяти. В одном из экспериментов, проводившихся в нашей лаборатории³⁵, мы многократно, до двадцати раз подряд, демонстрировали тридцать семь слов в определенной последовательности, однако слова при этом были замаскированы и невидимы. В конце эксперимента мы попросили зрителей отметить эти слова в списке, где они были перемешаны с другими, непоказанными. Зрители оказались абсолютно беспомощны, то есть, по всей видимости, замаскированные слова не оставили у них в памяти никакого следа.

Все эти факты подводят нас к важному выводу, к третьей весомой составляющей нарождающейся науки о сознании: *субъективным отчетам можно и нужно доверять*. Да, замаскированные слова становятся

невидимыми с субъективной точки зрения, но их невидимость вполне реальным образом влияет на нашу способность к обработке информации. В частности, она значительно снижает наши способности к называнию и запоминанию. Когда изображение демонстрируется практически на грани восприятия, процесс демонстрации осознаваемого изображения, по свидетельству участников, сопровождается значительным изменением количества доступной информации — это не только влияет на субъективное ощущение восприятия, но и влечет за собой ряд других положительных изменений процесса обработки стимула³⁶. Если мы сознаем информацию, то можем назвать, оценить, обдумать или запомнить осознаваемое значительно лучше, чем если бы эта информация находилась ниже порога восприятия. Иными словами, человек, будучи наблюдателем, описывает свои субъективные ощущения не наобум и наугад: когда он честно, как на исповеди, говорит, что чувствовал, будто видит нечто, подобный сознательный доступ влечет за собой серьезные изменения в характере обработки информации, а это почти всегда приводит к повышению эффективности той или иной деятельности.

Иными словами, бихевиористы и когнитивисты в последние сто лет ошибались — интроспекция на самом деле является вполне достойным источником информации. Она не только снабжает нас ценными данными, которые можно подтвердить объективно, через оценку поведения или с помощью сканирования мозга, но и указывает на саму суть науки о сознании. Мы ищем объективные объяснения субъективным отчетам, то есть автографы сознания — вспышки нейронной активности, систематически происходящие в мозгу человека всякий раз, когда он находится в определенном состоянии сознания. Сообщить нам об этом может только сам человек — по определению.

В 2001 году мы с моим коллегой Лайонелом Наккашем составили обзор, ставший программным документом для нашей научной области. В нем мы обозначили этот вопрос так: «Субъективный отчет является основным предметом изучения когнитивной нейробиологии сознания и как таковой содержит первичные данные, которые подлежат оценке и фиксации наряду с прочими результатами психофизиологических наблюдений»³⁷.

При всем при том мы не возлагаем на интроспекцию чрезмерных надежд: интроспекция снабжает психолога данными для дальнейшей обработки, но отнюдь не позволяет наблюдать за деятельностью мозга напрямую. Когда пациент с неврологическим или психиатрическим заболеванием говорит, что видит лица в темноте, мы не воспринимаем его

слова буквально, но и ни в коем случае не отрицаем, что описанное действительно имело место быть. Нам только нужно объяснить причину, по которой он видел лица, — например, из-за спонтанного, возможно, эпилептического возбуждения тех зон височной доли, которые отвечают за распознавание лиц³⁸.

Интроспективные наблюдения могут не соответствовать объективной действительности даже у нормального человека³⁹. Мы по определению не имеем доступа ко множеству процессов, протекающих неосознанно, но это вовсе не мешает нам выдумывать о них разные вещи. К примеру, многие люди думают, что, читая слово, они воспринимают его мгновенно «как единое целое», опираясь на его визуальный образ; на самом же деле в их мозгу происходит сложная цепочка буквенного анализа, о которой они совершенно не подозревают⁴⁰. Еще пример — вспомните, что бывает, когда мы пытаемся придумать причину для того, что совершили в прошлом. Постфактум люди придумывают массу разнообразных нереальных причин своих действий, но при этом понятия не имеют об истинной подсознательной мотивации, которая ими руководила. В одном классическом эксперименте потребителям показывали четыре пары нейлоновых чулок и просили определить, какие из них выше качеством. Чулки были одинаковые, но участники эксперимента об этом не знали и более охотно выбирали те, что лежали на правом краю полки. Когда участников попросили объяснить, почему они выбрали именно эти чулки, об их местоположении на полке не упомянул ни один; все рассуждали исключительно о качестве материала! В данном случае интроспекция явно относилась к области заблуждений.

Бихевиористы правы в том, что интроспекция как метод является зыбкой почвой для психологической науки, так как, сколько бы данных мы ни собрали, их будет недостаточно для того, чтобы понять, как работает наша голова. Однако в качестве способа оценки интроспекция является идеальной и к тому же единственной платформой, на которой строится наука о сознании; интроспекция представляет важнейшую половину уравнения, а именно говорит нам о том, что чувствует человек, переживая такой-то и такой-то опыт (даже если его оценка ошибочна). Для того чтобы достичь научного понимания сознания, мы, нейробиологи-когнитивисты, должны «всего лишь» отыскать вторую половину уравнения, выяснив, какие объективные нейробиологические процессы систематически сопутствуют субъективному человеческому опыту.

Иногда, как, например, в случае с маской, субъективный отчет может

быть немедленно подкреплён объективными доказательствами: человек утверждает, что видел замаскированное слово, и тут же доказывает свою правоту, называя его вслух. Впрочем, исследователям сознания не следует бояться и других, весьма многочисленных случаев, когда человек сообщает о некоем внутреннем состоянии, в существовании которого, по крайней мере на первый взгляд, невозможно поверить. Даже в таких случаях должны иметь место реальные процессы, объясняющие пережитое, а поскольку опыт человека в данном случае оторван от каких-либо физических стимулов, в отсутствие других сенсорных процессов исследователям, возможно, даже легче будет вычленить источник этих переживаний в мозгу. Поэтому современные исследователи сознания постоянно охотятся за чисто субъективными ситуациями, в которых сенсорная стимуляция не изменяется (а порой совсем отсутствует), а субъективное восприятие разнится. Эти идеальные случаи превращают сознательный опыт в переменную, которая легко поддается исследованию.

Здесь будет уместно вспомнить серию красивых опытов с выходом из тела, проведенную шведским неврологом Олафом Бланке. Пациенты после хирургической операции иногда сообщают, что, находясь под анестезией, покидали тело, описывают, как их поднимала к потолку непреодолимая сила и даже как они оттуда смотрели на собственное неподвижное тело. Можно ли воспринимать эти заявления серьезно? Покидали ли эти люди свое тело на самом деле?

Для того чтобы проверить утверждения пациентов, некоторые псевдоученые прячут на шкафах картинки, располагая их так, чтобы увидеть их можно было только из-под потолка. Это, конечно, глупо и смешно. Правильнее будет спросить, какая мозговая дисфункция могла породить подобное субъективное переживание. Какая именно деятельность мозга, спросил Бланке, побуждает нас смотреть на окружающий мир сверху? Каким образом мозг оценивает положение тела? Изучив множество пациентов с неврологическими заболеваниями и пациентов, подвергавшихся хирургическим операциям, Бланке обнаружил, что чувство выхода из тела возникает при травме или электрическом возбуждении кортикальной области правого височно-теменного стыка⁴¹. Эта область располагается в высокоактивной зоне, в которую поступает множество сигналов: от органов зрения, от соматосенсорной и кинестетической систем, с помощью которых мозг следит за прикосновениями к телу и за сигналами, поступающими от мышц и при движении, а также от вестибулярного аппарата — биологической инерциальной платформы, которая расположена у нас во внутреннем ухе и отслеживает движения

головы. Собирая эти данные воедино, мозг получает полную картину положения тела относительно окружающих его предметов. Но если в результате повреждения мозга сигналы начнут поступать противоречивые или невнятные, весь процесс может пойти вразнос, и тогда человек «на самом деле» вылетает из тела — то есть это происходит реально и физически, но только в мозгу пациента и, как следствие, в области его субъективного опыта. По большому счету состояние выхода из тела — это усиленное во много раз головокружение, которое мы испытываем, например, в покачивающейся лодке, когда зрение говорит нам одно, а вестибулярный аппарат — другое.

Бланке пошел дальше и доказал, что покинуть тело может любой человек. Для этого ученый точно рассчитал, как следует стимулировать мозг посредством синхронизированных, но локализованных зрительных и осязательных сигналов и таким образом возбудить в здоровом мозгу ощущение выхода из тела⁴². С помощью хитроумного робота он даже сумел воссоздать эту иллюзию в аппарате для магнитно-резонансной томографии. Пока находящаяся в аппарате женщина ощущала иллюзию выхода из тела, на томограмме ярко светилась область височно-теменного стыка — именно та область, которая была травмирована у исследованных Бланке пациентов.

Пока что мы не можем точно сказать, каким образом эта область позволяет человеку определять свое место в пространстве, однако удивительный случай превращения историй о выходе из тела из парапсихологических курьезов в самое что ни на есть научное явление дает повод надеяться на лучшее. Выходит, мы можем проследить зарождение в мозгу самых странных субъективных ощущений. Главное — воспринимать подобные интроспекции в меру серьезно. Они не позволяют нам напрямую увидеть, как работает мозг, но поставляют материал, который после обработки может лечь в основание строго научного подхода к сознанию.

* * *

В завершение этого краткого рассказа о современном подходе к сознанию мы можем сделать вполне оптимистические выводы. В течение последних двадцати лет у нас появилось множество отличных инструментов, с помощью которых исследователи могут проводить эксперименты и произвольно манипулировать сознанием. Используя эти инструменты, мы можем прятать от сознания слова, изображения и даже

целые фильмы, а затем, внося минимум изменений (или даже ничего не изменяя), снова сделать их видимыми.

Имея в своем распоряжении эти инструменты, мы можем теперь заново задать все те интереснейшие вопросы, которые так любил Рене Декарт. Во-первых: что происходит с изображением, которого мы не видим? Обрабатывает ли его мозг? Если да, то как долго? Насколько глубоко заходит обработка? Зависят ли ответы от того, каким образом был скрыт от сознания предлагаемый стимул?⁴³ И во-вторых: что изменяется, когда мы получаем возможность сознательно воспринимать тот же стимул? Существуют ли особые виды деятельности мозга, происходящие только при сознательном восприятии того или иного явления? Можем ли мы вычленить эти автографы сознания и с их помощью построить теорию о том, что есть сознание?

В следующей главе мы рассмотрим первый из этих вопросов и рассмотрим интереснейшую тему глубинного влияния неосознанных образов на мозг, мышление и принятие решений. Существует ли это влияние?

2. Промерить подсознания глубины

Насколько глубоко в мозг проникает невидимый нам образ? Может ли он добраться до высших кортикальных центров и повлиять на принимаемые нами решения? Ответ на эти вопросы позволит нам очертить границы осознанной мысли. Последние эксперименты в области психологии и сканирования мозга позволили ученым проследить судьбу попавших в мозг неосознанных изображений. Мы бессознательно распознаем замаскированные изображения, относим их к той или иной категории и даже расшифровываем и интерпретируем невидимые слова. Изображения, продемонстрированные ниже порога восприятия, служат триггерами мотивации и вознаграждения, но и этого мы тоже не замечаем. Мы не замечаем даже сложных операций, связывающих восприятие и действие, а это значит, что мы очень часто отдаем себя во власть бессознательного «автопилота». Так и получается, что, ничего не зная о бурлящем внутри нас котле бессознательных процессов, мы постоянно переоцениваем влияние нашего сознания на принятие решений, хотя на самом деле наша способность к сознательному контролю весьма ограничена.

В прошлом и будущем сознанию почти нет места.

Т.С. Элиот, Бернт Нортон, 1935 (пер. А. Сергеева)

В предвыборную кампанию 2000 года повсюду крутили рекламный ролик, подготовленный командой Джорджа Буша. В ролике присутствовало карикатурное изображение экономического плана Ала Гора и написанное большими заглавными буквами слово RATS (дословно «крысы», в переносном значении — «чушь») (рис. 8а). Строго говоря, слово демонстрировалось не ниже порога сознательного восприятия, однако его мало кто замечал, потому что оно представляло собой окончание слова BUREAUCRATS («бюрократы») и не вызывало подозрений. Оскорбительный эпитет вызвал целую дискуссию о том, было ли это скрытое слово зафиксировано сознанием зрителей. Насколько глубоко оно проникло в их мозг? Могло ли оно достичь эмоционального центра избирателя и повлиять на его выбор при голосовании?

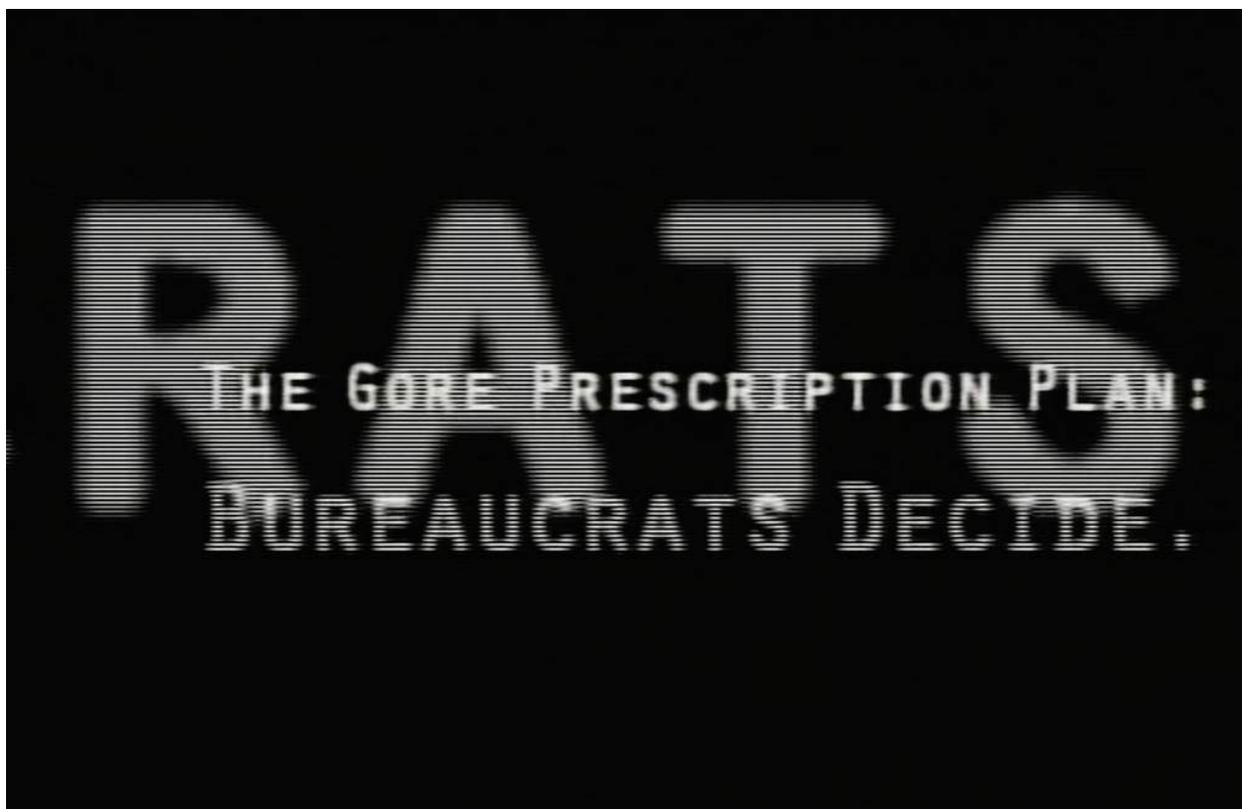


Рисунок 8а. В рекламном ролике Джорджа У. Буша, выпущенном в 2000 году, экономический план Ала Гора сопровождался надписью RATS («чушь»).



Рисунок 8b. Сублиминальные образы порой используются и в СМИ. В ходе предвыборной кампании 1988 года во Франции портрет президента и кандидата на этот пост Франсуа Миттерана молниеносно появлялся на экране одновременно с логотипом популярной телепередачи. Способен ли мозг обработать образы такого рода, если не успел их осознать? Влияют ли эти образы на то, какие решения мы принимаем?

Еще больше противоречивых мнений вызвало использование сублиминальных образов на выборах во Франции, проходивших на двенадцать лет раньше. Между кадрами логотипа одной из программ главного государственного канала на краткий миг появлялось лицо кандидата в президенты Франсуа Миттерана (рис. 8b). Невидимая картинка появлялась ежедневно перед вечерними восьмичасовыми новостями, программой, пользующейся популярностью среди французских зрителей. Повлияло ли это на исход выборов? Когда в стране проживает 55 миллионов человек, то достаточно затронуть небольшую их часть, и на ту или иную сторону склонятся тысячи голосов.

Прародительницей всех сублиминальных манипуляций считается (печально) известная реклама кока-колы: в фильм 1957 года были вставлены кадры со словами «Пейте кока-колу». История известная, чем

она кончилась, знают все: продажи безалкогольных напитков резко возросли. К сожалению, все это миф, хоть и побудивший ученых заняться исследованиями сублиминального воздействия. Всю историю сочинил Джеймс Викари, позже признавшийся, что никакого эксперимента на самом деле не было. Но миф продолжает жить, и вместе с ним живет вопрос: могут ли невидимые образы влиять на наши мысли? И дело здесь не только в том, что мы боимся за свободу воли и опасаемся массовых манипуляций, но и в том, что ответ на этот вопрос крайне важен для ученых, стремящихся понять, как работает мозг. Мозг обрабатывает образ только в том случае, если этот образ воспринят сознательно? Или же мы способны воспринимать образ, относить его к той или иной категории и принимать решения без участия сознания?

Сегодня этот вопрос тем более важен, что придумано множество способов для передачи мозгу не осознаваемой им информации. Попадая под воздействие бинокулярных изображений, отвлечения внимания, маскировки и многих других техник, мы часто не замечаем происходящего вокруг. Но можно ли утверждать, что мы не видим этих вещей? Если наше внимание сосредотачивается на некоем предмете, значит ли это, что мы перестаем воспринимать все то, что не привлекает нашего внимания? Или же мы продолжаем воспринимать и обрабатывать информацию, только процессы эти протекают за пределами сознания? И если да, то как далеко могут зайти эти процессы, если их не коснется луч осознанного внимания?

Ответить на эти вопросы необходимо, в частности, для того, чтобы выполнить стоящую перед нами задачу и выявить происходящие в мозгу процессы, которые соответствуют сознательному опыту. Если сублиминальная обработка информации заходит достаточно далеко и если мы сможем это «далеко» измерить, тогда мы гораздо лучше начнем разбираться в природе сознания. Если мы, к примеру, узнаем, что на ранних этапах восприятие возможно и без осознания, тогда при поисках сознания эти этапы можно не рассматривать. Если же мы сможем исключить из изучения высокоуровневые операции, то узнаем о специфике устройства сознательного разума еще больше. И так, постепенно очерчивая контуры бессознательного, мы мало-помалу получим изображение — негатив сознания.

Пионеры бессознательного

Открытие того факта, что значительное количество умственных процессов происходит за пределами сознания, традиционно приписывают Зигмунду Фрейду (1856—1939). На самом деле это миф, по большей части самим же Фрейдом и пущенный¹. Как заметил историк и философ Марсель Гоше, «в частности, Фрейд заявляет, что до появления психоанализа разум неизменно отождествляли с сознанием, но мы вынуждены отметить, что это заявление не соответствует действительности»².

На самом деле представление о том, что значительная часть деятельности мозга происходит *sub rosa* (скрытно) и что сознание представляет собой лишь тонкий слой штукатурки, укрывающий разнообразные механизмы бессознательного, существовало за много десятилетий или даже столетий до Фрейда³. Еще в Древнем Риме врач Гален (ок. 129—200 гг.) и философ Плотин (ок. 204—270 гг.) подметили, что для некоторых телесных действий, например ходьбы или дыхания, внимание совсем не требуется. Значительную часть познаний в медицине эти ученые унаследовали от Гиппократ (ок. 460—370 гг. до н. э.), врача, который изучал различные болезни и имя которого стало нарицательным для медика. Гиппократ написал трактат «О священной болезни», посвященный эпилепсии; в нем он замечает, что тело внезапно выходит из-под власти хозяина, и приходит к выводу, что мозг постоянно контролирует тело и скрытно выплетает ткань нашей психической жизни:

«Следует знать человеку, что мозг, и только лишь мозг, — источник наших удовольствий, радостей, смеха и шуток, а равно и горестей, боли, страданий и слез. Посредством мозга мы мыслим, видим, слышим и отличаем уродливое от прекрасного, дурное от хорошего и приятное от неприятного».

В темные века, последовавшие за падением Римской империи, индийские и арабские ученые сумели отчасти сберечь наследие врачей античной эпохи. В XI веке арабский ученый по имени Альхазен (Ибн аль-Хайсам, 965—1040) открыл основные принципы зрительного восприятия. За несколько веков до Декарта аль-Хайсам понял, что глаз работает как камера-обскура, принимая, а не испуская свет, и предвидел множество разнообразных иллюзий, с помощью которых наше сознательное

восприятие может быть обмануто⁴. Следовательно, решил аль-Хайсам, сознание не всегда держит тело под контролем. Аль-Хайсам первым заявил, что вмешательство бессознательного происходит автоматически: мы не замечаем, как мозг перескакивает к выводам, не следующим из получаемой нами сенсорной информации, и заставляет нас видеть то, чего на самом деле нет⁵. Восемьсот лет спустя физик Герман фон Гельмгольц в своей книге «Физиологическая оптика» (1867) использовал тот же самый термин — «вмешательство бессознательного», — когда описывал, как наше зрение автоматически просчитывает оптимальную интерпретацию, согласующуюся с поступающей сенсорной информацией.

Вопрос бессознательного восприятия основан на еще более глобальном вопросе о происхождении наших глубинных мотивов и желаний. За многие сотни лет до Фрейда философы — в том числе Августин (354—430), Фома Аквинский (1225—1274), Декарт (1596—1650), Спиноза (1632—1677) и Лейбниц (1646—1716) — отмечали, что действиями человека управляет множество различных механизмов, от сенсорно-двигательных рефлексов до скрытых мотивов и тайных стремлений, причем механизмы эти невозможно обнаружить с помощью интроспекции. Спиноза при этом ссылался на самые разнообразные бессознательные устремления: младенец хочет молока, жертва мечтает о возмездии, пьяница жаждет выпивки, а болтун не может удержаться от болтовни.

В XVIII—XIX веках первые неврологи находили немало доказательств повсеместного присутствия бессознательных цепочек в нервной системе. Маршалл Холл (1790-1857) первым предложил концепцию «рефлекторной дуги», посредством которой осуществляется связь между тем или иным воздействием на органы чувств и конкретной моторной реакцией; он же подчеркивал, что человек не может произвольно контролировать простейшие движения, которыми управляет спинной мозг. Вслед за ним Джон Хьюлингс Джексон (1835—1911) построил модель иерархической организации нервной системы — от ствола до коры головного мозга и от автоматических действий ко все более произвольным и осозанным. Французские психологи и социологи Теодюль Рибо (1839—1916), Габриэль Тард (1843—1904) и Пьер Жане (1859—1947) особо подчеркивали, что человек проделывает массу действий автоматически, начиная от хранения практических знаний в рабочей памяти (Рибо) и заканчивая бессознательным подражанием (Тард) и даже подсознательными целями, возникающими в раннем детстве и определяющими строй нашей личности

(Жане).

Французская наука была до того прогрессивна, что, когда не чуждый амбициям Фрейд впервые опубликовал работы, которые впоследствии принесут ему славу, Жане с негодованием заявил, что Фрейд присвоил себе авторство ряда его, Жане, идей. Еще в 1868 году британский психиатр Генри Модели (1835—1918) писал, что «наиважнейшей частью работы ума, неотъемлемой основой процесса мышления является подсознательная работа разума»⁶. Другой его современник, невролог Зигмунд Экснер, работавший, как и Фрейд, в Вене, в 1899 году заявил: «Не следует говорить «я думаю» или «я чувствую», а следует говорить «оно во мне думает» (*es denkt in mir*) или «оно во мне чувствует» (*es fühlt in mir*), — и это за целых двадцать лет до рассуждений Фрейда, опубликованных в 1923 году в книге «Я и Оно» (*Das Ich und das Es*).

На пороге XX века идея всераспространенности бессознательных процессов была так популярна, что великий американский психолог и философ Уильям Джеймс в своем основополагающем труде «Принципы психологии» (1890) смог прямо заявить: «Все эти факты, будучи взятыми вместе, безусловно, являются началом исследования, которое должно пролить новый свет на самые глубинные свойства человеческой природы... Они служат явственным доказательством одного, а именно того, что, когда человек говорит, будто ничего не чувствовал, мы ни в коем случае не должны воспринимать его слова как безусловное доказательство отсутствия всякого чувства, сколь бы искренен этот человек ни был»⁷. Любопытно, догадывался Джеймс, «делает массу нелепых вещей, о которых и не подозревает».

Итак, если мы возьмем в расчет все эти многочисленные наблюдения неврологов и психологов, явственно продемонстрировавших значительную роль, которую играют бессознательные механизмы в нашей жизни, вклад самого Фрейда представляется достаточно условным. Не будет преувеличением сказать, что из всех высказанных в его работе идей самые убедительные принадлежат не ему, а его собственные относятся к числу неубедительных. Сегодня нас особенно удручает тот факт, что Фрейд так и не попытался эмпирически проверить свои взгляды. В конце XIX — начале XX века зародилась экспериментальная психология, процветали новые эмпирические методы, в том числе систематический сбор данных о точной скорости реакции и связанных с ней ошибках. Но Фрейд, казалось, был вполне удовлетворен своими метафорическими умопостроениями и не испытывал потребности в серьезной их проверке. Владимира Набокова,

одного из моих любимых писателей, методы Фрейда до того раздражали, что он негодуя бросил: «Пусть простачи и чернь продолжают верить, будто любые раны разума можно исцелить ежедневными припарками из древнегреческих мифов на интимное место. Меня это не волнует»⁸.

Где заседает бессознательное

Несмотря на бурное развитие медицины в XIX—XX веках, мы с коллегами начали применять технологии нейровизуализации (сканирования) для изучения сублиминального восприятия каких-нибудь двадцать лет назад, в 1990-е, и путаницы вокруг восприятия мозгом невидимых изображений до сих пор предостаточно. Ряд спорных моментов связан с разделением функций, как его видят исследователи. Простейший вариант гласит, что кора головного мозга — морщинистая нейронная ткань, из которой состоит поверхность двух мозговых полушарий, — наделена сознанием, в то время как все прочие части мозга — нет. Кора головного мозга — наиболее развитая часть мозга у млекопитающих — отвечает за сложные операции, лежащие в основе внимания, планирования и речи. Таким образом, было вполне естественно предположить, что любая информация, попадающая в мозговую кору, должна быть осознана. Бессознательные же действия, напротив, по этим представлениям, происходили исключительно в таких особо отведенных центрах мозга, как миндалевидное тело или верхнее двухолмие, которые в ходе эволюции приобрели узкую специализацию и взяли на себя такие функции, как распознавание пугающих стимулов или движения глаз. Из этих групп нейронов складываются подкорковые цепи, названные так потому, что они расположены ниже коры головного мозга.

Приверженцы второго, не менее наивного подхода, противопоставляли друг другу два полушария. Отвечающее за языки левое полушарие может сообщить о том, чем оно занято, следовательно, оно наделено сознанием, а правое — нет.

Третья гипотеза гласит, что некоторые нейронные структуры в коре головного мозга наделены сознанием, а все остальные — нет. Так, если визуальная информация поступает в мозг через вентральный зрительный путь, отвечающий за распознавание предметов и лиц, значит, она обязательно воспринимается сознательно. А вот информация, поступающая через дорсальный зрительный путь в теменной коре — здесь мозг изучает форму и расположение предмета, чтобы в соответствии с этим направлять наши действия, — всегда будет оставаться на темной стороне, в бессознательном.

Ни одна из этих примитивных гипотез, построенных на противопоставлении одного другому, не выдерживает критики. Зная все,

что мы знаем сейчас, мы можем смело утверждать, что в осознанном и неосознанном мышлении задействованы буквально все области мозга. Однако для того, чтобы прийти к этому выводу, ученым пришлось проделать множество экспериментов, постепенно расширяя при этом свои познания относительно области охвата бессознательного.

Первые эксперименты, поставленные на пациентах с поражениями мозга, показали, что бессознательные действия берут свое начало где-то в глубоких подвалах мозга, ниже уровня коры. Так, миндалевидное тело — группа нейронов, расположенных за височной долей — включается в сложных, эмоционально нагруженных ситуациях повседневной жизни. Особенно важной функцией миндалевидного тела является сигнализация о страхе; пугающие стимулы, например образ змеи, поступают в миндалевидное тело прямо с сетчатки глаза и активируют его задолго до того, как мы успеем распознать эмоцию на сознательном, кортикальном уровне⁹. В ходе экспериментов выяснилось, что вследствие высокой скорости работы миндалевидного тела подобная эмоциональная оценка производится крайне быстро и неосознанно. В начале XX века шведский нейробиолог Эдуард Клапаред продемонстрировал существование бессознательной эмоциональной памяти: пожимая руку пациентке, страдающей амнезией, он одновременно уколол ее иголкой; на следующий день пациентка уже не помнила Клапареда, однако категорически отказалась пожимать ему руку. Такого рода эксперименты были первым доказательством того, что сложные эмоциональные операции могут происходить ниже уровня сознания и что они всегда, по-видимому, берут свое начало в субкортикальных ядрах, функция которых заключается в обработке эмоций.

Еще одним источником информации о сублиминальной обработке данных стали пациенты со «слепозрением», возникшим в результате травмы первичной зрительной коры — главного источника визуальной информации, поступающей в кору. Оксюморон «слепозрение» может показаться странным, однако он вполне точно описывает состояние пациентов, сводящееся к почти шекспировской формуле «видеть, но не видеть». После травмы первичной зрительной коры человек должен ослепнуть, и действительно, пациенты со слепозрением утрачивают сознательную способность видеть — они сами признаются, что ничего не видят в определенных областях поля зрения (полностью соответствующих пораженным областям коры головного мозга), и ведут себя как слепые. И все же, когда экспериментатор демонстрирует этим людям различные предметы или вспышки света, они удивительно точно указывают их

местонахождение¹⁰. Умением бессознательно ткнуть пальцем в сторону предмета, которого они не видят, эти пациенты напоминают зомби — вот уж действительно слепозрение.

Что же это за уцелевшие анатомические каналы поддерживают бессознательное зрение у пациентов со слепозрением? Очевидно, что какая-то зрительная информация все же поступает от сетчатки к руке, минуя травму — причину слепоты. Точка поступления импульса в зрительную кору мозга у таких пациентов уничтожена, поэтому поначалу исследователи полагали, что их бессознательными действиями управляют исключительно субкортикальные структуры. В первую очередь подозрение падало на верхнее двухолмие — структуру в среднем мозгу, задача которой сводится к фиксированию зрения, движений глаз и прочих пространственных реакций. Первое же функциональное МРТ-исследование пациентов со слепозрением показало, что при демонстрации невидимой цели верхнее двухолмие проявляет значительную активность¹¹. Однако исследование показало также, что невидимые стимулы возбуждают и некоторые участки коры головного мозга — и действительно, позже исследователи подтвердили, что невидимые стимулы могут пробуждать активность как в зрительном бугре, так и в зрительных отделах высокого уровня коры мозга, однако каким-то образом при этом обходить поврежденный первичный зрительный центр¹². Получается, что нашим бессознательным внутренним зомби, равно как и движениями рук и глаз, управляют далеко не только старые субкортикальные пути.

Еще одним серьезным аргументом за изучение роли коры мозга в бессознательных процессах стало исследование, проведенное канадским психологом Мелвином Гудейлом. Его пациентка Д.Ф., тридцати четырех лет, отравилась угарным газом¹³. Кислородное голодание привело к серьезным необратимым повреждениям в области латеральной зоны зрительной коры правого и левого полушарий. В результате пациентка утратила ряд базовых функций сознательного зрения, после чего у нее развилось состояние, которое нейробиологи называют «зрительной агнозией». Так, Д.Ф. была практически слепа, если необходимо было различать геометрические формы, и не могла отличить квадрат от прямоугольника. Повреждения были настолько серьезны, что пациентка не могла даже определить, как прочерчена линия — вертикально, горизонтально или наискосок. При этом жестикуляция у нее сохранилась удивительно хорошо: когда Д.Ф. попросили просунуть карточку в косую прорезь, направление наклона которой она так и не смогла определить,

рука пациентки точно выполнила заданное. Вновь и вновь оказывалось, что ее моторика бессознательно «видит» вещи лучше, чем сама Д.Ф. — сознательно. Пациентка также соразмеряла свой захват с предметами, которые брала в руки, однако, когда ее попросили показать примерный размер предмета с помощью расстояния между большим и указательным пальцами, она так и не справилась с заданием.

Способность Д.Ф. бессознательно управлять собственной моторикой значительно превосходила ее же способность сознательно оценивать внешний вид предметов, с которыми она имела дело. Гудейл и его сотрудники утверждали, что ее поведение невозможно объяснить одной лишь деятельностью субкортикальных моторных путей и что здесь задействована также кора теменных долей. Информация о размерах и расположении предметов по-прежнему бессознательно поступала в затылочные и теменные доли мозга, хотя сама Д.Ф. об этом не подозревала. Продолжающие функционировать структуры извлекали из зрительной информации данные о размерах, местоположении и даже форме предметов, но сознательно распознать все это Д.Ф. не могла.

За прошедшее с тех пор время ученые исследовали огромное множество аналогичных пациентов с тяжелым слепозрением или агнозией. Кое-кто из этих пациентов мог пройти по заперуженному людьми залу, ни с кем и ни с чем не столкнувшись, но при этом утверждал, что абсолютно ничего не видит. Были пациенты, страдавшие разновидностью бессознательного восприятия под названием «пространственное игнорирование» — интереснейшим состоянием, возникающим, когда травма правого полушария, как правило, близ нижней теменной доли, лишает пациента возможности видеть пространство слева от него. В результате человек часто попросту не видит всей левой части сцены или предмета. Один такой пациент упорно жаловался на то, что его плохо кормят: он съедал все, что было в правой части тарелки, не замечая, что слева еще достаточно пищи.

Пациенты с пространственным игнорированием серьезно ограничены в способности к сознательной оценке и описанию, но слепотой в левой части поля зрения отнюдь не страдают. Их сетчатка и первичная зрительная кора абсолютно сохранены, но травма на более высоком уровне каким-то образом не позволяет им принимать полученную информацию во внимание и регистрировать ее на сознательном уровне. Но пропадает ли эта невоспринятая информация в никуда? Нет, не пропадает — кора обрабатывает не востребуемые данные на подсознательном уровне. Это элегантно доказали Джон Маршалл и Питер Халлиган: пациенту с

пространственным игнорированием они показали два изображения домов, причем дом, находившийся слева, был охвачен пожаром (рис. 9)¹⁴. Пациент настойчиво утверждал, что не видит между ними никакой разницы, и заявлял, что дома абсолютно одинаковы. Но когда ему предлагали указать дом, в котором он хотел бы жить, он снова и снова выбирал изображение, на котором не было огня. Очевидно, мозг его по-прежнему обрабатывал зрительную информацию достаточно активно, чтобы отнести огонь к категории опасностей, которых следует избегать. Несколько лет спустя ученые использовали технику нейровизуализации и показали, что невидимый стимул мог активировать у пациентов с пространственным игнорированием вентральную зрительную кору, которая и реагировала на изображения домов и лиц¹⁵. Мозг пациента мог даже осознать неувиденные слова и цифры¹⁶.

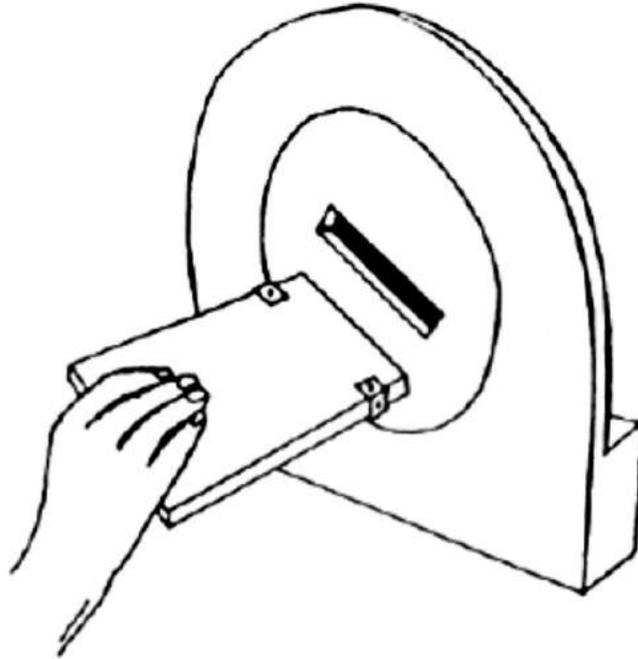


Рисунок 9. Первые свидетельства того, что неосознаваемые данные проходят обработку в коре, были получены в результате работы с пациентами, у которых пострадал головной мозг. Пациентка Гудейла и Милнера (1991), обозначенная как Д.Ф., в результате повреждения мозга утратила способность распознавать зрительные образы и полностью разучилась узнавать и описывать формы предметов, даже таких простых, как наклонная прорезь. Тем не менее она точным движением вкладывала в эту прорезь карту — по-видимому, сложными движениями руки мозг управлял бессознательно. Пациент Маршалла и Халлигана (1988) П.С., страдавший обширным левосторонним пространственным игнорированием, не способен был осознать разницу между двумя приведенными на картинке изображениями домов. Тем не менее, когда его

спрашивали, в каком из них он предпочел бы жить, он никогда не указывал на дом, охваченный огнем, а значит, можно предположить, что он способен был схватить смысл изображения, сам того не осознавая

Темная сторона мозга

Все данные, о которых идет речь, были получены при работе с пациентами, имеющими серьезные и зачастую обширные поражения мозга; возможно, эти данные помогли ученым отделить сознательные действия от бессознательных. Но что же здоровый, не пострадавший мозг — способен ли и он бессознательно обрабатывать образы на глубоком визуальном уровне? Может ли наша кора действовать без нашего ведома? Можем ли мы бессознательно выполнять даже сложные вещи, которым учат в школе, например читать или считать? Моя лаборатория одной из первых дала положительный ответ на эти важные вопросы; мы использовали нейровизуализацию для того, чтобы показать, насколько глубоко проникают в кору невидимые слова и цифры.

Как уже говорилось в первой главе, мы можем демонстрировать картинку на протяжении нескольких десятков миллисекунд, но так, что ее при этом никто не заметит. Для этого достаточно будет замаскировать изображение, которое мы хотим скрыть от сознания, вставив перед ним и после него другие фигуры (см. рис. 7). Но насколько глубоко в мозг проникает замаскированная картинка? Мы с моими коллегами смогли получить кое-какие данные на этот счет, когда воспользовались техникой «сублиминального прайминга»: быстро показывали воспринимаемое на подсознательном уровне слово или картинку («прайм») и сразу следом за ней — еще одну, но на этот раз видимую («цель»). Показы шли подряд, и цель могла как совпадать, так и не совпадать с праймом. Например, мы быстро показывали на месте прайма слово «дом», причем так быстро, что испытуемый его не видел, а потом на месте цели — слово «радио», причем его показывали уже достаточно долго для того, чтобы человек увидел его сознательно. Участники понятия не имели о скрытом слове. Они обращали внимание только на видимое целевое слово, а мы измеряли, как скоро они могли его распознать (для этого участникам было предложено нажимать одну кнопку, если слово будет обозначать нечто живое, и другую — если неживое; впрочем, для проверки подошло бы и любое другое задание).

Результат был ошеломляющий, он повторялся в десятках экспериментов: наличие прайма, даже не воспринимаемого сознанием, ускоряет обработку следующего за ним слова, если эти слова совпадают¹⁷. Если между показом прайма и цели проходит менее секунды, повтор облегчает задачу испытуемого, пусть даже тот не заметил первого слова.

Это значит, что, если перед словом «радио» тоже шло «радио», участники эксперимента отвечали быстрее и ошибались реже, чем когда перед словом «радио» шло слово «дом». Это явление называется «сублиминальный прайминг повтора». Можно заранее подготовить к работе насос, залив в него воду, а можно ускорить работу мозга, распознающего слова, если предложить ему невидимое слово.

Нам известно, что информация, которую мы передаем в мозг через прайм, может быть мало связана с отображением слова. Так, прайминг срабатывает, даже если слово-прайм было написано строчными буквами («радио»), а целевое слово — заглавными («РАДИО»). Визуально эти слова несхожи между собой. Строчная «а» совсем не похожа на заглавную «А». Принимать две эти фигуры за одну и ту же букву мы можем только под влиянием культуры. А эксперименты между тем показывают удивительное — у людей, прекрасно владеющих навыком чтения, это знание становится абсолютно неосознанным и встраивается в систему ранней обработки зрительных образов: сублиминальный прайминг равно выражен как при повторе визуальной формы слова («радио» и «радио»), так и при использовании разных образов («радио» и «РАДИО») ¹⁸. Следовательно, неосознаваемая информация достигает уровня, на котором происходит общее распознавание значения буквенных цепочек. Получив мимолетный образ слова, мозг быстро распознает входящие в него буквы, и внешние их изменения ему ничуть не мешают.

Теперь нужно понять, где именно происходит этот процесс. Как доказали мы с коллегами, техника нейровизуализации достаточно чувствительна и позволяет отследить даже мельчайшие возбуждения, вызванные неосознанно воспринятым словом ¹⁹. С помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) мы получили изображение всех областей мозга, затронутых процессом сублиминального прайминга. Полученные результаты свидетельствовали о бессознательном возбуждении значительной части вентральной зрительной коры. Задействована была и область, которая называется веретенообразной извилиной и содержит развитые механизмы распознавания формы, а также включается на раннем этапе чтения ²⁰. В этой области прайминг не зависит от визуального отображения слова: веретенообразная извилина воспринимает абстрактное значение слова независимо от того, заглавными буквами оно написано или строчными ²¹.

До того как были проведены эти эксперименты, некоторые исследователи утверждали, что веретенообразная извилина всегда

участвует в осознанной обработке информации и формирует так называемый вентральный зрительный канал, который позволяет нам распознавать форму предмета. Бессознательные же операции, полагали они, происходят только в «дорсальном канале», связывающем затылочную зрительную кору с рабочими центрами теменной доли²². Наши же эксперименты, как и эксперименты других ученых, показали, что вентральный канал, устанавливающий связь между изображением и словом, может работать и в бессознательном режиме, и таким образом помогли изжить упрощенные представления, согласно которым вентральный канал действовал сознательно, а дорсальный — бессознательно²³. Оба этих участка расположены достаточно высоко в коре головного мозга и все же способны действовать ниже уровня сознательного опыта.

Объединение без помощи сознания

Многие годы исследований, посвященных сублиминальному праймингу, развеяли массу мифов относительно роли сознания в работе зрительного аппарата. Так, одна из отвергнутых сегодня идей гласила, что отдельные элементы зрительного образа могут быть обработаны бессознательно, однако связать их воедино без помощи сознания невозможно. В отсутствие сознательного внимания такие характеристики, как движение и цвет, были бы хаотичны и не привязаны к конкретным предметам²⁴. Для получения общей картины действий различные участки мозга должны складывать фрагменты информации в одну общую «папку» или «личное дело». Некоторые исследователи утверждали, что этот процесс объединения возможен лишь благодаря нейронной синхронности²⁵ или повторного поступления данных²⁶ и является отличительной особенностью сознательной обработки информации.

Сегодня мы знаем, что они ошибались: объединение визуальной информации до определенного предела может происходить и без помощи сознания. В качестве примера возьмем буквы, которые объединяются в слово. Буквы должны быть явственно сгруппированы и идти слева направо, чтобы мы не перепутали слово «кукла» и «кулак» — слова, в которых достаточно переставить одну букву, чтобы получить совершенно иное значение. Наши эксперименты показали, что подобное объединение производится бессознательно²⁷. Сублиминальный прайминг повтора происходит в случае, если перед словом «КУКЛА» показать «кукла», и не происходит, когда перед «КУКЛА» показывают «кулак», — следовательно, сублиминальная обработка данных идет на весьма тонком уровне и учитываются при этом не только буквы, но и их местоположение. На практике реакция на слово «КУКЛА», перед которым шел «кулак», была ничуть не быстрее, чем когда перед «КУКЛА» шло совершенно другое слово, например «метро». Сублиминальное восприятие не обманешь восьмидесятипроцентным совпадением букв: достаточно переставить одну из них, и сублиминальный прайминг пойдет по совсем иному пути.

В течение последних десяти лет ученые сотни раз демонстрировали эту особенность сублиминального восприятия, причем не только со словами, но и с лицами, фотографиями и рисунками²⁸. Они пришли к выводу, что зрительный образ, который мы, как нам кажется, воспринимаем осознанно, на самом деле является результатом серьезной обработки и

значительно отличается от того изображения, которое глаз передал в мозг. Нам никогда не увидеть мир так, как видит его наша сетчатка. Да и страшноватое это было бы зрелище: мешанина из светлых и темных пикселей в самом центре сетчатки, перекрывающих ее кровеносные сосуды, и огромная дыра на месте «слепого пятна», где зрительный нерв уходит в мозг; да еще изображение это все время мигало бы и менялось, стоило нам перевести взгляд. А мы вместо этого видим трехмерное изображение, в котором все дефекты сетчатки сглажены, слепое пятно замаскировано, движения глаз и головы скомпенсированы, а все в целом изображение реинтерпретировано с учетом аналогичных виденных нами ранее сцен. И все эти операции производятся бессознательно, а ведь некоторые из них так сложны, что их невозможно смоделировать на компьютере. Так, например, наше зрение распознает присутствующие на изображении тени и устраняет их (рис. 10). Мы бросили мимолетный взгляд, а наш мозг без помощи сознания уже определил источник света и рассчитал форму, прозрачность, отражательную способность и яркость предмета.

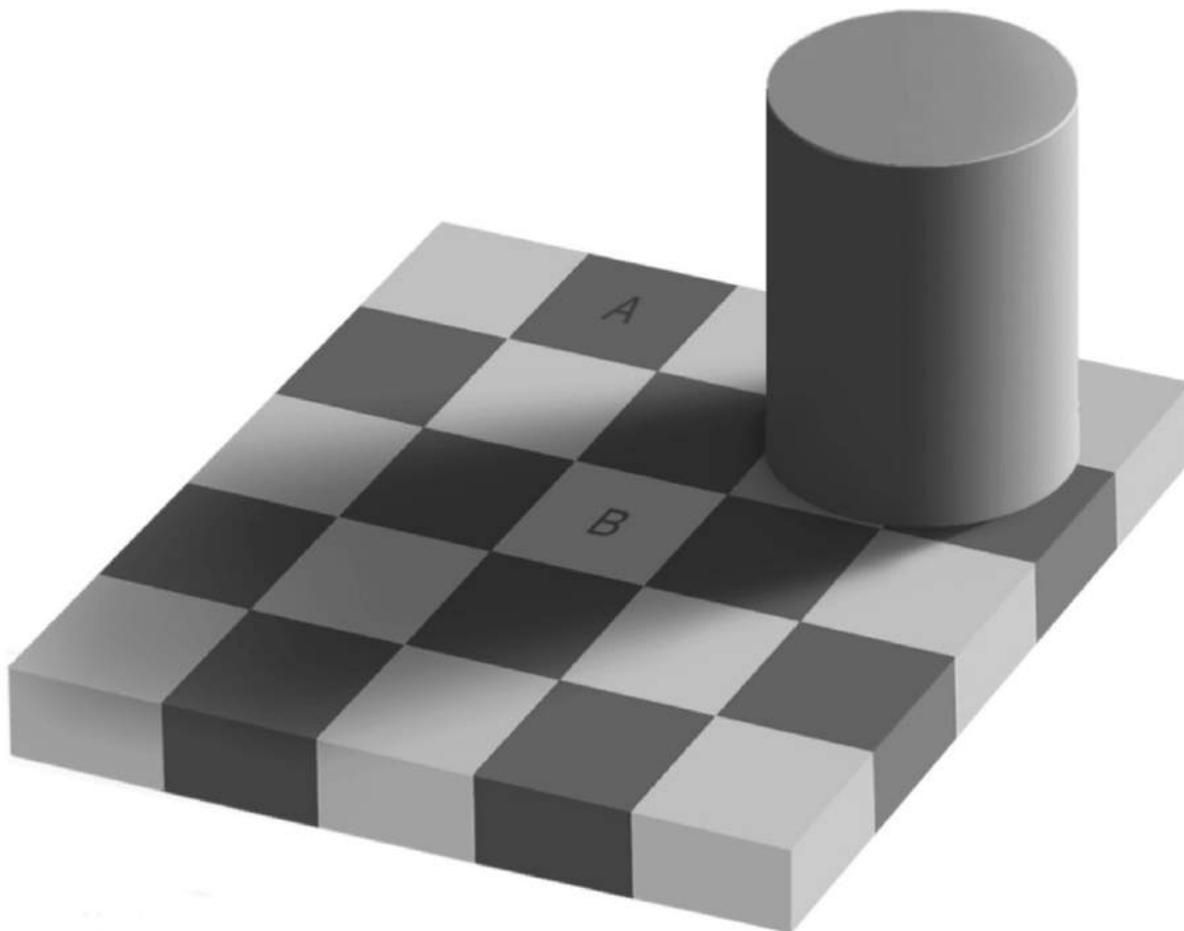


Рисунок 10. Человеческое зрение строится на работе мощных неосознаваемых механизмов. Посмотрите на картинку, и вы увидите обычную шахматную доску. Вы прекрасно видите, что квадрат А темнее квадрата В. На самом деле оба квадрата напечатаны одним и тем же оттенком серого цвета. (Чтобы увидеть это, закройте картинку листом бумаги.) Почему возникает иллюзия? В долю секунды ваш мозг неосознанно разбивает изображение на фрагменты, решает, что свет падает справа и сверху, отмечает, что цилиндр отбрасывает тень на доску, вычитает эту тень из картинки и демонстрирует вам истинные, как ему кажется, цвета доски, какими они были бы в отсутствие тени. Сознания же вашего достигает только финальный результат этого сложного процесса

Всякий раз, как мы открываем глаза, в нашей зрительной коре запускается мощный процесс, состоящий из отдельных подпроцессов, но мы этого не сознаем. Не имея ни малейшего понятия о том, какую работу проделывает наше зрение, мы свято верим, что мозг трудится, лишь когда мы чувствуем, что выполняем нелегкую задачу — например, решаем уравнение или играем в шахматы. Мы понятия не имеем о том, какую

огромную работу мозг проворачивает за кулисами лишь затем, чтобы снабдить нас простым и безупречным изображением окружающего мира.

Играя в шахматы без помощи сознания

В качестве еще одного примера, позволяющего осознать силу бессознательного зрения, возьмем игру в шахматы. Вот, допустим, когда играет гроссмейстер Гарри Каспаров, нужно ли ему постоянно и осознанно следить за расположением фигур на доске, чтобы вовремя заметить, что, к примеру, черная ладья угрожает белой королеве? Или же он концентрируется на генеральном плане, а его зрительная система обрабатывает эти сравнительно несложные сочетания фигур автоматически?

Интуиция подсказывает, что анализ расположения фигур на доске опытный шахматист производит практически рефлекторно. Исследования же подтверждают, что гроссмейстеру достаточно лишь раз взглянуть на доску, чтобы сразу же запомнить расположение фигур во всех подробностях. Объясняется это тем, что гроссмейстер автоматически разбивает картину на осмысленные кусочки²⁹. Кроме того, результаты недавно проведенных экспериментов свидетельствуют: такая сегментированная обработка и впрямь происходит неосознанно: можно взять упрощенное расположение фигур, закрыть его с двух сторон масками и показать на 20 миллисекунд, чтобы оно было невидимым — и все равно это изображение повлияет на решение гроссмейстера³⁰. Правда, срабатывает это только с шахматистами высшего класса, да и то лишь если они решают серьезную задачу, например, выясняют, грозит королю шах или нет. Следовательно, зрительная система считывает значение фигур (ладья или король) и их расположение, после чего быстро объединяет эти данные в осмысленный фрагмент («шах черному королю»). И все эти сложные операции происходят без какого-либо участия сознания.

Видеть голоса

До сих пор мы приводили примеры, связанные со зрением. Но что, если сознание и есть тот клей, который соединяет поступающую от органов чувств информацию в единое целое? Требуется ли сознание для того, чтобы объединить зрительные и слуховые сигналы, как делаем это мы, например, когда смотрим кино? И опять, как ни странно, ответ будет — нет, не требуется. Мозг способен без помощи сознания увязать воедино даже информацию от разных органов чувств, а мы получим уже готовый результат. К этому выводу ученые пришли благодаря интересному трюку, известному как «эффект Макгурка» и впервые описанному Гарри Макгурком и Джоном Макдональдом в 1976 году³¹. На видеозаписи (ее можно посмотреть в интернете)³² человек произносит некий слог. Мы абсолютно убеждены в том, что он говорит «да-да-да-да». Ничего особенного — пока не закроешь глаза и не поймешь, что на самом деле он говорит «ба-ба-ба»! Как же так? Очень просто — рот человека совершает те движения, какие необходимы, чтобы произнести «га», но слышим мы при этом «ба», поэтому в мозгу происходит конфликт. Чтобы разрешить его, мозг бессознательно объединяет два фрагмента поступающей информации. При хорошей синхронизации видео- и аудиоряда мозг, объединив информацию, выдает промежуточный вариант: слог «да», компромисс между слогом «ба», который мы слышим, и «га», который мы видим.

Эта слуховая иллюзия еще раз показывает нам, насколько сильно запаздывает и видоизменяется воспринимаемый нами сознательно образ окружающей действительности. Как ни странно, мы не слышим звуковых волн, которые достигают нашего уха, и не видим фотонов, которые попадают к нам в глаз. Мы получаем доступ не к сырому необработанному ощущению, а к умело сработанной реконструкции окружающего мира. Наш мозг, опытный сыщик, собирает все фрагменты получаемой нами сенсорной информации, оценивает их надежность и объединяет в целостную картину. Субъективно мы не видим, что произошла реконструкция. Нам не кажется, что мозг сфабриковал слог «да» из двух других — мы просто слышим «да», и все тут. И тем не менее, когда мы смотрим видео про эффект Макгурка, воспринимаемый нами на слух слог в равной степени зависит от визуальной и от звуковой дорожек.

Где же находится тот котел сознания, в котором варятся вместе наши

ощущения? Технология нейровизуализации позволяет предположить, что слияние происходит не в первичных зрительных или слуховых областях, а в лобных долях головного мозга — там и разворачивается осознание иллюзии Макгурка³³. Перед тем как поступить в сознательное восприятие, полученная информация вначале процеживается в высших областях мозга, а потом отправляется обратно в область, отвечающую за сенсорное восприятие. На самом деле, для того чтобы наш разум увидел безукоризненно подогнанное изображение, будто бы прямоком поступившее от органов чувств, мозгу приходится втихаря произвести множество сложных операций на сенсорном уровне.

А способны ли мы бессознательно свести воедино поступающую информацию? По всей видимости, нет. Зрение, распознавание речи и игра в шахматы (если играет гроссмейстер) имеют между собой нечто общее — все это мы проделываем автоматически, после многократных тренировок. Возможно, именно поэтому данные, поступающие в этом случае, могут быть обработаны без помощи сознания. Нейрофизиолог Вольф Зингер предположил, что, возможно, следует различать два типа объединения информации³⁴: шаблонное, когда объединение кодируется особыми нейронами, в функции которых входит сочетание сенсорной информации конкретным образом, и нешаблонные, когда для объединения требуется создание абсолютно новых, не встречавшихся еще сочетаний. Возможно, во втором случае объединение производится с помощью более близкого к осознанности состояния синхронности мозга.

По-видимому, верным будет именно это менее общее описание процесса синтеза восприятия в коре головного мозга. Человеческий мозг постоянно, буквально с рождения приучается к тому, как выглядит мир вокруг него. За годы взаимодействия с окружающим миром он накапливает обширную статистику о том, какие фрагменты чаще встречаются вместе. Нейроны зрительной системы постоянно в работе, и в конце концов они привыкают к особым сочетаниям фрагментов, характерным для того или иного знакомого им объекта³⁵. Заучив эти сочетания, они продолжают реагировать на них даже под анестезией — следовательно, подобное объединение происходит без участия сознания. Оттуда же, из бессознательно накопленной статистики, идет, вероятно, и наша способность распознавать написанные слова: средний читатель, достигнув взрослого возраста, успел прочесть не один миллион слов, и в зрительных отделах коры его мозга вполне могут содержаться нейроны, натренированные распознавать часто встречающиеся сочетания букв —

«он», «не», «ция»³⁶. Точно так же и у опытного шахматиста некоторые нейроны могли приспособиться к распознаванию положения фигур на шахматной доске. Подобное автоматическое объединение, производимое специальными цепочками нейронов в мозгу, весьма отличается от объединения, к примеру, новых слов в предложение. Когда вы смеетесь над высказыванием Граучо Маркса «Время летит как стрела, фрукты летят как банан», эти слова соединяются у вас в голове впервые, и для того чтобы они объединились, вам, пожалуй, придется задействовать сознание. Эксперименты с использованием техник нейровизуализации свидетельствуют, что, когда человек находится под анестезией, способность его мозга объединять слова в предложения резко падает³⁷.

Понять смысл без помощи сознания?

Итак, зрительная система у нас умная, она может бессознательно собрать буквы в слово, но можно ли и смысл слова распознать без участия сознания? Или это возможно только осознанно, даже если слово единственное? Ответить на этот с виду простой вопрос оказалось невероятно сложно. Над ним грызлись напропалую два поколения ученых — и каждая сторона утверждала, что ответ совершенно очевиден.

Можно ли вообще понять смысл слова без помощи сознания? Если считать, что сознание, как писал Джон Локк в своем известном «Опыте о человеческом разумении» (1690), — это «восприятие происходящего в собственном разуме», тогда трудно вообразить, чтобы мозг мог уловить смысл слова, не осознав его при этом. Понимание (по-английски *comprehension*, то есть дословно «вместе-уловление») и осознание (*consciousness*, то есть «вместе-понимание») связаны для нас между собой так тесно, что мы воспринимаем эти слова почти как синонимы.

И все-таки разве могли бы мы пользоваться речью, если бы для простого понимания смысла слова нам приходилось призывать на помощь сознание? Вы читаете это предложение — неужели вы осознанно определяете смысл каждого слова, чтобы затем сложить эти слова в единое целое и уловить мысль? Ничего подобного: ваше сознание занято сутью вопроса, логикой повествования. Вам достаточно взглянуть на слово, и оно тут же займет свое место в общей структуре дискурса. Мы не следим за тем, как знак превращается в смысл.

Так кто же прав? Чтобы ответить на этот вопрос, потребовалось тридцать лет психологических исследований и нейровизуализации. История этого ответа необычайно интересна — безумный танец догадок и опровержений, из которого постепенно сложилось истинное понимание вопроса.

Началось все в 50-е годы XX века, когда психологи изучали феномен вечеринки³⁸. Вообразите, что вы находитесь на шумной вечеринке. Вокруг звучит множество разговоров одновременно, но вы участвуете только в одном. Ваше внимание выполняет роль фильтра, который пропускает один голос и отсекает все остальные. Или не отсекает? Британский психолог Дональд Бродбент заявил, что внимание действует как фильтр на раннем этапе и обрывает обработку звука очень рано: голоса, на которые вы не обращаете внимания, блокируются на уровне восприятия, прежде чем вы

сможете осознать услышанное³⁹. Вывод этот, впрочем, не выдерживал никакой критики. Допустим, кто-то из гостей, стоя у вас за спиной, позовет вас по имени, пусть даже негромко. Ваше внимание немедленно переключится на этого человека. Следовательно, ваш мозг обработал слово, на которое вы не обратили внимания, оно прошло весь положенный путь и было распознано как имя собственное⁴⁰. Тщательные исследования подтвердили существование этого феномена; удалось даже доказать, что слова, на которые мы не обращаем внимания, могут повлиять на мнение говорящего о беседе, которой он занят⁴¹.

Эксперимент с вечеринкой и ему подобные позволяют предположить существование процесса бессознательного понимания, но могут ли они доказать, что этот процесс действительно существует? Нет. Участники всех этих экспериментов утверждали, что не стремились следить за несколькими беседами сразу, и клялись, что не воспринимали разговоры, на которые не обращали внимания (до тех пор, пока в этих разговорах не звучало их имя), но так ли это на самом деле? Скептик легко опровергнет результаты эксперимента, заявив, что на самом деле участник сознательно концентрировался на разговорах вокруг. Может быть, у него внимание быстро скакало туда-сюда, может быть, когда в беседе образовывалась пауза, его слуха достигали два-три слова из другого разговора. Феномен вечеринки удивляет в реальной жизни, но из него трудно сделать настоящий научный тест, позволяющий проследить за неосознанной обработкой данных.

В 1970-е годы психолог из Кембриджа Энтони Марсел продвинулся еще на шаг вперед. Он использовал технику маскировки, чтобы демонстрировать слова ниже порога сознательного восприятия, и добился того, что слова были абсолютно невидимы: все участники неизменно утверждали, что ничего не видели. Даже когда им говорили, что сейчас покажут слово, они все равно его не замечали. Когда им предложено было назвать это слово, они не смогли даже сказать, было ли это действительно слово или просто случайный набор согласных. И все же Марсел доказал, что мозг каждого из участников обрабатывал невидимое слово бессознательно, вплоть до расшифровки его смысла⁴². В главном своем эксперименте Марсел мимолетно показывал название цвета, например «синий» или «красный». Участники утверждали, что не видели слова, однако, когда после показа их просили выбрать листок того же цвета, они совершали выбор примерно на одну двадцатую секунды быстрее, чем те, кому показывали другое слово, не имеющее отношения к цвету.

Следовательно, невидимое название цвета могло подтолкнуть человека к тому, чтобы выбрать этот цвет. Выглядело это так, словно мозг бессознательно зафиксировал значение спрятанного слова.

В ходе экспериментов Марсел продемонстрировал еще одно удивительное явление: мозг, по-видимому, стремится бессознательно обработать все возможные значения слова, даже неоднозначные или неподходящие⁴³. Допустим, я шепну вам на ухо слово «лук». Вы тут же подумаете о луковице, но через мгновение сообразите, что я мог иметь в виду оружие. По-видимому, сознательно мы способны воспринимать в каждую минуту не более одного значения слова. Выбор значения зависит от контекста: увидев слово «лук» в контексте прекрасного романа Роберта Льюиса Стивенсона «Черная стрела», вы подумаете в первую очередь о луке как об оружии. В лабораторных условиях можно даже показать, что достаточно одного слова, например «стрела», чтобы «лук» стало обозначать в первую очередь стрелковое оружие, а увидев перед словом «лук» слово «еда», человек подумает о репчатом или зеленом луке⁴⁴.

Впрочем, важно знать, что такого рода адаптация к контексту, по-видимому, происходит только на сознательном уровне. Спрятав слово-значение на сублиминальном уровне, Марсел наблюдал совместную активацию обоих смыслов. После мгновенно промелькнувшего слова «лук» человек думал сразу и об оружии, и о пище, даже в том случае, если имелся выраженный контекст, говоривший в пользу последнего значения. Следовательно, наше подсознание способно хранить и параллельно восстанавливать все возможные семантические ассоциации для данного слова, даже если слово это имеет несколько значений и в контекст вписывается только одно из них. Бессознательно мозг предлагает варианты, сознательно — делает выбор.

Великие войны подсознания

В своих экспериментах с семантикой Марсел был крайне изобретателен. Результаты его работы указывали на то, что обработка смысла слова может происходить без участия сознания. И все же результаты эти можно было подвергнуть сомнению, так что истинные скептики продолжали стоять на своем⁴⁵. Под их предводительством началось великое сражение между теми, кто верил в существование неосознанной семантической обработки, и теми, кто не верил.

Неверие это нельзя было назвать абсолютно неоправданным. В конце концов, воздействие сублиминальных изображений, на которое ссылался Марсел, было так невелико, что его можно было проигнорировать. Мгновенный показ слова ускорял процесс обработки совсем ненамного, иногда менее чем на сотую долю секунды. Возможно, эффект этот был связан с тем, что в очень малой доле случаев скрытое слово на самом деле оказывалось видимым, но все же исчезало достаточно быстро и потому не оставляло или почти не оставляло следа в памяти. Слова-значения Марсела не всегда воспринимались на подсознательном уровне, утверждали его противники. По их мнению, заявления «Я не видел никаких слов», сделанного участником в конце эксперимента, было недостаточно для того, чтобы с уверенностью утверждать, будто он и в самом деле не видел слов-значений. Анализировать осознанность восприятия слов-значений следовало объективно и гораздо более тщательно, как, например, в эксперименте, когда испытуемых просили назвать спрятанное слово или отнести его к той или иной категории в соответствии с заданным критерием. Скептики утверждали, что говорить об истинной невидимости слов-значений можно будет лишь тогда, когда даваемые участниками ответы будут находиться в рамках случайного распределения. Выполнение же контрольного задания должно происходить в тех же условиях, что и главный эксперимент. Марсел же, утверждали критики, либо не соблюдал этих условий, либо демонстрировал неслучайное распределение ответов, а следовательно, можно предположить, что участники эксперимента сумели разглядеть несколько слов.

В ответ на эти критические замечания защитники идеи подсознательной обработки данных ужесточили условия проведения экспериментов. Примечательно, что результаты по-прежнему подтверждали: мозг способен бессознательно воспринимать слова, цифры

и даже изображения⁴⁶. В 1996 году психолог Энтони Гринвальд из Сиэтла опубликовал в известнейшем журнале *Science* отчет об исследованиях, в ходе которых было показано, что эмоциональное значение слов обрабатывается мозгом на бессознательном уровне. Гринвальд просил участников эксперимента разделить слова на эмоционально позитивные или негативные; участники не знали, что перед каждым видимым словом им показывают скрытый прайм. Значения пар слов могли совпадать, и в этом случае каждое из слов усиливало значение другого (как положительное, так и отрицательное, например «радость — веселье»), или не совпадать (например, «насилие — веселье»). Когда участники давали ответы в очень быстром темпе, с минимальным интервалом между словами, они лучше справлялись с показами, в которых значения пар слов совпадали. Мозг бессознательно словно бы усиливал совокупное эмоциональное значение обоих слов, и оно помогало принять решение, когда слова совпадали, и мешало, если слова не совпадали.

Полученные Гринвальдом результаты отличались высокой степенью воспроизводимости. Большинство участников не только твердо заявляли, что не видели скрытых слов-праймов, но и объективно были не в состоянии определить их смысл или эмоциональную нагруженность, а все их догадки оставались на уровне статистической погрешности. Более того, успешность этих догадок никак не коррелировала со степенью восприятия праймов, которую демонстрировал участник. Эффект прайминга демонстрировала отнюдь не только та небольшая доля людей, которые могли разглядеть слова-праймы. Наконец-то ученые смогли наглядно показать, что эмоциональное значение может быть активировано без помощи сознания.

Или не может? Статья о результатах эксперимента удовлетворила даже строгих редакторов журнала *Science*, но сам Тони Гринвальд отнесся к собственной работе критически и несколько лет спустя вместе со своим студентом Ричардом Абрамсом разработал альтернативную интерпретацию своего же эксперимента⁴⁷. Он отметил, что в ходе эксперимента использовалось лишь небольшое количество слов и они повторялись снова и снова. Что, если, предположил Гринвальд, участники реагировали на одни и те же слова так часто, да еще в условиях ограниченного времени, что в конце концов стали ассоциировать с той или иной категорией сами буквы, а не значение слова, минуя его осмысление. Объяснение нельзя было назвать абсурдным, потому что в эксперименте, о котором напечатали статью в *Science*, испытуемые раз за разом видели одни и те же слова в качестве праймов и в качестве целей и неизменно классифицировали их в

соответствии с одними и теми же правилами. Гринвальд понял, что после того, как человек двадцать раз относил слово «радость» к числу положительных, его мозг мог попросту выстроить внесемантический маршрут, увязывающий бессмысленный набор букв «р-а-д-о-с-т-ь» с ответом «положительное»⁴⁸.

И что же — догадка Гринвальда оказалась верна: в его эксперименте праймы оставались ниже порога сознания, но испытуемые не воспринимали их смысла. Для начала Гринвальд показал, что с таким же успехом можно использовать вместо обычных слов слова с переставленными буквами, и «дасторь» в качестве прайма сработает не менее эффективно, чем «радость». Потом Гринвальд принялся кропотливо подбирать слова так, чтобы скрытые праймы походили на слова, которые человек видел и осознавал. Важнейшим стал эксперимент, в ходе которого участникам показывали видимые слова tulip (тюльпан) и humor (юмор), которые они называли позитивными. Затем Гринвальд взял по кусочку от каждого слова и составил из них tumor (опухоль), но это слово показывал только в качестве прайма.

Результат был удивительный: отрицательно окрашенное слово «опухоль» вызывало положительный отклик. Мозг участников подсознательно относил слово tumor к той же группе, что и tulip и humor, из которых оно было составлено, — и это при том, что их значения не имели между собой ничего общего. Вот оно, решающее доказательство: прайминг опирается всего лишь на ассоциацию того или иного набора букв с соответствующим откликом. В ходе эксперимента Гринвальда было затронуто бессознательное восприятие, но реальное значение слов практически не имело значения. Как минимум в условиях эксперимента бессознательная обработка слов была не слишком глубокой, и, вместо того чтобы разбираться в значении слова, человек просто выстраивал связь между буквами и реакциями.

Так Энтони Гринвальд доказал, что предложенная им в статье для *Science* семантическая интерпретация была ошибочной.

Арифметика без помощи сознания

В 1998 году тайна бессознательной семантической обработки информации никак не желала даваться в руки, но мы с коллегами сообразили, что, пожалуй, эксперименты Гринвальда нельзя считать концом истории. У этих экспериментов была необычная отличительная черта: участники должны были давать ответ строго через 400 миллисекунд, то есть слишком быстро, чтобы успеть определить значение такого редкого слова, как *тупог*. В такие сжатые сроки мозг успевал разве что ассоциировать буквы с моторной реакцией, но что, если, имея достаточно времени, он сможет бессознательно проанализировать смысл слова? И тогда мы с Лайонелом Наккашем взяли за эксперименты, которые должны были явственно доказать возможность неосознанной активации смысла слова⁴⁹.

Для наиболее эффективного использования подсознательных механизмов мы выбрали простейшую категорию осмысленных слов, а именно числа. Числа до девяти обладают целым рядом отличительных черт: они представляют собой короткие слова, часто встречаются в речи, хорошо всем знакомы, зазубрены с детства и имеют абсолютно прозрачное значение. Число можно записать очень компактно, с помощью одной цифры. В ходе эксперимента мы быстро показывали цифры 1, 4, 6 и 9, а перед ними и после них шли цепочки случайно выбранных букв, благодаря которым цифры становились совершенно невидимы. Сразу же после просмотра мы показывали еще одну цифру, которую участник мог хорошо разглядеть.

Участникам были даны самые простые инструкции: пожалуйста, скажите нам так быстро, как только сможете, было ли увиденное вами число больше или меньше пяти. Участники не знали, что среди букв спрятана цифра; проведя еще один блок уже после окончания эксперимента, мы доказали, что даже когда они знали, что цифра есть, то не могли определить, больше она или меньше пяти. Тем не менее невидимые цифры вызвали эффект семантического прайминга. Когда они совпадали с целью (то есть и прайм, и цель были больше пяти), участники отвечали быстрее, чем в случае, когда совпадения не было (например, одно число было больше пяти, а другое — меньше). Так, показанная ниже порога восприятия цифра 9 ускоряла ответ в случае, если за ней шла цифра от 9 до 6, но замедляла его, если шедшая за ней цифра была от 4 до 1.

С помощью технологии нейровизуализации мы проследили за действием этого эффекта на уровне коры головного мозга. Наблюдалось очень слабое возбуждение моторной коры, управлявшей рукой, которой следовало нажать на рычаг при правильной реакции на невидимый стимул. Бессознательно полученный ответ проходил через мозг от места восприятия импульсов до участков, отвечающих за контроль моторики (рис. 11). Подобный эффект мог возникнуть лишь вследствие бессознательной категоризации значения невидимых слов или цифр.

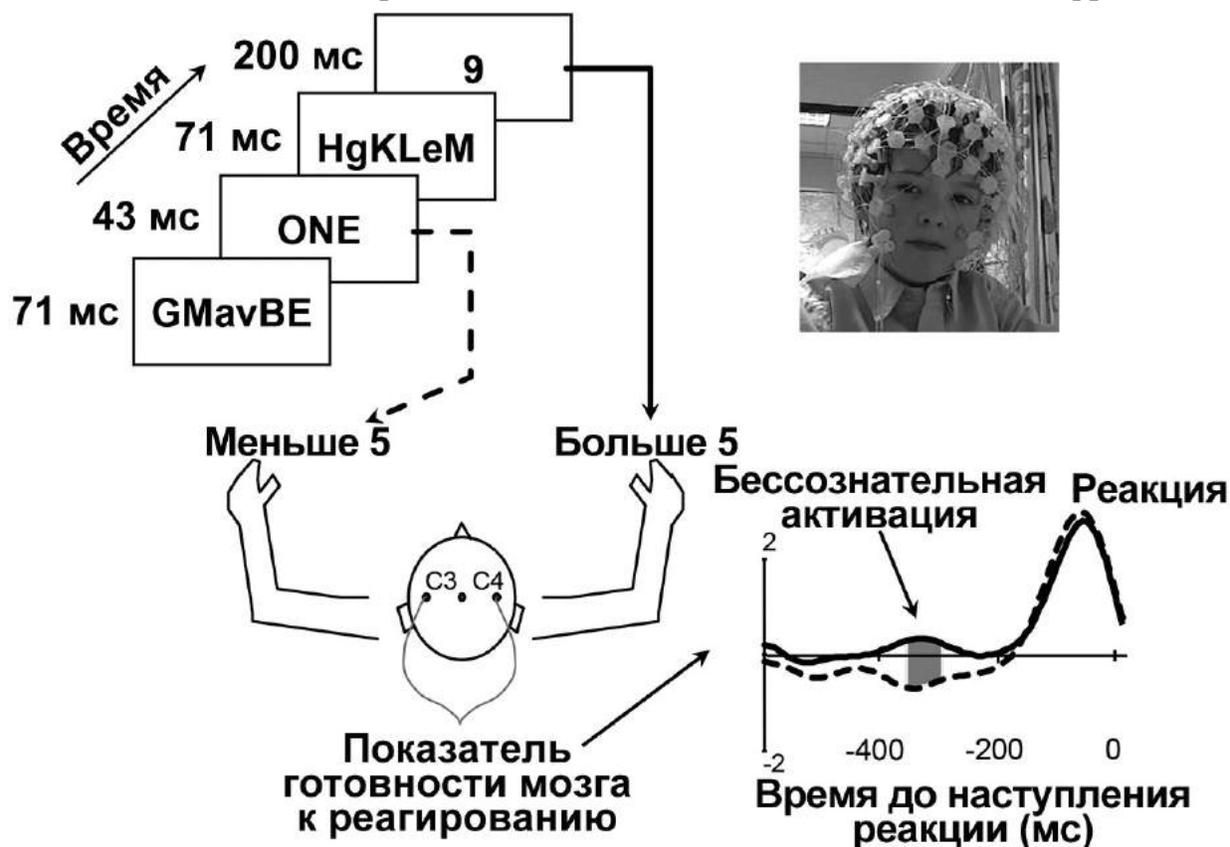


Рисунок 11. Наша моторная кора может подготовить ответ на стимул, которого мы не видим. В этом эксперименте волонтера попросили определить, будет ли показанное число больше или меньше пяти. В данном примере видимой целью является цифра 9. Сразу перед ней было продемонстрировано скрытое число (слово ONE — «один»). Хотя скрытое число осталось невидимым, оно все же вызвало некоторую неосознаваемую активность в моторной коре, отвечающей за ту руку, которая должна была реагировать на числа меньше пяти. Следовательно, невидимый символ может быть замечен, обработан в соответствии с произвольными инструкциями и может достичь моторной коры

Последним гвоздем, забитым в гроб скептиков, стал еще один эксперимент. Наблюдаемый нами эффект сублиминальной обработки не зависел от того, как именно были записаны числа: перед цифрой 4 могло идти слово «четыре», а могла — такая же цифра; следовательно, весь наблюдаемый эффект имел место на уровне абстрактных смыслов. Позже мы показали, что прайминг был особенно силен, когда в качестве прайма использовалась невидимая цифра, то есть зримый символ числа, а в качестве цели — число, написанное буквами, то есть так, как мы его произносим⁵⁰.

Эффект, который мы наблюдали в первом эксперименте, мог возникнуть вследствие прямой ассоциации между визуальными образами и реакцией на них — та же самая проблема свела на нет эксперименты Гринвальда с эмоционально насыщенными словами. Но использование в эксперименте с сублиминальным праймингом цифр позволило нам избежать аналогичной критики. Мы доказали, что никто из участников эксперимента не видел спрятанных чисел, однако семантический прайминг при этом все же произошел⁵¹. Проследив за активацией мозга с помощью функциональной магнитно-резонансной томограммы, мы даже получили непосредственное доказательство того, что на распознающие числа отделы мозга, а именно на левую и правую теменные доли, оказывают воздействие даже невидимые цифры⁵². Эти отделы занимаются преобразованием чисел в численные значения⁵³; считается, что расположенные в них нейроны настроены на конкретные числа⁵⁴. В ходе сублиминального прайминга активность этих отделов падала всякий раз, когда одно и то же число повторялось дважды (например, «девять» и «9»). Это классическое явление, известное как «подавление повтором» или «адаптация» и означающее, что нейроны распознают повторную демонстрацию одного и того же предмета. Можно предположить, что нейроны, отвечающие за кодирование количественных данных, стали привыкать к двукратному восприятию одного и того же числа, пусть даже в первый раз оно было воспринято неосознанно. Стало очевидно: высшие области мозга распознавали значение чисел и могли включаться в работу без участия сознания.

И наконец, наши коллеги продемонстрировали, что эффект прайминга цифры непосредственно зависит от степени приближенности цифр друг к другу⁵⁵. Наиболее сильный эффект наблюдается при повторе одной и той же цифры (например, сублиминальное «четыре» и за ним «4»). При демонстрации соседних цифр эффект несколько ослабевает («три» и за ним

«4»), при разнице в две единицы становится еще слабее («два» и «4»), и т.д. Этот эффект семантического расстояния явственно говорит о факте распознавания значения чисел и возможен лишь в том случае, если мозг участника фиксирует, что четыре ближе к трем, чем к двум или к одному, — а это уже отчетливо свидетельствует в пользу гипотезы о бессознательном определении значения числа.

Сочетание концепций без участия сознания

Скептики держались из последних сил, признавая наш эксперимент, но утверждая при этом, что числа — это особая статья, совсем крошечный набор слов, с которыми взрослый человек имеет дело постоянно. Неудивительно поэтому, что мы способны автоматически распознавать числа. Если бы мы взяли другие слова, дело обстояло бы совершенно иначе — мозг не смог бы распознать их значение без помощи сознания. Однако и этот последний бастион рухнул, когда ученые с помощью аналогичных методов прайминга доказали наличие эффекта семантического совпадения невидимых слов, не имеющих отношения к цифрам⁵⁶. Так, например, испытуемый быстрее отнесет целевое слово «пианино» к категории предметов, а не животных, если перед этим ему продемонстрируют сублиминальное слово «стол» из той же категории, и медленнее, если показано будет слово «кот» из другой категории, — и все это при том, что праймы на протяжении всего эксперимента будут оставаться невидимы.

Изображения мозга вполне соответствуют выводам ученых-когнитивистов. Записи мозговой активности ясно показывают, что задействованные при семантической обработке области мозга могут возбуждаться без участия сознания. В ходе одного из исследований мы с коллегами воспользовались электродами, которые имплантировали глубоко в мозг, в подкорковые структуры, отвечающие за обработку эмоций⁵⁷. Конечно, в эксперименте участвовали не здоровые волонтеры, а пациенты с эпилепсией — во многих больницах мира для них принята стандартная процедура глубокого вживления электродов, с помощью которых врачи выявляют источник эпилептических разрядов, чтобы затем удалить пораженные ткани. При согласии пациента между припадками вживленные электроды могут быть использованы в научных целях. Через них мы можем проследить за работой небольшого участка мозга, а иногда даже уловить импульс, поступающий от одного-единственного нейрона.

В данном конкретном случае электроды были введены глубоко в миндалевидное тело — связанную с эмоциями область мозга. Миндалевидное тело реагирует на разнообразные путающие явления — от змей и пауков до страшной музыки и незнакомых лиц, и запустить реакцию может даже сублиминальное изображение змеи или лица⁵⁸. Мы задались вопросом — активируется ли эта область в ответ на демонстрацию какого-

нибудь страшного слова ниже порога восприятия? Мы стали показывать (в течение невероятно короткого времени) такие тревожные слова, как «насилие», «опасность», «яд», и, к нашему величайшему удивлению, возник электрический сигнал, который не наблюдался при демонстрации таких слов, как «плита» или «соната». Миндалевидное тело «разглядело» слова, которых сам человек не видел.

Реакция наступала удивительно медленно: подсознательное воздействие слова на эмоции происходило спустя полсекунды, а то и позже. При этом активация происходила без какого-либо участия сознания: когда миндалевидное тело выдавало реакцию, участник утверждал, что не видел никакого слова и не мог догадаться о его значении. Следовательно, записанное слово медленно проникло в мозг, было распознано и даже понято, и все — без помощи сознания.

Миндалевидное тело не является частью коры головного мозга, поэтому можно сказать, что оно находится на особом положении и больше способно к автоматической работе. А если взять участки коры, отвечающие за понимание речи, — отреагируют ли они на подсознательно воспринятый смысл слова? Эксперименты показали, что отреагируют. Исследователям помогла корковая волна, возникающая как реакция мозга на неожиданное значение. «На завтрак я пью кофе с молоком и носками» — стоит вам прочесть это дурацкое предложение, как несуразный смысл последнего слова запускает у вас в голове особую мозговую волну под названием N400 (N — из-за рисунка волны, с отрицательным напряжением в верхней части головы, а 400 означает максимальную задержку, составляющую примерно 400 миллисекунд после появления слова).

Волна N400 служит признаком сложного процесса оценки соответствия определенного слова контексту. Размеры волны прямо зависят от степени абсурдности предложения: если слово с натяжкой, но все же годится, волна N400 будет совсем маленькой, а если окажется совершенно неподходящим, то и волна будет больше. Примечательно, что все это происходит и тогда, когда мы не видим самого слова — например, оно спрятано с помощью маски⁵⁹ или мы не обращаем на него внимания⁶⁰. Сеть нейронов в височной доле не только автоматически определяет значения невидимых слов, но и проверяет их на совместимость с попавшим в сознание контекстом.

Не так давно мы с Саймоном ван Гаалом доказали даже, что волна N400 может возникать в ответ на неосознанную комбинацию слов⁶¹. Мы провели эксперимент, в ходе которого показывали два слова, которые были

скрыты с помощью маски и находились ниже порога сознания. Сочетания слов были подобраны так, чтобы их смысл был предельно ясен: «несчастливая», «очень счастливая», «негрустная», «очень грустная». Сразу же после сублиминальных слов испытуемому показывали положительно или отрицательно окрашенное слово (например, «война» или «любовь»). Интересно, что волна N400, возникавшая после демонстрации этого осознанно воспринимаемого слова, зависела от общего контекста, в том числе и воспринятого бессознательно. Мало того что N400 была больше, если слову «война» предшествовало противоположное ему по смыслу слово «счастливая» — эффект усиливался или ослабевал за счет усилительного «очень» или отрицания «не». Мозг бессознательно регистрировал несоответствие смыслов в словосочетании «очень счастливая война», зато «несчастливая война» или «очень грустная война» казались ему вполне подходящими вариантами. На сегодняшний день этот эксперимент ближе всех подводит нас к доказательству того, что мозг способен бессознательно обрабатывать синтаксические связи и значения слов в правильно построенном словосочетании⁶².

Самым, пожалуй, удивительным аспектом этих экспериментов следует считать тот факт, что размеры волны N400 остаются одинаковы независимо от того, воспринимает ли человек слова осознанно или же не видит их вообще. Выводов из этого можно сделать миллион. Выходит, в некоторых случаях для семантического анализа сознание не обязательно — мозг может производить все те же точные операции вплоть до смыслового уровня, независимо от того, знаем мы о том, что это происходит, или нет. Кроме того, получается, что бессознательные стимулы далеко не всегда пробуждают в мозгу лишь минимальную активность. Стимул может быть невидим, но возникшая в результате мозговая деятельность будет весьма интенсивной.

Мы пришли к следующему выводу: невидимое слово способно полноценно и масштабно активировать смысловые цепочки в мозгу, но с одной важной оговоркой. Точная реконструкция источников семантических мозговых волн показывает, что бессознательная активность затрагивает лишь ограниченное количество особых цепочек в мозгу. Во время бессознательной обработки вся работа идет в пределах левой височной доли — участка, где находятся языковые области, занимающиеся обработкой значений⁶³. Осознанно воспринимаемые слова, как мы увидим позже, наоборот, запускают работу более обширных цепочек в лобных долях — эти цепочки отвечают за особое субъективное чувство, которое мы

описываем как «держу слово в голове». Следовательно, бессознательно воспринятые слова влияют на мозг слабее, чем воспринимаемые сознательно.

Внимание без сознания

Факт, что слово или цифра могут проникнуть в мозг, повлиять на наши суждения, затронуть речевые области и при этом остаться невидимыми, для многих когнитивистов стало откровением. Мы недооценивали возможности бессознательного. Догадки не помогут: мы не знаем, какие когнитивные процессы идут осознанно, а какие — неосознанно. Вопрос получается чисто эмпирический: нужно тщательно разобрать на составляющие каждую функцию разума одну за другой и понять, какие из этих составляющих сообщаются с сознанием, а какие — нет. Единственный способ узнать это — провести ряд тщательных экспериментов; а впрочем, спасибо техникам маскировки, моргания внимания и тому подобным, ведь с их помощью мы можем без труда исследовать глубины и границы бессознательной обработки данных.

В последние десять лет мы получили массу новых данных, серьезно повлиявших на наши представления о бессознательной стороне человеческого разума. Взять хотя бы внимание — что может теснее быть связано с сознанием, чем способность реагировать на стимулы? Ролик с гориллой, который отснял Дэн Саймонс, и бесчисленное множество других примеров слепоты невнимания ясно показывают, что человек может не заметить внешний стимул, если не сконцентрирует на нем свое внимание. В случае если конкурирующих между собой стимулов много, внимание становится воротами, в которые необходимо пройти для того, чтобы получить доступ в сознательный опыт⁶⁴. Как минимум в этом случае для сознания необходимо внимание. А утверждать обратное будет, как это ни странно, ошибкой: последние эксперименты показывают, что наше внимание способно работать без помощи сознания⁶⁵.

Было бы неправильно, если бы для внимания требовалась непременно осознанность. Роль внимания, как подметил Уильям Джеймс, заключается в том, чтобы выбрать «один объект или одну цепочку мыслей из нескольких». Если бы мозгу все время приходилось отвлекаться на десятки или даже сотни разнообразных мыслей, осознанно рассматривать каждую из них, а потом решать, какую выбрать для дальнейшего рассмотрения, работал бы этот мозг тогда крайне неэффективно. Решения о том, что важно и что следует рассмотреть в подробностях, должны принимать автоматические процессы, которые протекают скрытно и часто одновременно. Стоит ли удивляться тому, что прожектором нашего

внимания управляет армия лишенных сознания рабочих, которые тихо просеивают горы пустой породы и кричат нам о находке, лишь когда наткнутся на золото?

Эксперименты последних лет один за другим показывают нам, как работает избирательное внимание без участия сознания. Допустим, мы позволяем вам краем глаза взглянуть на некий стимул, причем показываем его так быстро, что вы не успеваете его увидеть. Несколько экспериментаторов доказали, что вы воспримете стимул неосознанно, но сама демонстрация при этом может привлечь ваше внимание: вы сконцентрируетесь и в результате станете быстрее и точнее реагировать на другие стимулы, возникающие в той же области, не подозревая при этом о том невидимом сигнале, который привлек ваше внимание⁶⁶. И наоборот: скрытая картинка может замедлить реакцию, если изображенное на ней никак не связано с вашей текущей задачей. Интересно, что этот эффект выражен сильнее, если отвлекающий стимул не переходит порога сознания и остается невидим: когда мы сознаем, что нечто нас отвлекает, мы можем волевым усилием исключить это из сферы своего внимания, в то время как неосознаваемый фактор нам неподконтролен и может действовать на всю катушку⁶⁷.

Все мы знаем, что громкие звуки, мигание света и прочие неожиданные сенсорные воздействия прекрасно оттягивают на себя наше внимание. Как бы мы ни старались их не замечать, они все равно проникают во внутренний круг нашего сознания. Но почему? Отчасти в этом повинны механизмы тревожности, заставляющие нас следить за возможными опасностями вокруг. Совсем отключаться от реальности опасно, даже если мы с головой уходим в заполнение налоговой декларации или в любимую игру. Нужно, чтобы мы могли оторваться от текущих мыслей, если ощутим какой-нибудь неожиданный стимул, например, кто-то крикнет или позовет нас по имени; вот поэтому фильтр «избирательного внимания» и должен постоянно находиться за пределами нашего сознания, решая, какая входящая информация заслуживает того, чтобы тратить на нее ресурсы мозга. Бессознательное внимание — как сторожевой пес, вечно начеку.

Долгое время психологи считали, что мы способны бессознательно управлять только механическими и простейшими процессами. Описывая бессознательную обработку информации, психологи использовали излюбленную метафору «распространяющегося возбуждения»: волну, которая начинается со стимула и пассивно распространяется по цепочкам

нейронов в мозгу. Невидимое прайм-изображение последовательно проходит все зрительные участки мозга, затем запускаются процессы распознавания, осмысления и моторного программирования, и все это — само собой, без всякого желания, намерения или внимания со стороны самого человека. Поэтому считалось, что результаты сублиминальных экспериментов не зависят от стратегий и ожиданий участников опыта⁶⁸.

Каково же было всеобщее удивление, когда наши эксперименты пошатнули эту уверенность. Мы доказали, что сублиминальный прайминг не является пассивным процессом, идущим снизу вверх и происходящим независимо от внимания и инструкций. На самом деле, даже то, будет ли бессознательный стимул обработан или нет, зависит от нашего внимания⁶⁹. Сублиминальный прайм, показанный в неожиданное время или в неожиданном месте, практически никак не влияет на последующую цель. Даже простой эффект повтора — усиление реакции в случае, если после слова «радио» будет снова показано «радио», — и тот зависит от того, сколько внимания участник обращал на эти стимулы. Концентрируя внимание, мы создаем ресурс, усиливающий мозговые волны, которые возбуждены присутствующим в данное время и в данном месте стимулом. Примечательно, что бессознательные стимулы выигрывают от этого луча внимания так же, как сознательные. Иными словами, внимание может усиливать визуальный стимул, но сам он все равно будет слишком слаб и не достигнет до нашего сознания.

На бессознательное внимание может повлиять даже сознательное намерение. Представьте себе, что вам показывают геометрические фигуры и просят удалить с экрана квадраты и оставить круги. В основном эксперименте квадраты появляются справа, а круги — слева, но видеть их вы не можете, потому что они скрыты маской. Вы не знаете, с какой стороны находятся квадраты, поэтому жмете на клавишу случайным образом. Но маркер активации теменной доли N2pc свидетельствует о том, что ваше внимание бессознательно переключается на нужную сторону⁷⁰. Ваш взгляд снова и снова обращается в сторону верной цели, даже если она совершенно невидима и даже если вы в конце концов выбираете неправильный ответ. Точно так же обстоит дело с морганием внимания: если вам продемонстрируют последовательность букв, символ, который вам велено искать, вызовет значительно большую активность мозга, даже если вы этот символ не заметите⁷¹. В подобных экспериментах внимание участника бессознательно просеивает геометрические фигуры и отбирает необходимые, хотя целевой стимул так и не поступает в сознательное

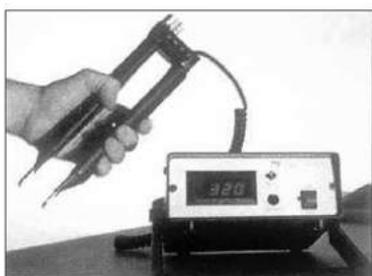
восприятие.

Сколько стоит неосознаваемая монета

Каким образом внимание производит отбор важных символов? Самое важное в процессе отбора — то, что каждому потенциальному объекту внимания присваивается определенная ценность. Животное не выживет, если не будет уметь очень быстро присваивать положительную или отрицательную ценность всему, что встретится на его пути. Остановиться или идти дальше? Приблизиться или бежать? Это вкусная еда или отравленная приманка? Оценка — это особый процесс, выполняемый развитыми нейронными сетями в группе ядер, называемых базальные ганглии, или базальные ядра (они так называются потому, что расположены у основания мозга). Как вы уже, наверное, догадались, они тоже могут работать без участия сознательного восприятия, и оценивают все, вплоть до того, что имеет чисто символическую ценность, — например, денег.

В ходе одного эксперимента участникам показывали сублиминальное изображение монеты в одно пенни или монеты в фунт стерлингов (рис. 12)⁷². Участник должен был изо всех сил сжимать рукоятку — если бы он смог выжать определенное усилие, он заработал бы эту монету. В начале исследования ему показывали изображение монеты, которую он получит в качестве вознаграждения, причем порой изображения показывали слишком быстро, и участник не воспринимал их сознательно. Испытуемые утверждали, что не видели какой бы то ни было монеты, но жали ручку сильнее, когда в качестве награды их ожидал фунт стерлингов. Более того, при перспективе получения фунта ладони у испытуемых потели, так как они предвкушали неосознанную награду — и участки мозга, связанные с вознаграждением, возбуждались снова и снова. Сами испытуемые при этом никак не могли объяснить своего поведения в ходе экспериментов и понятия не имели о том, что их мотивация стала объектом стимуляций на подсознательном уровне.

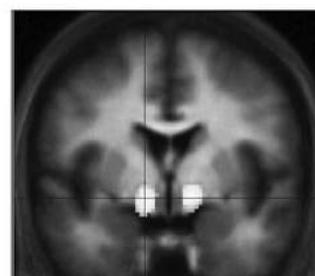
Сублиминальный стимул



Бессознательное управление силой



Бессознательное предугадывание



Бессознательная активация цепочек, отвечающих за вознаграждение

Рисунок 12. Повлиять на нашу реакцию может даже стимул, которого мы не осознаем. В этом эксперименте участникам было предложено как можно сильнее сжимать рукоять, чтобы затем получить вознаграждение. Когда на мимолетно продемонстрированном изображении в качестве вознаграждения был показан фунт стерлингов, люди давили сильнее, чем когда им показывали одно пенни. Реакция эта сохранялась, даже когда исследователи замаскировали изображение, чтобы испытуемые не знали, о какой сумме идет речь. У участников происходила бессознательная предварительная активация цепочек, отвечающих за вознаграждение, а в предвкушении выигрыша даже потели ладони. Как мы видим, на цепочки мотивации, эмоций и вознаграждения влияют даже те образы, которые мы

не воспринимаем сознательно

В другом исследовании ценность подсознательно предъявляемого стимула заранее была неизвестна, однако участники очевидным образом усваивали ее в процессе эксперимента⁷³. Увидев «сигнал», участник должен был догадаться, следует ему нажимать кнопку или нет. После каждой попытки ему сообщали, что он заработал или потерял деньги, поскольку нажал или не нажал на кнопку. Участник не знал, что после сигнала ему показывали сублиминальное изображение геометрической фигуры, указывавшее на правильный ответ: одна фигура означала «нажимай», другая — «не нажимай», а третья имела нейтральное значение, и с ее появлением любая реакция вознаграждалась с вероятностью 50 процентов.

После нескольких минут этой игры участники необъяснимым образом начинали давать больше правильных реакций. Они по-прежнему не видели скрытых фигур, появлявшихся после сигнала, но при этом «набивали руку» и принимались выигрывать довольно большие суммы. К делу подключалась бессознательная система оценки: фигура, означавшая «нажимай», превращалась в триггер, заставляющий человека нажать на ручку, а фигура, означавшая «не нажимай», заставляла его от нажатия воздерживаться. На изображении мозга было видно, что соответствующее значение каждой фигуре присваивает особый отдел базальных ядер, а именно вентральный стриатум. Вкратце говоря, символы, пусть и невидимые, все равно обретали для участника собственное значение: один воспринимался как отталкивающий, другой — как притягательный, и оба таким образом влияли на конкуренцию за внимание и действие.

Результат экспериментов очевиден: наш мозг имеет целый ряд эффективных подсознательных механизмов, которые постоянно следят за окружающим миром и определяют ценность увиденного, с тем чтобы воздействовать на наше внимание и ход мысли. Усилиями этих сублиминальных механизмов постоянно бомбардирующие нас аморфные стимулы преобразуются в спектр возможностей, тщательно отобранных в соответствии с их актуальностью для текущих целей. Только самые актуальные из них достигают нашего внимания и имеют шанс попасть в сознание. В глубине за пределами сознания наш мозг бессознательно и непрерывно оценивает потенциальные возможности, и потому основным местом деятельности нашего внимания является сублиминальное.

Математика без участия сознания

Обязательной предпосылкой к любому прозрению в области психической жизни человека является несогласие с завышенной оценкой качеств сознания.

Зигмунд Фрейд. Толкование сновидений, 1900

Фрейд был прав: сознание постоянно переоценивают. Возьмем простой трюизм: мы сознаем лишь осознанные наши мысли. О том, что происходит вне сферы сознания, мы не знаем и потому постоянно преувеличиваем роль, которую сознание играет в нашей физической и умственной жизни. Забывая о великой силе бессознательного, мы слишком часто объясняем свои действия сознательными решениями и ошибочно считаем сознание главной движущей силой нашей повседневной жизни. Говоря словами принстонского психолога Джулиана Джейнса, «на долю сознания приходится значительно меньшая часть нашей психической жизни, нежели принято считать, поскольку мы не можем осознавать то, что не осознаем»⁷⁴. Перефразируя причудливо закольцованный закон Дугласа Хофштадтера о программировании («Работа всегда отнимает больше времени, чем запланировано, даже если при планировании учитывается закон Хофштадтера»), можно даже возвести это утверждение в ранг общего закона:

«Мы переоцениваем собственную осознанность всегда, и даже в тех случаях, когда сознаем зияющие в ней прорехи».

А следовательно, мы серьезно недооцениваем объемы информации, которые получаем посредством зрения, речи и внимания за пределами сознания. А что, если бессознательно протекают даже некоторые виды умственной деятельности из тех, которые, по нашему мнению, непременно сопряжены с сознанием? Возьмем математику. Один из величайших математиков человечества Анри Пуанкаре оставил нам описание нескольких курьезных случаев, в которых всю работу его мозг проделывал бессознательно:

«В эту пору я покинул Кан, где я тогда жил, чтобы принять участие в геологической экскурсии, организованной Горным

институтом. Среди дорожных перипетий я забыл о своих математических работах; по прибытии в Кутанс мы взяли омнибус для прогулки; и вот в тот момент, когда я заносил ногу на ступеньку омнибуса, мне пришла в голову идея — хотя мои предыдущие мысли не имели с нею ничего общего, — что те преобразования, которыми я воспользовался для определения фуксовых функций, тождественны преобразованиям неевклидовой геометрии. Я не проверил эту идею; для этого я не имел времени, так как, едва усевшись в омнибус, я возобновил начатый разговор, тем не менее я сразу почувствовал полную уверенность в правильности идеи. Возвратясь в Кан, я сделал проверку; идея оказалась правильной».

И далее:

«Вслед затем я занялся некоторыми вопросами арифметики, по-видимому без особенного успеха; мне и в голову не приходило, что эти вопросы могут иметь хотя бы самое отдаленное отношение к моим предыдущим исследованиям. Раздосадованный неудачей, я решил провести несколько дней на берегу моря и стал думать о совершенно других вещах. Однажды, когда я бродил по прибрежным скалам, мне пришла в голову мысль, опять-таки с теми же характерными признаками: краткостью, внезапностью и непосредственной уверенностью в ее истинности, что арифметические преобразования неопределенных квадратичных трехчленов тождественны с преобразованиями неевклидовой геометрии». (Перевод Т.Д. Блохинцевой, А.С. Шибанова.)

А вот две истории от Жака Адамара, всемирно известного математика, написавшего интереснейшую книгу о том, как работает мозг математика⁷⁵. Адамар разбил процесс математического открытия на четыре последовательных этапа: подготовка, инкубация, озарение и верификация. Подготовкой называется вся подготовительная работа, осознанное и целенаправленное изучение задачи. К сожалению, такого рода лобовая атака нередко не приносит плодов, но не беда, ведь она подключает к работе бессознательное. Наступает этап инкубации — незаметно для нас мозг крутит мысль так и сяк, бросает массу сил на решение задачи, но не выказывает никаких видимых признаков активной деятельности. Процесс

инкубации проходил бы совершенно незамеченным, если бы не его результаты. Человек хорошенько выспался или отдохнул на прогулке — и тут внезапно наступает третий этап, озарение: решение встает перед математиком во всей красе и завладевает его сознанием. Чаще всего решение оказывается верным, однако для того, чтобы упорядочить и расставить по местам все детали, требуется четвертый этап — медленная и напряженная сознательная верификация.

Теория Адамара выглядит весьма соблазнительно, но соответствует ли она действительности? Возможен ли на самом деле подсознательный процесс инкубации? Или же это сказка, которую сочиняют в порыве радости от совершенного открытия? Неужели человек способен решать сложные задачи без помощи сознания? Серьезные исследования в этой области ученые-когнитивисты начали совсем недавно. Антуан Бекара из Университета Айовы придумал на основе азартной игры эксперимент, позволяющий изучать способность человека к протоматематической интуитивной оценке вероятностей и численного ожидания⁷⁶. В ходе эксперимента участнику выдаются четыре колоды карт. На кону 2000 долларов (фальшивыми купюрами: психологи — люди небогатые). Перевернув карту, участник видит на ней положительное или отрицательное сообщение (например, «вы выиграли сто долларов» или «вы проиграли сто долларов»). Чтобы переломить игру в свою пользу, участник может брать карты из любой колоды. Участник не знает, что в двух колодах карты подобраны невыгодным для него образом: поначалу они дают большой выигрыш, но выигрыши очень быстро сменяются большими проигрышами и в долгосрочной перспективе приводят к разорению. В двух других колодах чередуются умеренные выигрыши и проигрыши, и в долгосрочной перспективе использование карт из этих колод приводит к небольшому, но стабильному выигрышу.

Поначалу все участники выбирают колоды случайным образом, однако постепенно начинают осознавать результаты и в конце могут легко сказать, из каких колод карты брать стоит, а из каких — нет. Но Бекара интересовало то, что происходило до осознания. «Досознательный» этап напоминает период инкубации математической идеи: у участника накопилась масса информации обо всех четырех колодах, однако он продолжает брать карты случайным образом и уверяет, что понятия не имеет, что ему делать. Интересно, что перед тем, как участник брал карту из неудачной колоды, у него начинали потеть ладони и электропроводность кожи падала. Этот физиологический маркер деятельности симпатической нервной системы указывает, что мозг человека уже выделил сопряженные с

риском колоды и подает сублиминальный сигнал.

Этот сигнал тревоги, по-видимому, берет свое начало в вентромедиальной префронтальной коре мозга — участке, отвечающем за бессознательную оценку. На изображении мозга отчетливо видно, как этот участок активируется, когда человек делает неудачный выбор, то есть мозг прогнозирует результат выбора⁷⁷. У пациентов с пораженной вентромедиальной префронтальной корой электропроводность кожи остается прежней даже перед тем, как они берут карту из заведомо неудачной колоды, и понижается лишь позже, когда отрицательный результат станет очевиден. В вентромедиальной и орбитофронтальной коре происходит огромное множество процессов оценки, которые постоянно сопровождают нашу деятельность и оценивают ее потенциальную ценность. Исследования Бекара показывают, что деятельность этих областей зачастую происходит за пределами нашего осознанного восприятия. Нам кажется, что мы делаем выбор случайным образом, но на самом деле можем руководствоваться догадками, которых не осознаем.

Правда, догадаться о чем-то — это совсем не то же самое, что решить математическую задачу. Но другой эксперимент, поставленный датчанином Эпом Дийкстеруисом, подводит нас ближе к системе Адамара и позволяет предположить, что наличие неосознаваемого инкубационного периода полезно при решении задач⁷⁸. Датский психолог предлагал студентам задачу, в которой надо было выбрать одну из четырех марок автомобилей, причем марки эти различались максимум по двенадцати параметрам. Участникам давали прочесть условие задачи, после чего половине из них позволяли подумать над решением в течение четырех минут, а другую половину отвлекали от задачи на те же четыре минуты (давали задание правильно расставить буквы в слове). Через четыре минуты все участники должны были дать ответ. Как ни странно, студенты, не имевшие времени на решение, выбирали лучший автомобиль гораздо чаще, нежели те, кто решал задачу осознанно (60 процентов против 22 процентов — очень серьезная разница, если учесть, что при случайном выборе решение было бы верно в 25 процентах случаев). Эксперимент повторили еще несколько раз в самой рутинной обстановке, например в магазине ИКЕА. Выяснилось, что через несколько недель после посещения магазина покупатели, сообщавшие, что делали выбор крайне осознанно, были менее довольны своими покупками, чем те, кто выбирал импульсивно и без особых рассуждений.

Эксперимент этот, правда, не вполне соответствует строгим критериям

полностью бессознательной обработки данных (неизвестно, удалось ли полностью отвлечь студентов от размышлений над задачей), и все же он весьма показателен: в некоторых случаях более эффективное решение задачи может быть получено не за счет целенаправленных сознательных усилий, а за счет работы на самом краю бессознательного. Не так уж и ошибаются те, кто считает, что с проблемой полезно переспать или что бездумное отмокание в душе может вылиться в сногсшибательное открытие.

Значит ли это, что наше бессознательное может решать задачи любого рода? Или, может быть (и это более вероятно), есть особый род задач, которые особенно успешно решаются с помощью подсознательной догадки? Интересно, что Бекара и Дийкстеруис предлагали своим подопытным задачи одного и того же типа: и в том и в другом случае участники должны были оценить ряд параметров. В эксперименте Бекара они тщательно взвешивали выигрыш и проигрыш, связанные с каждой из колод. В эксперименте Дийкстеруиса они выбирали машину, руководствуясь при этом средневзвешенным значением по двенадцати критериям. Если решения такого рода принимаются сознательно, рабочей памяти это дается очень нелегко: наше сознание способно удерживать максимум два-три фактора одновременно, и перенапряжение наступает быстро. Возможно, именно поэтому сознательно решавшие задачу участники эксперимента Дийкстеруиса показали не самые лучшие результаты: они переоценивали важность одного-двух параметров и не видели картины в целом. Протекающие же за пределами сознания процессы прекрасно умеют оценивать множество параметров одновременно и с легкостью вычисляют средний результат, решая таким образом задачу.

Подсчет суммы или среднего значения ряда факторов, имеющих положительную или отрицательную ценность, — это, собственно, одна из рутинных задач, которые простейшие цепочки нейронов выполняют без помощи сознания. Обезьяну и ту можно обучить принятию решений, основанных на общей ценности: покажите ей серию произвольно выбранных фигур, и пусть теменные нейроны сами вычисляют результат⁷⁹. Мы с сотрудниками доказали, что человек способен бессознательно производить приблизительные подсчеты со сложением. В ходе одного эксперимента мы показывали испытуемому мгновенно промелькнувшие изображения пяти стрелок и спрашивали, каких было больше — тех, что смотрели направо, или тех, что налево. Стрелки были скрыты с помощью маски, участник эксперимента их не видел, но его просили просто угадать

ответ. И хотя участники считали, что отвечают наобум, на практике они оказывались правы гораздо чаще, чем должны были бы, если бы и впрямь отвечали случайным образом. Сигналы, поступающие из теменной коры, свидетельствовали о том, что их мозг бессознательно подсчитывает примерный результат увиденного⁸⁰. С субъективной точки зрения стрелки были невидимы, и все же их образ проникал в мозг и достигал систем, ведающих оценкой и принятием решений.

В ходе другого эксперимента мы показывали испытуемому восемь чисел, четыре из которых с точки зрения субъективного восприятия были видимы, а еще четыре — нет. Мы просили участников определить, будет ли среднее арифметическое для этих чисел больше или меньше пяти. В среднем ответы были достаточно точными, но что интересно — участники учитывали все восемь предложенных им цифр. Так, если все сознательно воспринятые ими цифры были больше пяти, а скрытые — меньше пяти, участники испытывали неосознанное желание сказать «меньше»⁸¹. Производимые ими для видимых чисел подсчеты среднего арифметического захватывали и те числа, которых они не видели.

Статистика во сне

Ну хорошо, мы можем бессознательно производить простейшие математические действия, в том числе вычислять среднее и сравнивать числа между собой. А как насчет таких творческих задач, как та, которую решил Пуанкаре, стоя на ступеньке омнибуса? Неужели озарение и впрямь может прийти в любую минуту, даже тогда, когда мы меньше всего этого ожидаем и думаем о чем-то ином? Похоже, что может. Наш мозг подобен хитроумной статистической системе, которая отслеживает значимые закономерности в самых, казалось бы, случайных последовательностях. И эти статистические процессы не прекращаются ни на минуту, даже когда мы спим.

Ульрих Вагнер и Ян Борн с коллегами проверили, правы ли ученые, утверждающие, что внезапные озарения часто происходят у них утром, в момент пробуждения, если говорящий при этом хорошо выспался⁸². Чтобы протестировать это утверждение в лабораторных условиях, исследователи предложили подопытным принять участие в заумном математическом эксперименте: опираясь на требующие внимания правила, в уме перевести одну последовательность из семи цифр в другую, тоже семизначную. Участников просили назвать только последнюю цифру итоговой последовательности, но для того, чтобы ее вычислить, требовались длительные подсчеты в уме. Участники не знали, что у проблемы есть более простое решение: итоговая последовательность была симметрична, последние три цифры повторяли собой предыдущие три, но в обратном порядке (например, 4149941), и последняя цифра всегда совпадала со второй по счету. Если бы участники разгадали эту хитрость, они могли бы сэкономить массу сил и времени и прекратить подсчеты после второго знака. В ходе первого теста большинство участников не заметили скрытой закономерности, но вот что странно: если на следующую ночь они успевали хорошо выспаться, то вероятность озарения наутро возрастала в два с лишним раза и многие участники просыпались с готовым решением в голове! Проверка показала, что интервал времени между экспериментом и сном ни на что не влияет; важен лишь сам сон. По-видимому, во сне мозг собирал полученные ранее знания и придавал им более компактную форму.

Из исследований на животных нам известно, что в период сна нейроны гиппокампа и коры головного мозга сохраняют активность. Их сигналы «воспроизводят» те последовательности действий, которые происходили в

предшествовавший сну период бодрствования, но только с повышенной скоростью⁸³. Например, крыса бежит по лабиринту, а затем засыпает; нейроны ее мозга, отвечающие за пространственное кодирование, реактивируются и воспроизводят прежние сигналы так точно, что можно даже разобрать, где именно блуждает сейчас крысиный разум. Правда, сигналы идут гораздо быстрее, чем при бодрствовании, а иногда даже в обратном порядке. Возможно, за счет этого сжатия времени мозг воспринимает все цифры последовательности практически одновременно, и в результате классические механизмы обучения могут вычленивать скрытую в последовательности закономерность. Так или иначе, сну явно сопутствует высокая бессознательная активность мозга, способствующая консолидации памяти и возникновению озарений.

Фокусы сублимального

Все эти лабораторные эксперименты имеют очень мало отношения к тому типу математического мышления, о котором писал Пуанкаре, рассказывая о своем бессознательном исследовании фуксовых функций и неевклидовой геометрии. Но мы подбираемся все ближе и придумываем все новые эксперименты, позволяющие исследовать множество операций, которые человеческий разум способен проделать хотя бы отчасти без участия сознания.

Долгое время считалось, что «центральный управляющий» мозгом — когнитивная система, которая управляет нашей умственной деятельностью, избегает автоматических реакций, распределяет задачи и отслеживает ошибки, — всецело принадлежит сфере сознательного. Однако недавно ученые продемонстрировали, что сложные управленческие функции могут выполняться бессознательно, под влиянием невидимых стимулов.

К этим функциям относится, в частности, наша способность контролировать себя и подавлять автоматические реакции. Представьте, что вам дают задание: производить одно и то же действие, например нажимать на клавишу, всякий раз, когда на экране возникнет изображение, — за исключением тех случаев, когда изображен будет черный диск. При появлении диска нажимать на клавишу ни в коем случае нельзя. Это задание называется «стоп-сигнал». Исследования многократно показали, что способность к подавлению рутинной реакции является отличительным свойством главной управляющей системы мозга. Голландский психолог Симон ван Гааль задался вопросом, требуется ли для сдерживания реакции участие сознания. Смогли бы участники эксперимента воздержаться и не нажать клавишу, если бы стоп-сигнал был сублимальным, то есть находился ниже порога сознания? Удивительно, но — да, такое возможно. Когда участникам мгновенно показали стоп-сигнал, который они могли воспринять только бессознательно, их движения замедлились и в конце концов они вообще отказались реагировать⁸⁴. Причины этого они и не понимали и сами, ведь стимула, заставившего их подавить импульс к действию, они разглядеть не могли. Это открытие показало, что «невидимое» — еще не значит «не поддающееся контролю». Даже невидимый стоп-сигнал может запустить цепочку реакций, которая проникнет глубоко в командные сети, управляющие нашими действиями⁸⁵.

Точно так же, без помощи сознания, мы можем порой замечать

собственные ошибки. Во время эксперимента с движениями глаз всякий раз, когда взгляд участников отклонялся от заданного пути, ошибка активировала центры контроля в передней поясной коре головного мозга даже тогда, когда сам участник не замечал ошибки и утверждал, что ни на миг не отводил глаз от заданной цели⁸⁶. Неосознаваемые сигналы могут даже заставить человека сменить вид деятельности. В эксперименте, в котором испытуемые должны перейти от задачи 1 к задаче 2 тогда, когда увидят сознательно воспринимаемый сигнал, демонстрация этого сигнала ниже уровня осознания замедляла их деятельность и приводила к частичному переключению задачи на уровне коры головного мозга⁸⁷.

В общем, психологи явственно продемонстрировали не только существование сублиминального восприятия, но и возможность бессознательного запуска целого ряда умственных процессов (которые, правда, в большинстве случаев обрываются, не достигнув завершения). Участки мозга, которые, по данным перечисленных в этой главе экспериментов, активируются без участия сознания, изображены на рис. 13. Да, бессознательное знает множество разных кунштюков — от распознавания слов до сложения чисел, от выявления ошибок до решения задач. Но вся эта деятельность происходит очень быстро и одновременно с массой различных стимулов и реакций, и потому нередко остается невидимой для сознания.

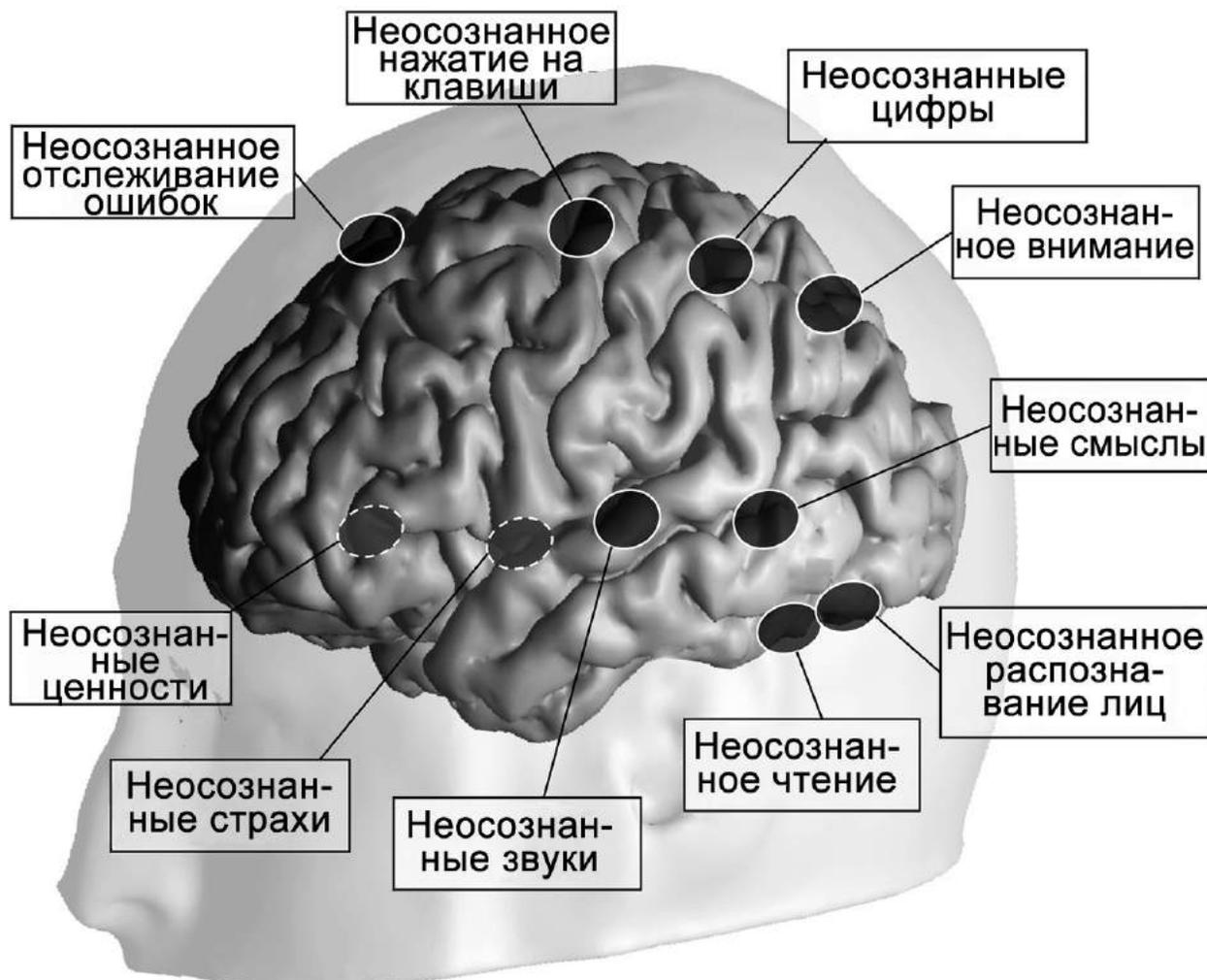


Рисунок 13. Бессознательная деятельность человеческого мозга. На данном рисунке показаны лишь некоторые из множества цепочек, которые активируются, когда мы того не осознаем. Сегодня ученые считают, что практически любой имеющийся в мозгу процессор может работать без участия сознания. Для удобства понимания каждая операция «привязана» к тому участку мозга, где она преобладает, однако следует помнить, что такого рода специализация нейронов основывается на работе всей нейронной цепи. Некоторые бессознательные процессоры нашего мозга находятся в подкорковых структурах (на рисунке — пунктирные овалы) и нередко выполняют функции, которые возникли на самой заре эволюции, например, фиксируют пугающие стимулы, которые предупреждают нас о надвигающейся опасности. Другие процессы задействуют различные участки коры головного мозга. К работе за пределами сознания приспособлены даже высокоуровневые области коры, которые работают с воспринимаемыми извне познаниями из области культуры, например с

чтением или математическими расчетами

Идею превосходства грубой работы бессознательного над медленным сознательным мышлением предвосхитил Анри Пуанкаре в своей работе «Наука и гипотеза» (1902):

«Я» подсознательное нисколько не «ниже», чем «я» сознательное; оно отнюдь не имеет исключительно механического характера, но способно к распознаванию, обладает тактом, чувством изящного; оно умеет выбирать и отгадывать. Да что там! Оно лучше умеет отгадывать, чем «я» сознательное, ибо ему удастся то, перед чем другое «я» оказывается бессильно. Одним словом, не является ли подсознательное «я» чем-то более высшим, чем «я» сознательное?»

Современная наука дает однозначно утвердительный ответ на этот вопрос. Подсознательная деятельность нашего мозга во многих отношениях превосходит возможности его сознательной части. Наше зрение ежесекундно распознает формы и объекты с любого ракурса, выполняя задачи, которые не под силу самым совершенным компьютерным программам. А решая математические задачи, мы всякий раз пользуемся вычислительными ресурсами бессознательного.

Впрочем, увлекаться тоже не стоит. Некоторые когнитивные психологи предполагают даже, что сознание — это не более чем миф, свойство симпатичное, но нефункциональное, примерно как глазурь на торте⁸⁸. По мнению этих психологов, вся умственная деятельность, лежащая в основе наших решений и поступков, совершается бессознательно, а сознание — это не более чем побочный эффект, водитель с заднего сиденья, который внимательно следит за бессознательной деятельностью мозга, но ничего не делает сам. Мы — узники собственной матрицы, наш опыт сознательной жизни иллюзорен, все наши решения принимаются не нами, а идущими в глубине бессознательными процессами.

В следующей главе мы опровергнем эту зомби-теорию. Я считаю, что сознание — это биологическое свойство, развившееся в ходе эволюции потому, что оно было полезно. Следовательно, у сознания должна быть собственная когнитивная ниша, оно должно решать задачу, которая не под силу имеющимся специализированным системам бессознательного.

Пуанкаре со свойственной ему прозорливостью заметил, что, как ни велика сублиминальная мощь мозга, бессознательные шестеренки

математика принимаются крутиться лишь после того, как тот активно возьмется за задачу на сознательном уровне, в фазе инициации. Да и потом, после того как прозвучит «эврика», лишь сознательное мышление сможет аккуратно, шаг за шагом проверить выданные бессознательным результаты. О том же пишет Генри Мур в своей книге «Скульптор говорит» (1937):

«Нелогичная, инстинктивная, подсознательная часть разума в работе [художника] необходима, но не обойтись ему и без сознательной части разума, которая тоже отнюдь не бездействует. Работая, художник вкладывает в свой труд всю свою личность, и сознательная ее часть берет на себя разрешение конфликтов, управляет воспоминаниями и не позволяет творцу идти в две стороны одновременно».

Итак, теперь мы готовы перейти в совершенно особый мир — мир сознания.

3. Зачем нам сознание?

Зачем возникло сознание? Есть ли функции, для выполнения которых требуется только активное сознание? Или же сознание — это не более чем побочный эффект, бесполезная или даже иллюзорная особенность, случайно развившаяся у нашего биологического вида? На самом деле сознание выполняет ряд особых функций, которые не могут быть реализованы силами бессознательного. Информация, которую мы воспринимаем бессознательно, недолговечна, а информация, которую мы воспринимаем сознательно, стабильна, и мы можем хранить ее так долго, как пожелаем. Кроме того, сознание сжимает поступающие данные, сводит обширный поток сенсорной информации к небольшому набору тщательно отобранных компактных символов. Переписанные таким образом данные могут быть отправлены на следующий этап обработки — в итоге мы можем производить и контролировать целые цепочки операций, примерно так же, как это делает компьютер. Передача и распространение информации — крайне важная функция сознания. У людей ее реализации способствует речь — с ее помощью мы распространяем собственные сознательные мысли по сети социальных связей.

Известные нам на сей день особенности распределения сознания указывают на его эффективность.

Уильям Джеймс. Принципы психологии, 1890

Не много было в биологии вопросов, которые вызывали бы такие же ожесточенные споры, как теория финализма, или телеология. Ученые спорили о том, можно ли считать, что органы были созданы или эволюционировали для исполнения некоей конкретной функции («финальной цели», или *telos* (греч. - τέλος). До появления трудов Дарвина финализм был общепринятой теорией, поскольку во всех предметах и явлениях человек усматривал руку Творца. Великий французский анатом Жорж Кювье, рассуждая о функциях различных частей тела, постоянно обращался к телеологии: когти, как он утверждал, существуют для того, чтобы схватить добычу, легкие — для дыхания, а само наличие подобных финальных целей является предпосылкой к существованию организма как

единого целого.

Позже эта картина мира претерпела радикальные изменения — явился Дарвин, считавший, что над природой властвует не преднамеренный расчет, а естественный отбор, никем не направляемая сила, слепо изменяющая биосферу. В картине мира по Дарвину не было места акту целенаправленного божественного творения. Развившиеся в ходе эволюции органы не были созданы для исполнения своих функций; они попросту давали животному репродуктивное преимущество. Столкнувшись со столь революционными взглядами, противники теории эволюции принялись забрасывать Дарвина примерами бесполезных, с их точки зрения, изменений в организме, не дающих никакого преимущества носителю. Зачем, например, павлину такой большой, прямо-таки огромный, неудобный хвост? Зачем природа снабдила вымершего ирландского оленя мегалоцеруса огромными рогами в четыре метра размахом — эти рога были так велики, что считалось даже, будто именно они стали причиной вымирания вида. Дарвин же всякий раз сводил дело к половому отбору: для самцов, конкурирующих за внимание самки, хвосты и рога становятся сложным, пышным, привлекательным доказательством их достоинств как партнера. Урок был ясен: органы тела не имеют изначально заданной им функции, и даже самые неуклюжие творения эволюции могут стать для своих владельцев источником конкурентного преимущества.

В XX веке телеология под натиском синтетической теории эволюции продолжала сдавать позиции. В современном словаре эволюции и развития (evo-devo) сегодня можно найти длинный перечень концепций, которые могут объяснить появление неестественных структур без помощи творца:

- Спонтанное формирование последовательностей. Математик Алан Тьюринг первым описал химические реакции, в ходе которых могут возникать такие упорядоченные структуры, как полосы на шкуре зебры или на коже арбуза¹. У некоторых моллюсков под верхним непрозрачным слоем раковины сами собой образуются сложные пигментированные узоры, явно не несущие никакой практической функции. Эти узоры — побочный результат химических реакций, преследующих совсем иные цели.
- Аллометрические соотношения: когда организм увеличивается в размерах (что само по себе может быть ему выгодно), пропорционально увеличиваются и некоторые его части (хотя это может быть и невыгодно). Огромные рога ирландского оленя вполне могли быть результатом

аллометрических изменений такого рода².

- Пазухи сводов. Умерший недавно гарвардский палеонтолог Стивен Джей Гулд использовал этот термин для описания свойств организма, которые изначально являлись неизбежным побочным результатом его устройства, однако позже могли взять на себя иные функции («надстроиться»)³. В качестве примера можно назвать соски у мужчин — бесполезное, но неизбежное следствие строения организма, приведшего к появлению такого функционального органа, как женская грудь.

Имея в своем распоряжении эти биологические концепции, мы больше не можем считать, что любое биологическое или физиологическое свойство человека, включая сознание, непременно должно нести полезную функцию и повышать успешность человека как вида. Сознание вполне может быть случайной завитушкой, побочным следствием увеличения размера мозга у животного рода *Ното*, или вовсе даже «пазухами сводов», следствием каких-то других, действительно важных изменений. О чем-то похожем догадывался французский писатель Александр Вьяла, шутливо заметивший: «Сознание — как аппендикс, пользы никакой, только болит». В фильме «Быть Джоном Малковичем» (1999) кукольник Крейг Шварц с сожалением говорит о том, как бесполезна интроспекция: «Сознание — страшное проклятие. Я мыслю. Я чувствую. Я страдаю. А взамен прошу лишь возможности делать свое дело».

Неужели сознание и впрямь лишь побочный фактор, наподобие рева реактивного двигателя: бесполезное, неприятное, но неизбежное следствие работы мозговой механики, порожденное самим ее устройством? К этому пессимистичному взгляду отчетливо тяготеет британский психолог Макс Вельманс. По его мнению, все наши многочисленные и разнообразные когнитивные функции совершенно не зависят от сознания — мы их, конечно, осознаем, но, даже будь мы зомби, функции эти все равно исполнялись бы ничуть не хуже⁴. Популярный датский писатель и ученый Тор Норретрандерс придумал термин «иллюзия пользователя» — так он называет ощущение контроля над происходящим, ощущение, которое вполне может быть ошибочным: ведь все наши решения, по мнению Норретрандерса, исходят из бессознательных источников⁵. С ним согласны многие другие психологи: сознание — тот самый пресловутый водитель с заднего сиденья, бесполезный наблюдатель, следящий за тем, что ему неподвластно⁶.

Однако в этой книге я намерен пойти по иному пути и исследовать «функциональный», как говорят философы, взгляд на сознание. Сторонники этого подхода исходят из утверждения, что сознание приносит пользу. Сознательное восприятие преобразует входящую информацию во внутренний код, который может быть обработан различными сложными способами. Сознание — это сложнейшее функциональное свойство, которое, по-видимому, миллионы лет развивалось в соответствии с дарвиновским учением об эволюции, поскольку сегодня выполняет совершенно конкретную рабочую роль.

Что же это за роль? Мы не можем отмотать эволюцию назад и посмотреть, как оно все было, зато можем воспользоваться минимальным контрастом между видимыми и невидимыми изображениями и с его помощью описать уникальность сознательных операций. Психологические эксперименты помогут нам определить, какие операции совершаются без участия сознания, а какие возможны тогда и только тогда, когда мы подключаем внимание. В этой главе мы увидим эксперименты, доказывающие: сознание — не ненужный довесок, а абсолютно рабочее свойство разума.

Бессознательная статистика, сознательные отчеты

В моей картине сознания присутствует естественное разделение труда. Где-то в шахтах трудится не покладая рук армия бессознательных рабочих, просеивающих горы данных. А где-то наверху сидит эдакий совет директоров, рассматривает краткое описание ситуации и неспешно принимает осознанные решения.

В главе 2 мы говорили о возможностях бессознательного. На бессознательном уровне как минимум частично производятся самые разные когнитивные операции — от восприятия до понимания речи, принятия решений, действия, оценки и подавления. Этажом ниже сознания трудятся одновременно мириады бессознательных процессоров, задача которых — получить как можно более подробную и полную интерпретацию нашей окружающей среды. Они похожи на почти идеальных статистиков, хватающихся за мельчайшие детали восприятия — легчайшее движение, тень, пятно света — и вычисляющих, какова вероятность реального существования этого признака в окружающем мире. Как работники метеорологического бюро сводят воедино десятки наблюдений и высчитывают, какова вероятность дождя в ближайшие несколько дней, так и наше бессознательное восприятие собирает входящие сенсорные данные и высчитывает, какова вероятность того, что все эти цвета, формы, животные или люди действительно присутствуют рядом с нами. Сознание же, наоборот, допускает до нас лишь крошечную часть этой вероятностной вселенной — выражаясь языком статистиков, «образец» бессознательного распределения. Все неоднозначные моменты в этом образце сглажены, и мы получаем упрощенный взгляд, общую оптимальную интерпретацию происходящего вокруг, а уж его можем затем направить в систему принятия решений.

Подобное разделение труда — армия бессознательных статистиков и один-единственный сознательный приниматель решений — может возникнуть у любого способного к перемещению организма просто уже потому, что организму этому необходимо взаимодействовать с окружающим миром. Действовать, исходя из одних только вероятностей, нельзя — в какой-то момент потребуются диктатор, который отмахнется от всех неточностей и примет решение. Как сказал Цезарь, перейдя Рубикон и направив свои войска на Рим, где засел Помпей, *alea jacta est* — «жребий брошен». Чтобы действовать по собственной воле, надо решиться и

перейти точку невозвращения. Может быть, мозг как раз и использует сознание как средство для решительных действий, которое сведет все неосознанные вероятности в единый осознаваемый вариант, чтобы затем отправиться дальше и принимать новые решения.

О том, как вредно метаться меж двух сложных решений, говорится в классической притче про Буриданова осла. В этой притче некий снедаемый голодом и жаждой осел оказался точно посередине между ведром воды и копной сена. Но он был не в силах сделать выбор и потому сдох, терзаемый голодом и жаждой одновременно. Может показаться, что его проблема не стоила выеденного яйца, однако мы постоянно имеем дело с не менее сложными решениями: мир предлагает нам смутные возможности, несущие с собой непредсказуемый и не поддающийся точной оценке результат. Сознание разрешает проблему, предлагая нам лишь одну из многих тысяч интерпретаций мира вокруг.

Одним из первых, кто понял, что даже простейшее сознательное наблюдение является результатом сложнейших подсознательных вероятностных исчислений, был философ Чарльз Сандерс Пирс, последователь физика Германа фон Гельмгольца:

«Прекрасным весенним утром я выглядываю из окна и вижу азалию в цвету. Нет-нет! Я не вижу, пусть даже только так и могу описать увиденное. Это утверждение, предложение, факт, и все же — лишь образ, который я сознаю отчасти именно потому, что оглашаю его. Мое утверждение — абстракция; но то, что я вижу, — реально. Выражая предложениями все, что я вижу, я совершаю кражу. Истина в том, что вся ткань нашего знания на самом деле представляет собой спутанный войлок гипотез, подтвержденных и отточенных посредством индукции. Совершая любое самое малое действие, отличное от бездумного наблюдения, мы не можем продвинуться в области знаний иначе, как за счет кражи на каждом шагу»⁷.

То, что Пирс зовет «кражей», современный когнитивный психолог назвал бы байесовским выводом — в честь преподобного Томаса Байеса (ок. 1701—1761), первого исследователя этой области математики. Метод байесовского вывода заключается в использовании статистических данных в обратном порядке, с тем чтобы выявить скрытые причины наблюдаемого. В классической теории вероятности нам, как правило, говорят, что случилось то-то и то-то (например, «если из колоды с пятьюдесятью двумя

картами вытащили три»), а мы оцениваем вероятность того или иного исхода («какова вероятность того, что все три карты окажутся тузами?»). Байесовская же теория, напротив, позволяет нам пройти тот же самый путь, но в другом направлении, от результата к неизвестному пока начальному условию (например, «если из колоды в пятьдесят две карты вытащили три, и все три оказались тузами, насколько вероятно, что колода крапленая и в ней не четыре туза, а больше?»). Это и есть «обратный вывод», или «байесовская статистика». Гипотеза, согласно которой мозг оперирует байесовской статистикой, принадлежит к числу наиболее спорных и активно обсуждаемых вопросов современной нейробиологии.

Оперировать некоей разновидностью обратного вывода мозгу приходится потому, что наши ощущения всегда неоднозначны — причиной каждого может быть целый ряд различных удаленных объектов. Я беру в руки тарелку — она должна быть идеально круглой, но на мою сетчатку этот круг проецируется с искажением, как эллипс, и интерпретаций тут может быть бесчисленное множество. Существует бесконечное множество приплюснuto-вытянутых предметов, которые располагаются в пространстве под самыми разными углами и могут дать аналогичную проекцию на сетчатку глаза. Если же я вижу круг, то лишь потому, что зрительная кора моего мозга выискивает бессчетное множество причин, объясняющих получаемую органами чувств информацию, и решает, что наиболее вероятным объяснением является то, что тарелка имеет форму круга. И хотя самому мне кажется, что я воспринял тарелку как круг мгновенно, на самом деле мозг произвел массу сложных подсчетов и отменил множество других объяснений того же ощущения.

Нейробиологи постоянно доказывают, что на промежуточных этапах зрительного процесса мозг предлагает огромное множество альтернативных объяснений получаемых сенсорных данных. Так, один нейрон может воспринять лишь малый сегмент эллиптической фигуры, в которую превратилась тарелка. Полученные им данные можно увязать с самыми разными фигурами и перемещениями. Но вот зрительные нейроны начинают общаться и «голосовать» за наилучший образ. Все вместе эти нейроны могут прийти к единому выводу. А как гласит знаменитая максима Шерлока Холмса, если мы отбросим все невозможное, то оставшееся и будет истиной, как бы неправдоподобно она ни выглядела.

Бессознательная работа мозга подчиняется строгой логике, и структуры бессознательного идеально подходят для создания статистически точных выводов относительно поступающей сенсорной информации. Так, у нейронов средней височной извилины, где находится

вестибулярный анализатор («область МТ»), для восприятия движения предметов имеется лишь крайне узкий канал («рецептивное поле»). В таких масштабах любое движение видится неоднозначным: когда смотришь в щелочку и видишь палку, невозможно точно определить, как эта палка движется. Она может двигаться в направлении, перпендикулярном плоскости, в которой она находится, а может — в любом другом (рис. 14). Эта исходная неясность известна как «проблема апертуры». Отдельные нейроны в нашей области МТ от нее страдают, но на бессознательном уровне — на сознательном уровне она нас не затрагивает. Мы не видим никакой неясности даже в самой сложной ситуации. Мозг принимает решение и предоставляет нам самую вероятную, с его точки зрения, интерпретацию с минимумом движения: та же палка всегда будет для нас двигаться перпендикулярно собственной плоскости. Бессознательная армия нейронов оценит все вероятности, но до сознания дойдет лишь сжатый лаконичный доклад.

Когда мы смотрим на более сложную фигуру, например на прямоугольник, в движении, локальные неясности по-прежнему остаются, но ситуацию можно легко прояснить, так как стороны прямоугольника совершают вполне определенные движения, складывающиеся в уникальную картину. Есть лишь одно общее направление движения, в которое вписываются движения каждой из сторон (см. рис. 14). Отделы мозга, отвечающие за зрение, вычисляют это направление и доносят до нас лишь то самое движение, которое соответствует всем условиям задачи. Запись работы нейронов показывает, что для вычислений требуется время: на протяжении целой десятой доли секунды нейроны области МТ «видят» только локальное движение, а на то, чтобы переключиться и воспринять общее направление движения, им требуется от 120 до 140 миллисекунд⁸. А сознание и знать не знает о происходящем. Субъективно мы видим лишь конечный результат — безусловно движущийся прямоугольник, — и даже не представляем, как неоднозначно мы воспринимали его движение поначалу и сколько работы пришлось проделать нашим нейронным цепям для того, чтобы это движение осмыслить.



Рисунок 14. Сознание помогает делать выводы из неоднозначных ситуаций. Нейроны той области коры, которая реагирует на движение, страдают от «проблемы апертуры». Каждый нейрон получает сигнал только от ограниченной апертуры, называемой обычно «рецептивное поле», и потому не может определить, как направлено движение — горизонтально, перпендикулярно плоскости палки или в любом другом направлении. Однако наше сознание приводит все к единому знаменателю: система восприятия принимает решение и позволяет нам увидеть лишь малую часть движения, направленную перпендикулярно линии. Когда движется вся поверхность предмета, мы комбинируем сигналы, поступающие от разных нейронов, и улавливаем общее направление движения. Поначалу перемещение каждой точки фиксируется нейронами области МТ, однако

вскоре полученная ими информация подвергается глобальной интерпретации, которая соответствует тому, что мы воспринимаем на сознательном уровне. По-видимому, конвергенция происходит, только когда наблюдатель находится в сознании

Интересно, что процесс сведения информации воедино, в ходе которого нейроны области МТ вырабатывают единую интерпретацию происходящего, совершенно прекращается под воздействием анестезии⁹. Потеря сознания сопровождается внезапной дисфункцией нейронных цепей, которые обычно превращают поступающую сенсорную информацию в единое целое. Для того чтобы нейроны могли обмениваться сигналами снизу вверх и сверху вниз и выработать единое решение, нужно сознание. Если сознание отсутствует, процесс объединения сенсорной информации прекращается прежде, чем появится единая согласованная интерпретация происходящего вокруг.

Роль, которую исполняет сознание в процессе разрешения неясных моментов восприятия, становится особенно очевидна, если мы намеренно создаем неоднозначный визуальный стимул — к примеру, предложим мозгу изображение двух решеток, которые наложены друг на друга и движутся при этом в разных направлениях (рис. 15). Мозг не в состоянии разобраться, какая из этих решеток находится впереди, а какая — позади, однако субъективно мы не ощущаем никакой двойственности. Мы не воспринимаем два варианта одновременно — сознательное восприятие принимает решение и заставляет нас считать, что впереди находится одна конкретная решетка. Примечательно, что на передний план по очереди выходят обе возможные интерпретации, и решетки каждые несколько секунд меняются местами. Александр Пуже с коллегами доказал, что в случае, если скорость и положение в пространстве непостоянны, длительность восприятия каждой из интерпретаций непосредственно связана с тем, насколько она соответствует получаемой сенсорной информации¹⁰. В каждый момент времени мы наблюдаем наиболее вероятную из интерпретаций, но время от времени ее сменяют другие, длительность существования которых в нашем сознании пропорциональна их статистической правдоподобности. Бессознательное восприятие предлагает варианты, а сознание наобум выхватывает что-нибудь из предложенного.

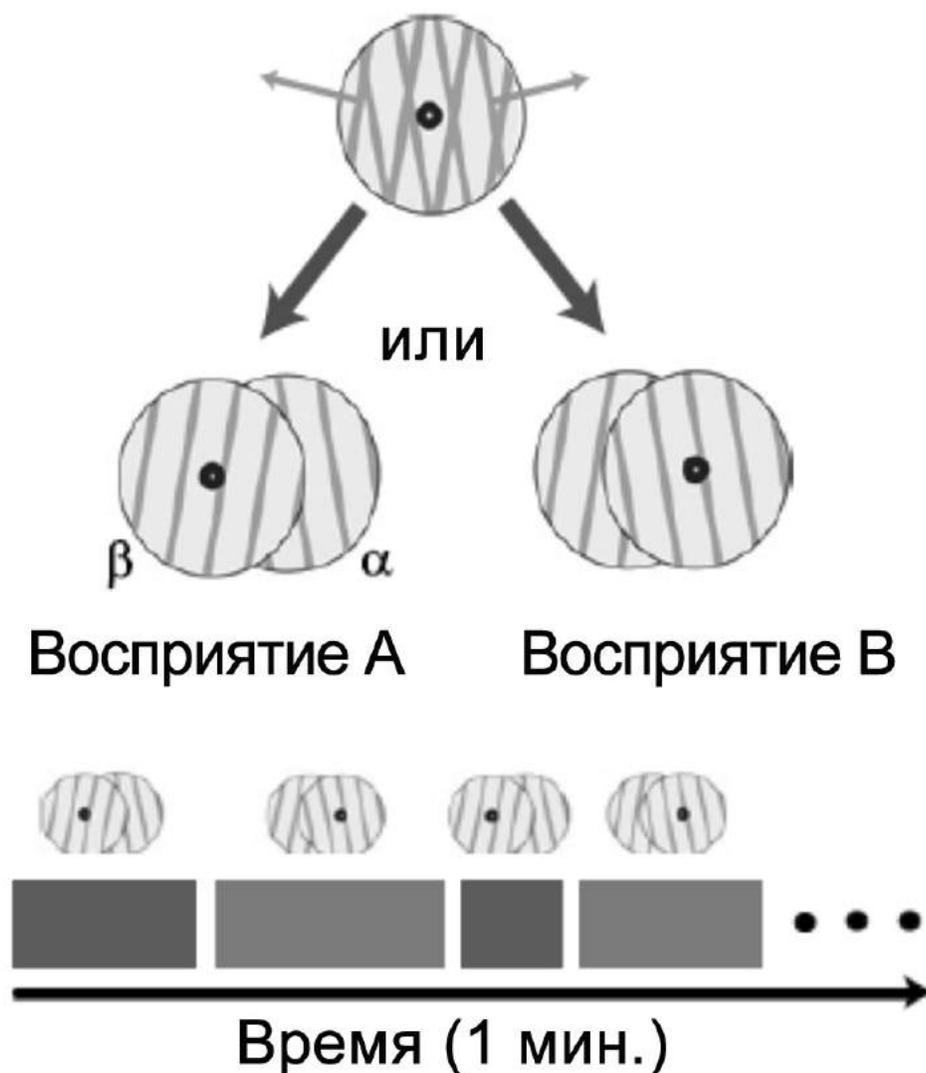


Рисунок 15. Сознание позволяет нам видеть только правдоподобные интерпретации информации, получаемой посредством органов чувств. Наложив друг на друга две решетки, мы получаем неоднозначную картину, поскольку не можем определить, какая решетка находится ближе к нам. Однако в каждый отдельный момент мы видим лишь один из двух возможных вариантов. Наше сознательное зрение перескакивает с одной картинке на другую, и длительность сохранения каждой интерпретации напрямую зависит от того, насколько вероятно ее соответствие действительности. Таким образом, наше бессознательное зрение предлагает различные варианты, а сознание выбирает самый подходящий из них

Существование этой вероятностной закономерности показывает, что,

даже когда мы сознательно воспринимаем некую интерпретацию неоднозначной сцены, наш мозг продолжает трудиться над другими вариантами и готов в любой момент осуществить замену. Бессознательный Шерлок без устали трудится за кулисами, бесконечно вычисляя вероятностные распределения — как заметил Пирс, «вся ткань нашего знания на самом деле представляет собой спутанный войлок гипотез, подтвержденных и отточенных посредством индукции». А на-гора, в сознание, нам выдается один-единственный вариант. Оттого-то мы и не воспринимаем зрение как сложный математический экзерсис: стоит нам открыть глаза, как сознание тут же подбрасывает нам единственное решение. Как это ни парадоксально, но картинка, которую мы воспринимаем сознательно, лишает нас всякой возможности заметить, насколько сложно она устроена.

По-видимому, отбором образцов занимается только и исключительно сознание, ведь в отсутствие сознательного внимания этот процесс невозможен. Вспомним бинокулярную конкуренцию из первой главы, нестабильность восприятия, возникающую, когда один глаз видит изображение, не совпадающее с тем, что видит другой. Когда мы пытаемся сконцентрироваться на этих изображениях, в сферу нашего внимания попадает то одно, то другое по очереди. Мы получаем одну и ту же неоднозначную сенсорную информацию, но можем видеть лишь одно изображение одновременно, и потому нам кажется, что информация постоянно изменяется. Важно заметить, впрочем, что, если мы сконцентрируемся на чем-то постороннем, конкуренция прекратится¹¹. Дискретный отбор вариантов возможен, лишь когда мы сознательно на них концентрируемся. В результате бессознательные процессы оказываются объективнее сознательных. Армия бессознательных нейронов оценивает истинное вероятностное распределение различных состояний мира, а сознание беспардонно урезает картину и предлагает нам либо все, либо ничего.

Сам по себе этот процесс удивительно напоминает квантовую механику (хотя, скорее всего, деятельность нейронных механизмов не выходит за пределы классической физики). Специалисты по квантовой физике утверждают, что физическая реальность представляет собой суперпозицию волновых функций, определяющих вероятность нахождения частиц в конкретных состояниях. Однако всякий раз, когда мы производим замеры, весь спектр вероятностей сворачивается в конкретное состояние «да-нет». Никому еще не доводилось видеть такие невероятные сочетания вероятностей, как, например, шредингеровский кот — наполовину живой,

наполовину мертвый. В соответствии с квантовой теорией сам акт физического измерения заставляет вероятности свернуться до одного-единственного конкретного состояния. Что-то подобное происходит и у нас в мозгу: сам акт сознательного наблюдения за объектом сворачивает вероятностное распределение всех возможных интерпретаций и позволяет нам воспринимать только одну из них. Сознание выполняет функцию устройства для дискретных измерений, позволяющего нам быстро зачерпнуть из бескрайнего моря бессознательных вычислений.

Впрочем, эта красивая аналогия может оказаться довольно поверхностной. Ученым еще только предстоит исследовать вопрос о том, применим ли математический аппарат квантовой механики в области когнитивной нейробиологии осознанного восприятия. Одно можно сказать наверняка: разделение труда наш мозг практикует абсолютно во всем. Бессознательные процессы происходят одновременно и выполняют работу статистиков, а сознание не спеша отбирает подходящие образцы. Проследить это можно не только применительно к зрению, но и в речевой области¹². Всякий раз, как мы слышим слово, имеющее более одного значения — например, «лук», как в главе 2, — бессознательный лексикон на время захватывает оба значения, хотя осознаем мы не более одного одновременно¹³. По тому же принципу устроено и наше внимание. Нам кажется, что мы можем концентрироваться лишь на одном вопросе одновременно, однако бессознательные механизмы, отвечающие за выбор объекта, действуют по вероятностному принципу и рассматривают несколько гипотез сразу¹⁴.

Бессознательный Шерлок Холмс забирается даже в нашу память. Ответьте на вопрос: если взять все аэропорты мира, какой их процент будет находиться в США? Не знаете — попробуйте угадать, но ответить надо обязательно. Готовы? А теперь отбросьте первый ответ и придумайте второй. Исследования показывают, что даже вторая ваша догадка будет взята отнюдь не с потолка. Если бы вам предстояло поспорить на деньги, то наибольший шанс на выигрыш вам принесла бы не одна из этих двух догадок, а средняя между ними цифра¹⁵. Наше сознание опять захватывает случайный вариант из скрытого множества распределения ему подобных. Мы можем захватывать ответ раз, другой, третий, но возможностей нашего подсознания так и не исчерпаем.

Удобное сравнение: сознание похоже на человека, который говорит от имени целой организации. У таких гигантских структур, как, например, ФБР, сотрудники исчисляются тысячами, и информации эти структуры

накапливают значительно больше, чем может усвоить один человек. Прискорбные события 11 сентября показали, что не всегда легко отделить актуальные знания от разнообразных и разноплановых мнений сотрудников. Чтобы не утонуть в море фактов, президенту приходится положиться на сжатые доклады верхушки организации, а выразить это «общее знание» он поручает одному человеку, говорящему от имени всего ФБР. И подобная иерархическая система использования ресурсов в целом вполне оправданна, даже если порой в ней остаются незамеченными мельчайшие намеки, указывающие на приближение опасности.

Мозг — это такое же учреждение, на службе у него состоят сотни миллиардов нейронов, и полагаться ему приходится на ту же самую систему кратких докладов. Возможно, функция сознания как раз и сводится к тому, чтобы упрощать воспринятую картину и составлять итоговый доклад, который затем будет оглашен и поступит во все другие области — в память, волевую сферу, в структуры, отвечающие за движение.

Чтобы краткий доклад этот был полезен, от него требуется взвешенность и широта охвата. Если в стране разразится кризис, ФБР не станет отправлять президенту тысячи меморандумов с отдельными фрагментами информации — пусть-де сам разбирается. Точно так же и мозг не станет работать с низкоуровневым потоком входящих данных: он соберет их в связную историю. Доклад, который подаст президенту ФБР, и картина, которую выстроит сознание, должны будут содержать интерпретацию происходящего, написанную на «языке мысли», то есть изложенную достаточно кратко для того, чтобы ее можно было передать механизмам, отвечающим за волевую сферу и принятие решений.

Мысль сохраненная

Усваивая языки, мы совершенствуем свой мозг и обретаем способность воссоздавать, вспоминать, пересказывать, изменять свои действия, превращая мозг в подобие эхо-камеры, в которой обычно мимолетные процессы воспроизводятся снова и снова и становятся полноценными объектами. Те из них, которые сохраняются дольше прочих и во время существования обретают влияние, мы зовем осознанными мыслями.

Дэниел Деннет. Виды психики, 1996

Следовательно, сознание было и остается связкой между тем, что было, и тем, что будет, мостом, соединяющим прошлое и будущее.

Анри Бергсон, лекция памяти Гексли, 1911

Есть одна очень хорошая причина, объясняющая, почему наше сознание сжимает сенсорную информацию в некий синтетический код, не содержащий белых пятен и двусмысленностей: дело в том, что этот компактный код может быть передан дальше во времени и способен проникнуть в то, что мы обычно зовем «кратковременной памятью». По всей видимости, кратковременная память тесно связана с сознанием. Можно даже согласиться с Дэном Деннетом, утверждающим, что главная роль сознания заключается в создании сохраняющихся в течение некоторого времени мыслей. После того как фрагмент информации будет осознан, он будет сохраняться у нас в мозгу столько, сколько мы пожелаем его замечать и помнить. Краткий доклад сознания должен сохраняться достаточно долго, чтобы оказывать влияние на наши решения, пусть даже на подготовку этих решений уйдет несколько минут. Подобная увеличенная длительность — сгущение настоящего — характерна для нашего сознательного мышления.

На клеточном уровне механизмы кратковременной памяти имеются у всех млекопитающих, от человека до обезьяны, кошки, крысы и мыши. Даруемое ими эволюционное преимущество очевидно. Организм,

наделенный памятью, перестает зависеть от случайных воздействий окружающей среды. Он больше не привязан к настоящему, он может вспоминать прошлое и предвосхищать будущее. Когда опасный хищник спрячется за валуном, дело жизни и смерти — запомнить, где сейчас находится невидимая опасность. В окружающем нас мире многие события происходят нерегулярно, в далеко разнесенных точках пространства, и предвестники этих событий тоже могут быть очень разными. Способность синтезировать информацию, полученную в разное время, в разных пространственных точках и в разных сферах знаний, а также заново обдумывать ее в будущем является основой активного сознания, свойством, которое, по всей видимости, прошло положительный отбор в ходе эволюции.

Та часть нашего разума, которую психологи называют кратковременной памятью, относится к числу основных функций дорсолатеральной префронтальной коры и связанных с нею областей. Следовательно, именно эти области являются основными кандидатами на роль хранителей осознанного знания¹⁶. Именно они включаются, когда мы улавливаем некий фрагмент информации — телефонный номер, цвет или форму мельком увиденной картинке. Префронтальные нейроны задействованы в активной памяти: картинка уже давно исчезла, а они все перекликаются по всей области краткосрочной памяти — порой этот процесс может затягиваться на несколько десятков секунд. Но если префронтальная кора будет повреждена или занята чем-то другим, воспоминание мгновенно исчезнет и канет в небытие бессознательного.

Пациенты с травмами префронтальной коры имеют серьезные затруднения в планировании будущего. У них наблюдается целый кластер симптомов, в том числе отсутствие способности к прогнозированию и упрямая приверженность к настоящему. Они не способны подавлять нежелательные действия и могут автоматически брать и использовать инструменты (утилизационное поведение) или безудержно копировать поведение и мимику окружающих (поведение имитации). Способность к сознательному подавлению, долгосрочному мышлению и планированию у них резко падает. В наиболее сложных случаях проявляются и другие симптомы, например апатия, свидетельствующие о серьезных пробелах в качестве и содержании психической деятельности. С наличием сознания напрямую связаны такие расстройства, как геминеглект (нарушение восприятия половины пространства, обычно левой), абулия (отсутствие желаний и побуждений к действию), акинетический мутизм (утрата способности к произвольному говорению, иногда с сохранением

способности к повторению), анозогнозия (неспособность осознать серьезное заболевание, в том числе паралич) или повреждение аутоноэтической памяти (неспособность вспоминать и анализировать собственные мысли). Если затронута префронтальная кора, пострадать могут даже такие базовые функции, как способность воспринимать быстро показанное изображение и обдумывать увиденное¹⁷.

Итак, суммируя все вышеперечисленное, мы можем сказать, что префронтальная кора, по всей видимости, играет важнейшую роль в нашей способности сохранять информацию с течением времени, обдумывать ее и использовать при планировании. Можно ли найти более убедительные доказательства того, что подобное протяженное во времени размышление неразрывно связано с сознанием? Ученые-когнитивисты Роберт Кларк и Ларри Сквир придумали до смешного простой тест на темпоральный синтез: отложенный условный мигательный рефлекс¹⁸. В точно определенный момент времени пневматический механизм выбрасывает в направлении глаза поток воздуха. И кролики, и люди реагируют моментально и сразу же опускают веко, чтобы защитить глаз. А теперь давайте будем перед каждым выбросом воздуха подавать краткий предупредительный сигнал. В итоге мы получим рефлекс Павлова, названный так в честь русского ученого-физиолога Ивана Петровича Павлова, первым продемонстрировавшего рефлекс слюноотделения, наступавший при звуке колокольчика у собаки, которая ожидала, что ей принесут пищу. После недолгой тренировки глаз сам собой начинает моргать при одном только звуке сигнала, не дожидаясь выброса воздуха. Спустя некоторое время достаточно случайным образом подать сигнал, и глаз немедленно «широко закроется».

Мигательный рефлекс срабатывает быстро, но все же — сознательно глаз закрывается или бессознательно? Ответ, как ни странно, зависит от длительности промежутка между предупреждением и срабатыванием механизма. В одной версии теста вырабатывается так называемый отсроченный условный рефлекс, и сигнал звучит вплоть до момента, когда будет подан воздух. В сознании животного эти стимулы объединяются между собой, и все обучение сводится к распознаванию совпадений. Во втором варианте идет выработка «условного рефлекса на следовой раздражитель», после краткого сигнала наступает пауза, и только после этого подается воздух. Отличие от предыдущего эксперимента — минимальное, но результат получается куда сложнее. Для того чтобы выявить систематическую связь между сигналом и последующим

выбросом воздуха, животному или человеку приходится держать в краткосрочной памяти воспоминание о сигнале. Чтобы избежать путаницы, первый вариант я назову «рефлексом совпадения» (первый стимул длится достаточно долго, чтобы совпасть со вторым, поэтому участие памяти не требуется), а второй — «рефлексом запоминания» (участнику эксперимента приходится запоминать звук, чтобы затем выстроить связь между ним и неприятным выбросом воздуха).

Результаты эксперимента однозначно свидетельствуют: рефлекс совпадения формируется бессознательно, а рефлекс запоминания требует привлечения активного сознания¹⁹. Для формирования рефлекса совпадения, вообще говоря, даже кора головного мозга не нужна. Если удалить у кролика головной мозг, кору, базальные ядра, лимбическую систему, зрительный бугор и гипоталамус, кролик все равно будет демонстрировать рефлекс и моргать в случае, если сигнал и выброс воздуха совпадут во времени. Что же до рефлекса запоминания, то запоминание возможно лишь в случае наличия неповрежденного гиппокампа и связанных с ним структур (в том числе префронтальной коры). У людей обучение с помощью памяти происходит лишь и только тогда, когда человек осознает, что сигнал постоянно звучит перед выбросом воздуха. Пожилые люди, пациенты с амнезией и даже те, кто просто отвлекся и не уловил связи между сигналом и выбросом воздуха, рефлекс не демонстрируют (а на выработку рефлекса совпадения эксперимент в таком виде не влияет). На томограмме мозга видно, что во время обучения префронтальная кора головного мозга и гиппокамп активируются именно у тех, кто научается осознавать эту связь.

В целом парадигма условного рефлекса предполагает, что эволюция отвела сознанию особую роль — научиться с течением времени, а не просто жить в настоящем. Система, состоящая из префронтальной коры и связанных с ней областей, в том числе гиппокампа, может исполнять важную функцию: закрывать разрывы во времени. Говоря словами Джеральда Эдельмана, сознание одаряет нас «хранимым в памяти настоящим»²⁰: благодаря этому мы можем спроецировать избранные фрагменты своего опыта на будущее и соотнести их с полученной ранее сенсорной информацией.

В тесте на рефлекс запоминания особенно интересно то, что он достаточно прост, и задействовать в нем можно любых живых существ — от маленьких детей до обезьян, кроликов и мышей. В ходе эксперимента над мышами обнаружилось, что у них возбуждаются передние участки

мозга, соответствующие префронтальной коре головного мозга человека²¹. Возможно, с помощью этого теста ученые нащупали одну из основных функций сознания — операцию столь важную, что ее могли освоить многие другие живые существа помимо человека.

Но если для растянутой краткосрочной памяти необходимо сознание, то значит ли это, что сохранять с течением времени неосознанные мысли невозможно? Эмпирическая оценка длительности сублиминальных процессов позволяет предположить, что да, невозможно — сублиминальные мысли длятся всего мгновение, не дольше²². Для того чтобы оценить длительность существования сублиминального стимула, можно измерить, как скоро сходит на ноль его влияние. Результат совершенно однозначен: видимое изображение может иметь долгоиграющий эффект, однако, если изображение невидимо, его влияние на наши мысли сохраняется очень недолго. Спрячьте изображение за маской, и оно по-прежнему будет активировать визуальные, орфографические, лексические или даже семантические репрезентации в мозгу, но очень недолго. Спустя примерно секунду бессознательная активность упадет до неразлично малого уровня.

Многие эксперименты показывают, что поступившие в мозг сублиминальные стимулы угасают стремительно, по экспоненте. Суммируя результаты этих экспериментов, мой коллега Лайонел Наккаш пришел к выводу (который диаметрально противоположен мнению французского психоаналитика Жака Лакана), что «бессознательное структурировано не как язык, а как затухающая экспонента»²³. Сделав усилие, мы можем сохранять сублиминальную информацию чуть дольше, однако качество этих воспоминаний будет таким низким, что уже через несколько секунд промедления вспомнить эту мысль можно будет разве что случайно²⁴. Чтобы мысль сохранялась долго, нужно сознание.

Машина Тьюринга в человеческом обличье

Но вот информация «достигла сознания», угасание ей не грозит — может ли она теперь использоваться в дальнейшей деятельности? Действительно ли некоторые когнитивные операции требуют участия сознания и лежат за пределами возможностей бессознательных мыслительных процессов? Ответ, по всей видимости, положительный: как минимум для человека сознание является источником возможностей, не уступающих возможностям сложнейшего компьютера.

Попробуйте хотя бы умножить в уме 12 на 13.

Закончили?

Вы почувствовали, как у вас в голове прокручивается каждая операция? Можете перечислить все действия, которые вы предприняли, одно за другим, и полученные промежуточные результаты? Обычно мы отвечаем на эти вопросы положительно: да, мы осознавали всю цепочку действий, которые пришлось проделать, чтобы получить произведение 12 и 13. Лично я первым делом вспомнил, что 12^2 будет 144, а потом просто добавил еще 12. Кто-нибудь другой мог по старинке перемножить все цифры одну за другой. Важно другое: какую бы стратегию мы ни использовали, мы можем осознанно ее изложить. И наш рассказ будет соответствовать действительности: проверить его можно с помощью таких поведенческих показателей, как время ответа и движения глаз²⁵. В психологии такая точная интроспекция — явление нечастое. Преобладающее большинство операций, которые мы проделываем в уме, невидимы для нас самих: мы понятия не имеем об операциях, с помощью которых распознаем лица, планируем следующий шаг, складываем два однозначных числа или подбираем нужное слово. С числами, состоящими более чем из одного знака, дело, по-видимому, обстоит иначе: для того чтобы выполнять с ними арифметические действия, мы совершаем ряд действий, которые сами же можем наблюдать. Полагаю, что причина этого проста. Создание сложных стратегий за счет объединения нескольких простых действий — компьютерщики называют это «алгоритмом» — это еще одна уникальная функция сознания, развившаяся в ходе эволюции.

Сможете вы решить пример 12×13 без помощи сознания, если эти цифры покажут вам сублиминальным образом? Нет, нет и нет²⁶. Вам не обойтись без неторопливой системы-диспетчера, которая сохранит промежуточный результат и передаст его на следующий этап. Для гибкой

передачи информации между стандартными внутренними процессами мозга требуется «маршрутизатор»²⁷. Вот она, важная функция сознания: собирать информацию, поступающую от различных процессоров, объединять ее и передавать результат — осознаваемый символ — на другие, специально выбранные процессоры. Эти процессоры, в свою очередь, проделывают над символом бессознательные операции, и цикл повторяется столько раз, сколько потребуется. В результате мы получаем нечто вроде гибридной машины последовательно-параллельного действия, в работе которой периоды активной параллельной работы сменяются последовательным принятием решений и распределением информации.

Вместе с физиками Мариано Сигманом и Ариэлем Зильбербергом мы принялись исследовать вычислительные возможности этой системы²⁸. Она весьма напоминает то, что ученые-компьютерщики зовут «продукционной системой», — разновидность программ, созданную в 60-х годах XX века для решения задач, связанных с искусственным интеллектом. Продукционная система включает в себя базу данных («рабочая память») и массу разнообразных правил формата «если — то» (например, если в рабочей памяти есть А, заменить его на последовательность ВС). На каждом этапе работы система проверяет, соответствует ли правило текущему состоянию рабочей памяти. Если состоянию рабочей памяти соответствуют сразу несколько правил, то выбор совершается на основании стохастической системы приоритетов. Выбранное правило «просыпается» и изменяет содержание рабочей памяти, после чего процесс возобновляется. Таким образом, цепочка шагов состоит из последовательных циклов осознанного доступа, пробуждения и передачи данных.

Примечательно, что продукционные системы крайне просты, но при этом позволяют произвести любую эффективную процедуру — любые вычисления, какие только можно придумать. Возможностями они не уступают машине Тьюринга — воображаемому устройству, изобретенному британским математиком Аланом Тьюрингом в 1936 году. На основе машины Тьюринга был создан современный цифровой компьютер²⁹. Следовательно, мы с таким же успехом можем утверждать, что человеческий мозг, будучи наделен способностью к гибкой маршрутизации процессов, действует как биологическая машина Тьюринга. Мозг позволяет нам медленно проворачивать последовательность вычислений. Невысокая скорость вычислений объясняется тем, что промежуточный результат на каждом этапе должен удерживаться в сознании до тех пор, пока не

поступит на следующий этап.

С этим построением связан один любопытный исторический курьез. Алан Тьюринг изобрел свою машину в попытке ответить на вопрос, заданный в 1928 году математиком Дэвидом Гилбертом: способен ли механический аппарат заменить математика и исключительно за счет манипуляций с символами определить, является ли то или иное математическое утверждение логическим следствием определенного набора аксиом? Машина Тьюринга должна была имитировать «действия человека, совершающего вычисления с действительными числами» (так писал сам Тьюринг в своей основополагающей работе 1936 года). Правда, Тьюринг не был психологом и мог полагаться исключительно на собственную интроспекцию. Полагаю, именно поэтому его машина воспроизводит лишь часть процессов, которые идут в голове у математика, — именно те, которые можно отследить с помощью сознания. Последовательные операции с символами, производимые машиной Тьюринга, можно назвать неплохой моделью операций, производимых при участии человеческого сознания.

Не поймите меня неправильно — я вовсе не намекаю на распространенное утверждение о том, что человеческий мозг — это тот же компьютер. В мозгу человека преобладают параллельные, самоизменяющиеся структуры, мозг работает с вероятностными распределениями, а не с дискретными символами, и устройство его радикально отличается от архитектуры современных компьютеров. Нейробиологи давно уже отказались от сравнения мозга с компьютером. Но вот действия мозга в процессе длительных вычислений последовательная продукционная система или машина Тьюринга воспроизводят довольно точно³⁰. Так, время решения примера с большими числами вроде $235+457$ складывается из времени, затрачиваемого на каждую элементарную операцию ($5+7$; переход; $3+5+1$ и, наконец, $2+4$) — именно так и должно случиться при последовательном выполнении этапов решения³¹.

Модель Тьюринга — идеализированный вариант работы мозга. Изучив человека, мы увидим, что его действия не вписываются в эту идеальную схему. Этапы не разделены во времени, отчасти накладываются друг на друга, возникают нежелательные перекрестные взаимодействия между операциями³². Когда мы считаем в уме, следующая операция может начаться раньше, чем закончится предыдущая. Мы с Джеромом Сакуром изучали один из простейших алгоритмов: возьмите число n , прибавьте к нему 2 ($n+2$) и скажите, будет ли полученное число больше или меньше

пяти ($n+2>5$). Наблюдалась интерференция: участники подсознательно принимались сравнивать исходное число n с пятью еще прежде, чем получали промежуточный результат $n+2$ ³³. Компьютер такой глупой ошибки ни за что бы не совершил: каждая операция происходит под контролем системных часов, а цифровая система маршрутизирования доставляет каждый фрагмент информации точно на предназначенное ему место. Но мозг-то ведь развился вовсе не для решения сложных арифметических задач. Его архитектура возникла под действием естественного отбора в вероятностном мире — именно поэтому мы так часто ошибаемся, считая в уме. Мы с большим трудом «переключаем» наш мозг на последовательные подсчеты и с помощью сознания замедляем информационный обмен и превращаем его в цепочку последовательных действий³⁴.

Но если сознание действительно является подобием лингва франка, средством гибкой передачи информации по сети заточенных под совсем другие задачи процессоров, напрашивается простой вывод: одна привычная операция может производиться бессознательно, однако несколько последовательных шагов могут быть произведены только при условии, что информация будет обработана с помощью сознания. Так, если говорить об арифметике, то пример $3+2$ наш мозг решит без помощи сознания, а вот $(3+2)^2$, или $(3+2)-1$, или $1:(3+2)$ — нет. Вычисления, состоящие из нескольких этапов, всегда требуют сознательных усилий³⁵.

Мы с Сакуром решили проверить эту мысль экспериментально³⁶. В ходе эксперимента мы мимолетно показывали замаскированное число n , которое участники видели лишь в половине случаев. Затем мы просили их произвести с этим числом различные операции. Всего у нас было три блока: участники должны были назвать число, добавить к нему 2 ($n+2$) и сравнить его с 5 ($n>5$). В четвертом блоке задание состояло из двух вычислений: к числу следовало добавить 2, а затем сравнить полученный результат с 5 ($n+2>5$). По первым трем заданиям результаты участников были значительно лучше случайных. Участники могли утверждать, что не видели числа, но, когда мы просили их дать ответ наобум, с удивлением обнаруживали, что откуда-то бессознательно его почерпнули. Они давали правильное название невидимого числа значительно чаще, чем если бы действовали совершенно наугад: правильной оказалась почти половина ответов, в то время как при выборе из четырех цифр вероятность правильной догадки составила бы всего 25 процентов. Они даже могли добавить к числу 2 или ответить на вопрос о том, больше или меньше оно

пяти (и здесь правильные ответы тоже встречались чаще, чем велит статистика). Конечно, все эти операции были испытуемым давно знакомы и привычны. Как мы уже знаем из главы 2, есть множество свидетельств, указывающих на то, что эти операции могут частично производиться без помощи сознания. Важно, однако, заметить, что, выполняя задачу с двумя действиями ($n+2>5$), участники не могли дать правильный ответ и пускались в догадки. И это странно, ведь только что они крайне успешно справлялись с заданиями, в которых требовалось назвать число и использовать это число для выполнения других заданий! Участники правильно называли замаскированное число в пяти случаях из десяти, то есть сублиминальная информация у них в мозгу присутствовала, но без помощи сознания использовать ее для совершения двух последовательных вычислений никому не удалось.

В главе 2 мы видели, что мозг без каких-либо проблем способен бессознательно аккумулировать данные — складывать показанные подряд стрелки³⁷, цифры³⁸ и даже советы по выбору автомобиля³⁹, а итоговый результат может повлиять на подсознательно принимаемые решения. Противоречие? — нет, ведь аккумуляция множества фрагментов воспринимается мозгом как одна операция. Нейронный аккумулятор открывается — и любые данные, как осознанные, так и неосознанные, могут качнуть его в ту или другую сторону. Бессознательный процесс принятия решений не может, по-видимому, только одного: выдать четкое решение, которое можно было бы передать на следующий этап. Даже под влиянием бессознательных данных наш внутренний аккумулятор не в силах перейти невидимую черту, принять решение и передать его дальше. Так и получается, что при сложных подсчетах наше подсознание застревает на уровне сбора данных для первой операции и до второй добраться уже не может.

Более того, информацию, лежащую в сфере бессознательного, мы не можем осмыслить стратегически. Сублиминальным данным нет хода в наши стратегические построения. Может показаться, что мы повторяемся, но это не так. В конце концов, построение стратегий — это просто еще одна разновидность идущих в мозгу процессов, поэтому невозможность реализации этого процесса без участия сознания — вопрос неочевидный и имеющий совершенно определенные эмпирические последствия. Помните задачу со стрелками? Человеку показывают подряд пять стрелок, указывающих в разные стороны, и просят сказать, в какую сторону было направлено большинство из них. Если подключить к решению сознание, то выигрешная стратегия будет найдена мгновенно: как только стрелок,

глядящих в одну сторону, станет три штуки, игра будет окончена и никакая дополнительная информация для ответа не потребуется. И участники охотно эту стратегию используют, стремясь побыстрее разделаться с заданием. Но опять-таки возможен такой ход только в случае, если информация воспринимается осознанно, а не лежит ниже порога сознательного восприятия⁴⁰. Если же изображения стрелок демонстрируются ниже этого порога, участник только и может, что складывать их число, а бессознательно совершить стратегический переход на следующий этап — нет.

Итак, результаты этого эксперимента свидетельствуют о важнейшей роли нашего сознания. Чтобы рационально обдумать проблему, нам нужно сознание. Могучее бессознательное производит сложнейшие операции, но последовательно реализовать рациональную стратегию может только сознание. Сознание работает маршрутизатором, выбирает последовательности процессов и направляет им информацию, а мы за счет этого получаем доступ к совершенно новому способу обработки данных — к биологической машине Тьюринга.

Сознание как средство распространения информации в социуме

Сознание есть, по существу, лишь коммутатор между человеком и человеком — лишь в качестве такового должно было оно развиваться: отшельническим и хищным натурам оно было бы ни к чему.

Фридрих Ницше. Веселая наука, 1882 (пер. К.А. Свасьяна)

Представители вида *Homo sapiens* не ограничивают распространение осознанной информации пределами собственного разума. Благодаря существованию языка информация может передаваться из мозга в мозг. Возможно, в процессе эволюции функция распространения информации среди себе подобных была одной из основных задач сознания. «Хищные натуры» Ницше могли миллионы лет подряд использовать сознание как невербальную копилку и маршрутизатор, но лишь представители вида *Homo* овладели сложным навыком передачи информации о подобных состояниях сознания. Когда в мозгу синтезируется сознательная мысль, мы с помощью речи и жестикуляции можем быстро передать ее в другой мозг. Такая активная социальная передача осознанных символов принесла с собой новые вычислительные способности. Человек способен создавать «многоядерные» социальные алгоритмы, построенные не столько на знании, доступном одному уму, сколько на сопоставлении различных точек зрения, различном опыте и на всем многообразии источников знания.

Способность облечь идею в слова не зря считается основным критерием осознанного восприятия. Как правило, мы полагаем, что информацию усвоил тот, кто способен хотя бы отчасти перевести ее в речь (если, конечно, он не паралитик, не немой и не младенец). «Словоформулирующий» аппарат, который позволяет человеку выразить свои мысли, — важнейший механизм, действующий лишь при наличии сознания⁴¹.

Я, конечно, не хочу сказать, что все мы способны выражать свои мысли с поистине прустовской точностью. Речь не в силах передать поток сознания: мы воспринимаем гораздо больше, чем можем описать.

Невозможно выразить словами всю полноту чувств человека, созерцающего картину Караваджо, или величественную красоту заката над Большим каньоном, или смену выражений на лице ребенка, — кстати, возможно, отчасти поэтому все перечисленное внушает нам такой восторг. И все же то, что мы осознаем, мы, по определению, можем хотя бы частично описать лингвистическими средствами. С помощью речи мы формулируем осознанные мысли через категорию и синтаксис и таким образом упорядочиваем наш внутренний мир и делимся им с другими существами, наделенными разумом.

Необходимость делиться информацией с другими — еще одна причина, которая объясняет стремление мозга абстрагироваться от текущих ощущений во всех подробностях и составлять «краткую сводку» для сознания. Слова и жесты — очень медленный канал коммуникации, каких-нибудь 40-60 бит в секунду⁴², то есть в 300 раз медленнее, чем факсы на 14 400 бод, которые произвели революцию в офисах 1990-х, но с тех пор успели безнадежно устареть. Наш мозг отчаянно ужимает информацию, втискивает ее в сжатый набор последовательных символов и в таком виде отправляет в сеть социальных коммуникаций. Передавать другому человеку точный ментальный образ того, что видно мне с моей точки зрения, было бы бессмысленно — моему собеседнику нужно не подробное описание мира, как вижу его я, а перечисление тех его аспектов, которые верны и с его собственной точки зрения: мультисенсорный, единый для всех наблюдателей, стабильный синтетический образ окружающего меня мира. Сознание, по крайней мере у людей, занимается тем, что конденсирует информацию и формирует именно такой отчет, который может быть полезен с точки зрения другого разума.

Читатель может возразить, что язык зачастую служит абсолютно тривиальным целям — например, чтобы сплетничать, кто с кем спит в Голливуде. По данным оксфордского антрополога Робина Данбара, почти две трети наших разговоров действительно имеют социальную тематику подобного рода. Данбар даже предложил теорию эволюции языка как средства «груминга и сплетен», предположив, что язык возник исключительно как средство для установления связей между особями⁴³.

Можем ли мы доказать, что в своих беседах не ограничиваемся тематикой желтой прессы? Можем ли продемонстрировать, что в ходе беседы передаем собеседнику именно ту конденсированную информацию, которая необходима для принятия коллективного решения? Да — недавно это доказал иранский психолог Бахадор Бахрами, который придумал

остроумный эксперимент⁴⁴. Два участника эксперимента получали простое задание на восприятие. Перед ними стояло два монитора. Нужно было указать, на каком из них появился заданный предмет, изображение которого демонстрировалось на самой грани восприятия. Каждый участник должен был ответить самостоятельно, после чего компьютер раскрывал их ответы. Если ответы не совпадали, участникам предлагали разрешить конфликт путем кратких переговоров.

И вот что интересно: в конце каждой серии два участника начинали вести себя как один человек и давали один ответ, точность которого можно было вычислить с помощью старых добрых психофизических методов, используемых для оценки поведения одного человека (а не группы). Результат прослеживался однозначный: если уровень способностей обоих участников более-менее совпадал, вдвоем они давали значительно больше правильных ответов. Результат группы постоянно оказывался выше, нежели результат отдельных участников, то есть две головы в буквальном смысле слова были лучше одной.

Большим достоинством эксперимента Бахрами является то, что его можно смоделировать математическими средствами. Если предположить, что каждый участник воспринимает мир как источник характерного шума, нетрудно будет вычислить необходимое сочетание ощущений: полученный в ходе эксперимента сигнал соотносится со средним уровнем шума для каждого участника, после чего вычисляется среднее и таким образом достигается единое общее ощущение. Это оптимальное правило для принятия решений несколькими людьми, по сути, полностью совпадает с законом мультисенсорной интеграции в пределах одного мозга. Примерно описать его можно с помощью простого эмпирического правила: в большинстве случаев человеку требуется не передать все нюансы увиденного (это и невозможно), а дать однозначный ответ (в данном случае — выбрать между первым и вторым дисплеем) и оценить собственную уверенность (или отсутствие таковой).

Выяснилось, что, работая в паре, участники спонтанно овладевали данной стратегией. Говоря о том, насколько они уверены в ответе, они использовали слова вроде «наверняка», «очень сомневаюсь» или «чисто наугад». Для того чтобы точно описать степень собственной уверенности, некоторые даже оперировали цифровой шкалой. Благодаря использованию этих схем участники делились между собой своими оценками и добивались крайне высоких, практически неотличимых от теоретического идеала результатов совместной деятельности.

Эксперимент Бахрами наглядно показывает, почему оценка

уверенности настолько важна для нашего сознания. Чтобы наши осознанные мысли могли приносить пользу нам и окружающим, каждая такая мысль должна быть помечена ярлычком «уверен» или «не уверен». Мы не только знаем, что мы знаем и чего не знаем; когда мы осознанно располагаем фрагментом информации, то можем приписать ему точную степень уверенности или неуверенности. Более того, живя в обществе, мы постоянно стараемся следить за надежностью источников информации, запоминая, кто кому что сказал и был ли он при этом прав (вот почему мы так много сплетничаем). Эти качества, свойственные в основном лишь человеческому мозгу, указывают на то, что оценка надежности является неотъемлемой составляющей нашего алгоритма принятия социальных решений.

Байесовская теория принятия решений гласит, что к информации, полученной от окружающих, мы должны применять те же правила принятия решений, что и к собственным мыслям. В обоих случаях для принятия оптимальных решений необходимо максимально точно оценить каждый фрагмент информации, как внешней, так и внутренней, определить его надежность и лишь затем допускать эту информацию в единое пространство принятия решений. Приматы еще не успели превратиться в людей, а в их префронтальной коре, в краткосрочной памяти, уже имелось местечко, где прошлые и нынешние источники информации оценивались по степени надежности и сочетались для принятия решений. По-видимому, именно на этой почве и произошел важнейший шаг вперед, совершенный человеком: в ту же самую область стала попадать информация, полученная от других людей в ходе социальных контактов. Благодаря появлению такого социального интерфейса мы и можем использовать все преимущества алгоритма коллективного принятия решений: мы сопоставляем свои познания с познаниями окружающих, и качество принимаемых нами решений растет.

Сегодня мы начинаем понимать, какие структуры мозга служат для поддержки обмена информацией и оценки надежности — тут нам очень помогают технологии нейровизуализации. Всякий раз, когда мы задействуем социальные навыки, происходит возбуждение передних отделов префронтальной коры, возбуждается лобный полюс и область вдоль срединной линии мозга (входящая в вентромедиальную префронтальную кору). Нередко возбуждение происходит и постфактум, и опять в латеральной области, в той ее части, которая находится за стыком височной и теменной долей мозга, а также вдоль срединной линии (предклинье). Возбужденные области образуют структуру, которая

охватывает разные участки мозга и тесно связывает их между собой посредством мощных протяженных связей; в роли центрального узла этой структуры выступает префронтальная кора. Эта структура в числе прочих постоянно включается в периоды отдыха, когда у нас находится пара секунд наедине с собой: в свободное время мы спонтанно, «по умолчанию» включаем систему социального трекинга⁴⁵.

Самое же примечательное, как и предполагает эта гипотеза социального принятия решений, заключается в том, что многие эти области активируются и тогда, когда мы думаем о себе — например, оцениваем степень собственной уверенности в принятом решении⁴⁶ — и когда мы обдумываем чужие мысли⁴⁷. Так, лобный полюс и вентромедиальная префронтальная кора очень схоже реагируют на ситуацию, когда мы раздумываем о себе и о других⁴⁸ — вплоть до того, что активные размышления на одну из этих тем могут пробудить рассуждения на другую⁴⁹. Таким образом, эта структура идеально подходит для того, чтобы оценивать наши собственные знания и сравнивать их с информацией, получаемой от других людей.

Коротко говоря, в мозгу у человека имеются определенные нейронные структуры, заточенные исключительно на работу с информацией, полученной социальным путем. Для шифрования собственных данных и для шифрования информации, полученной от других людей, мы используем одни и те же базы данных. Для этих структур мозга наше «я» — это такой любопытный человечек, сидящий рядом с другими такими же человечками в воображаемой базе данных наших социальных контактов. Говоря словами французского философа Поля Рикера, мы буквально представляем «себя как другого»⁵⁰.

Но если мы действительно рассматриваем свое «я» только так и не иначе, тогда нейрологические основы нашей личности должны создаваться довольно-таки косвенным путем. На протяжении всей жизни мы следим за поведением как своим, так и окружающих, а мозг-статистик, буквально «себе на уме», постоянно делает из увиденного логические выводы⁵¹. Мы узнаем, кто мы есть, применяя к наблюдению статистическую дедукцию. Всю жизнь живя с самим собой, мы узнаем собственный характер, степень информированности и достоверность своих познаний лучше, чем те же качества в окружающих нас людях. Плюс к тому наш мозг имеет привилегии: он может наблюдать за работой некоторых внутренних механизмов⁵². Интроспекция позволяет нам видеть наши осознанные мотивы и стратегии, в то время как о мотивах и стратегиях других судить с

уверенностью мы не можем. И все же настоящих себя мы не знаем никогда. Мы почти ничего не знаем о том, какие подсознательные импульсы на самом деле управляют нашим поведением, и потому не можем точно предсказать, каково будет наше поведение в обстоятельствах, выходящих за пределы предыдущего опыта. Когда речь заходит о мельчайших подробностях нашего поведения, древнегреческое «познай себя» превращается в недостижимый идеал. Наше «себя» — это не более чем база данных, наполняемая посредством структур социального мозга; мы познаем себя теми же способами, что и окружающих, и потому наше собственное представление о себе кишит теми же пробелами, недопониманием и иллюзиями.

Ограниченность человеческой природы, разумеется, не прошла незамеченной и нашла свое отражение в литературе. Современный британский писатель Дэвид Лодж пишет об этом в новелле «Оно думает...». Главные герои — учительница английского языка Хелен и носитель искусственного интеллекта Ральф — сидят ночью в уличном джакузи и лениво флиртуют, перебрасываясь глубокомысленными репликами о том, что есть «я»:

Хелен. У этой штуки должен быть термостат. Выходит, она наделена сознанием?

Ральф. Самосознанием — вряд ли. Она же не знает, что ей хорошо. А мы с тобой знаем.

Хелен. А я думала, «я» — это такая вещь, которой не бывает.

Ральф. Если ты имеешь в виду определенную дискретную сущность — то да, не бывает. Но «я» существуют. Мы их все время сочиняем, вот как ты сочиняешь свои рассказы.

Хелен. Ты хочешь сказать, что наша жизнь — это только плод воображения?

Ральф. В некотором смысле — да. Такой способ потратить незадействованные ресурсы мозга. Мы сочиняем истории о себе.

Быть может, в чем-то обманывая себя, мы расплачиваемся за развившиеся у человека уникальные свойства сознания: пусть рудиментарную, но все же способность передавать другим свой осознанный опыт с точно такой оценкой уверенности, которая необходима для выработки полезных коллективных решений. Наша способность к интроспекции и социальному обмену информацией несовершенна, и все же из нее выросла письменность, соборы, реактивные самолеты и рецепт

омаров в соусе термидор. Впервые за все время эволюции живое существо получило возможность по собственной воле создавать воображаемые миры: мы в эгоистических интересах манипулируем алгоритмом принятия социальных решений, и для этого притворяемся, обманываем, прикидываемся, выдумываем, лжем, лжесвидетельствуем, отрицаем, вероломствуем, спорим, опровергаем и даем отпор. Обо всем этом писал Владимир Набоков в своих «Лекциях по зарубежной литературе» (1980):

«Литература родилась не в тот день, когда из неандертальской долины с криком «Волк, волк!» выбежал мальчик, а следом и сам серый волк, дышащий ему в затылок; литература родилась в тот день, когда мальчик прибежал с криком «Волк, волк!», а волка за ним и не было».

Сознание — это симулятор виртуальной реальности у нас в мозгу. Но как же тогда принимает решения сам мозг?

4. Автографы сознательной мысли

С появлением методов нейровизуализации в исследовании сознания произошел прорыв. Теперь мы могли видеть, как именно работает мозг, когда фрагмент информации поступает в сознание, и как изменяется работа мозга во время бессознательной обработки данных. Сравнивая эти два состояния, мы смогли получить то, что я зову автографом сознания: маркер, однозначно указывающий на сознательное восприятие стимула. В этой главе я опишу четыре автографа сознания. Сублиминальный стимул способен к глубокому проникновению в кору головного мозга, однако, когда он переходит грань восприятия, активность мозга резко возрастает и перекидывается на прочие области мозга, вызывая внезапное раздражение теменной и префронтальной структур (автограф номер один). На электроэнцефалограмме доступу в сознательный опыт соответствует запоздалая и медленно нарастающая волна P3 (автограф номер два). Проявляется она спустя целую треть секунды после воздействия стимула: наше сознание не поспевает за внешним миром. Поместив глубоко в мозг электроды, позволяющие отслеживать работу мозга, мы можем получить еще два автографа: запоздалый и резкий взрыв высокочастотных колебаний (автограф номер три) и синхронизацию информационного обмена между удаленными друг от друга областями мозга (автограф 4). Все эти факторы являются однозначными признаками процесса сознательной обработки данных.

Люди... представляют как бы тень, в которую мы никогда не можем проникнуть, прямого познания которой не существует.

Марсель Пруст. Германт (пер. А. Франковского)

Метафора Пруста — это свежий наряд для поизносившегося клише, представляющего человеческий разум как крепость. Сидя за воздвигнутыми им стенами, скрытые от испытующих взглядов, мы можем свободно думать обо всем, о чем нам будет угодно. Наше сознание — недоступное прочим святилище, в котором наш разум может бродить на свободе, в то время как коллеги, друзья и супруги думают, будто мы внимаем их словам. Джулиан Джейнс изображает это убежище как

«тайный театр безмолвных монологов и опережающих советов, невидимое обиталище всех настроений, мечтаний и тайн, неиссякаемый источник разочарований и открытий». Да под силу ли ученым проникнуть в эту твердыню?

Но прошло каких-нибудь два десятка лет, и немыслимое свершилось. В 90-е годы XX века мы научились видеть сквозь череп: японский исследователь Сейдзи Огава с коллегами изобрел метод функциональной магнитно-резонансной томограммы (фМРТ), мощнейшее и притом безвредное решение, позволяющее наблюдать за работой мозга без какого-либо вторжения в организм¹. Функциональная МРТ построена на изменениях тока крови в сосудах. Когда активность нейронной цепочки возрастает, нейроглиальные клетки вокруг этих нейронов улавливают всплеск синаптической активности и быстро открывают местные артерии, стремясь таким образом компенсировать возросшее потребление энергии. Две-три секунды спустя кровоток усиливается и принимается снабжать работающие цепочки кислородом и глюкозой. Возрастает количество красных кровяных телец, несущих молекулы гемоглобина со связанным кислородом. Главное достоинство фМРТ заключается в том, что теперь мы можем распознать физические характеристики молекулы гемоглобина на расстоянии: гемоглобин без кислорода работает как маленький магнит, а гемоглобин с кислородом — нет. Аппарат для магнитно-резонансной томографии представляет собой огромный магнит, улавливающий мельчайшие колебания магнитных полей; по этим колебаниям можно воссоздать картину недавней активности нейронов на каждом участке тканей мозга.

Функциональная МРТ отображает работу человеческого мозга с миллиметровым разрешением и может обновлять данные несколько раз в секунду. К сожалению, с помощью фМРТ мы не можем проследить за длительностью нейронной реакции, однако сегодня существуют и другие технологии, позволяющие точно определить время появления электрического заряда в синапсах — и череп для этого вскрывать опять-таки не надо. Ученые доработали старую добрую электроэнцефалограмму (ЭЭГ) — методику записи мозговых волн, которую изобрели еще в 1930-е, — и получили мощнейший аппарат на 256 электродов, позволяющий получать высококачественную цифровую запись деятельности сразу всего мозга с миллисекундным разрешением. Потом, в 1960-е, была изобретена новая, еще более эффективная технология магнитоэнцефалограммы (МЭГ), дающая исключительно точное изображение мельчайших магнитных колебаний, сопутствующих электрическим импульсам в нейронах коры

головного мозга. И ЭЭГ, и МЭГ записать очень просто — пациенту либо прикладывают к голове небольшие электрические клеммы (ЭЭГ), либо размещают вокруг головы высокочувствительные детекторы магнитных полей (МЭГ).

Имея в своем распоряжении фМРТ, ЭЭГ и МЭГ, мы получили возможность от начала и до конца проследить за тем, что происходит в мозгу, когда визуальный стимул следует от сетчатки до самых глубин фронтальной коры. Сочетая этот инструментарий с техниками когнитивной психологии, мы можем заглянуть в сознание по-новому. Как уже говорилось в главе 1, в ходе экспериментов было найдено немало стимулов, обеспечивающих оптимальный контраст между сознательным и бессознательным состоянием. Воспользовавшись технологией маскировки или невнимания, мы можем сделать любое изображение невидимым для глаза. Мы можем даже поместить его на самую грань восприятия, так, чтобы человек видел его лишь половину времени, и разница между видимостью и невидимостью была связана исключительно с субъективным восприятием. В лучших экспериментах ученым удалось точно уравновесить стимул, задачу и ее выполнение. В результате сознание превратилось в одну из переменных, поддающихся манипулированию экспериментальным путем: в одном случае участник эксперимента видит изображение, а в другом — нет.

Итак, остается лишь выяснить, что изменяется в мозгу под влиянием сознания. Существуют ли особые цепочки, возбуждающиеся лишь тогда, когда для выполнения задания требуется сознание? Возможно, сознательное восприятие вызывает в мозгу какие-то особые изменения, волны, колебания? Маркеры такого рода, если бы нам удалось их отыскать, можно было бы использовать как автограф сознания. Наличие этих процессов в мозгу указывало бы на причину так же однозначно, как подпись под документом указывает на личность подписавшего: есть автограф — безусловно присутствует сознательное восприятие.

В этой главе мы увидим, что несколько автографов сознания обнаружить все же удалось. Расколоть тайну сознания помогли методы нейровизуализации.

Лавина сознания

В 2000 году израильский ученый Каланит Грилл-Спектор, работавшая тогда в Институте Вейцмана (Тель-Авив), провела простой эксперимент с маской². Участникам эксперимента показывали некое изображение, причем демонстрация шла очень быстро, от $\frac{1}{15}$ до $\frac{1}{8}$ секунды, а вслед за изображением показывали еще одно, скрытое. В результате одни изображения участникам заметить удавалось, а другие — нет; все зависело от того, был ли преодолен порог сознательного восприятия. Ответы участников на графике дали красивую кривую: изображения, демонстрировавшиеся менее 50 миллисекунд, рассмотреть было очень трудно, а изображения, находившиеся на экране 100 миллисекунд или дольше, становились видимыми.

Затем Грилл-Спектор просканировала визуальную кору головного мозга участников (просканировать весь мозг в то время было не так-то просто) и обнаружила четкое разделение процессов. Первичные визуальные области активизировались независимо от участия сознания. Возбуждение первичной визуальной коры и областей вокруг нее наступало в связи с любым изображением, независимо от того, насколько хорошо оно было замаскировано. А вот в высших зрительных структурах коры, в области веретенообразной извилины и затылочно-височной латеральной области, наблюдалась тесная корреляция: мозговая активность имела у тех, кто сообщал, что видел изображение. Эти области мозга связаны с разделением объектов на категории, например лица, предметы, слова, места, и с созданием постоянных их образов. По всей видимости, когда возбуждение достигало этого уровня, изображение переходило в разряд осознанных.

Примерно в то же время я вел аналогичные эксперименты с восприятием замаскированных слов³. У меня на сканере отображались те области мозга, которые активировались всякий раз, когда участник смотрел на слова, демонстрируемые чуть ниже или чуть выше порога сознательного восприятия. Результаты были получены однозначные: даже в высших зрительных областях веретенообразной извилины состояние активности может наступать в отсутствие сознания. Собственно говоря, без участия сознания могут производиться даже довольно абстрактные умственные операции, требующие участия не самых базовых участков височной и теменной долей — тут и распознавание слов «пианино» и «ПИАНИНО» как

одного и того же слова, и узнавание цифры 3 и слова «три» как одного и того же числа⁴.

И все-таки, когда порог сознания был перейден, я заметил, что состояние высших зрительных центров резко изменилось. Их активность серьезно возросла. В области, отвечающей за распознавание букв (области визуального образа слова) активность выросла в 12 раз! Мало того, в дело включились многие другие области, молчавшие, пока слово было замаскировано и невидимо для сознания. Области эти относятся к лобной и теменной долям и попадают даже в глубине передней части поясной извилины, посередине между полушариями (см. рис. 16).

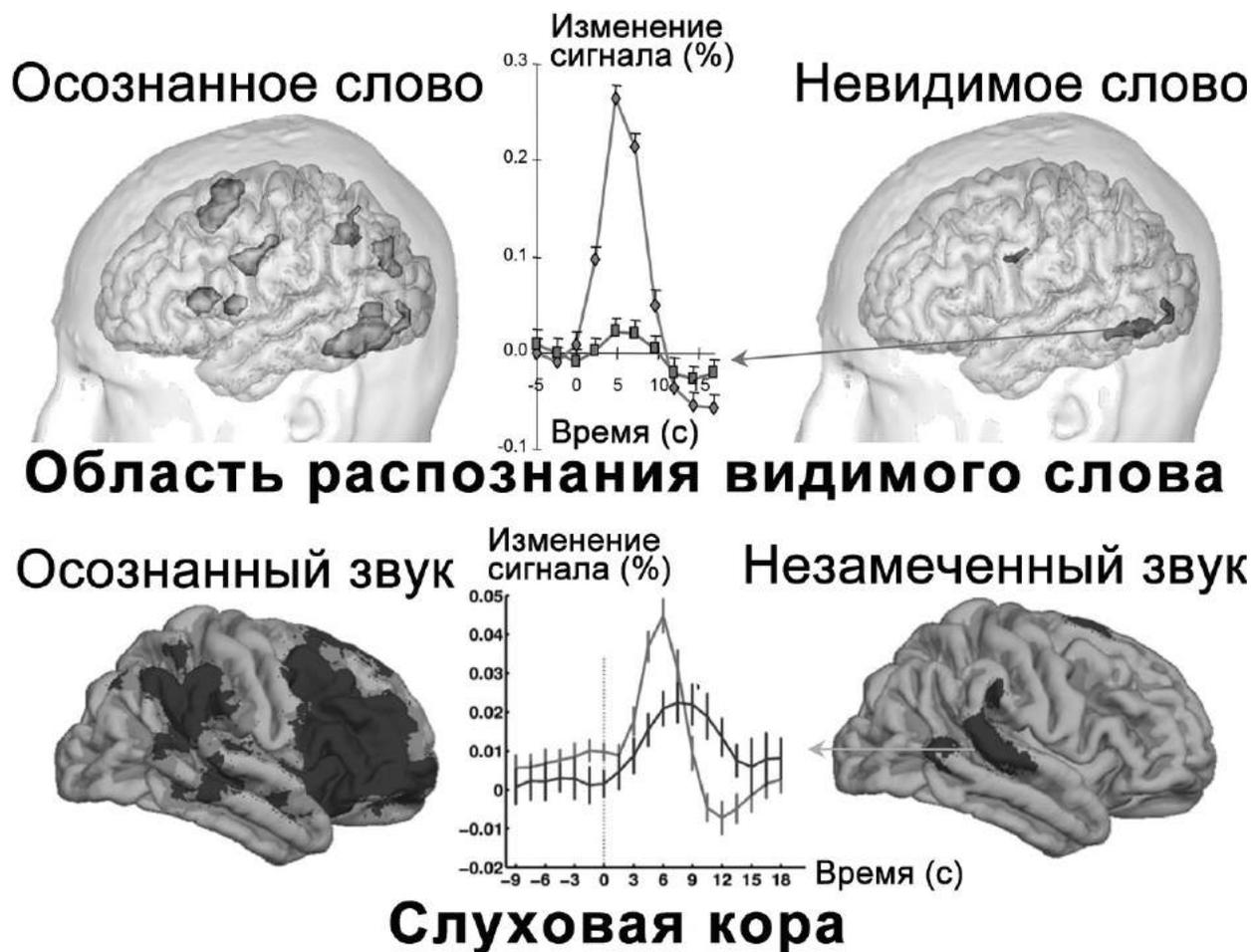


Рисунок 16. Первым автографом сознательного восприятия является интенсивное возбуждение различных областей мозга, в том числе билатеральной префронтальной и теменной. Если слово замаскировано и уходит в сублиминальную область (верхний рисунок), активируются специализированные цепочки, отвечающие за чтение, однако если то же самое слово будет увидено, активность в теменной и префронтальной долях значительно возрастет. Точно так же происходит активация слуховых областей, когда звук не воспринят сознанием (нижний рисунок), однако тот же самый звук, будучи замечен на сознательном уровне, вызывает обширную активность в нижней теменной и префронтальной коре

Измерив размах этой активности, мы обнаружили, что фактор амплификации, отличающий сознательную обработку информации от бессознательной, последовательно изменяется на протяжении всего пути зрительного импульса. Когда импульс впервые достигает коры головного мозга (зрительной коры), активность, пробужденная незамеченным словом, достаточно сильна и ее можно без труда отследить. Однако когда импульс

идет дальше в кору, под воздействием маски он начинает утрачивать силу. Сублиминальное восприятие можно сравнить с волной прибоя — она высоко вздымается, находясь вдалеке, но у берега ее хватает лишь на то, чтобы лизнуть ваши ноги⁵. А вот сознательное восприятие в той же терминологии можно сравнить с цунами или, пожалуй, с лавиной, это больше подходит, потому что сознательная активация не теряет, а набирает силу, как ком снега, который, скатываясь с горы, постепенно вырастает и превращается в лавину.

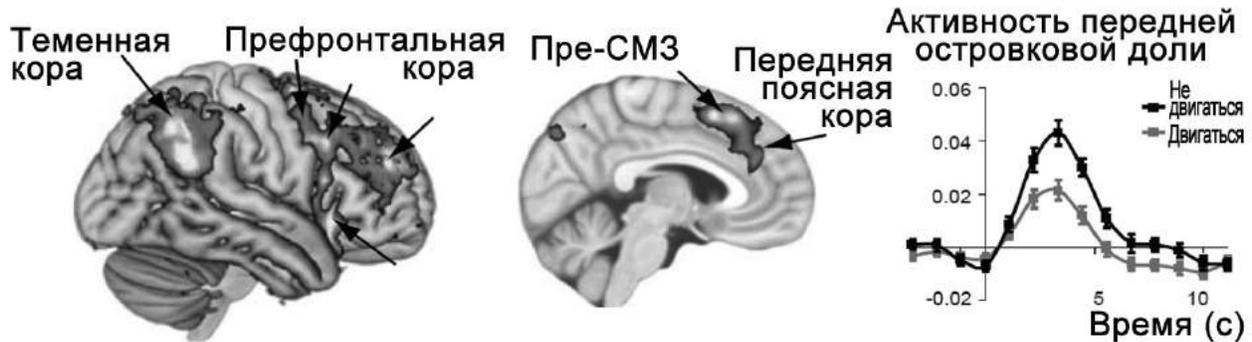
Чтобы наглядно это продемонстрировать, я в ходе эксперимента показывал слова в течение всего 43 миллисекунд, так, чтобы сетчатка получила минимальный импульс. Тем не менее активация начиналась и продолжалась в случае сознательного восприятия — нарастала и нарастала до тех пор, пока не вызывала обширную активность во многих областях. Активация этих областей шла крайне согласованно: возникающие во всех областях волны вздымались и падали одновременно. Это позволяло предположить, что задействованные участки держат друг с другом связь и подкрепляют друг друга до тех пор, пока возбуждение не превратится в несущую лавину. Если изображения были восприняты сознательно, синхронность оказывалась значительно выше, что могло указывать на важную роль корреляции активности для сознательного восприятия⁶.

В ходе этих несложных экспериментов был найден первый автограф сознания: распространение сенсорной активности в мозге, набирающее силу и захватывающее различные регионы префронтальной и теменной долей. Этот автограф не раз удавалось воспроизвести, причем не только посредством зрительного восприятия. Вообразите, например, что вас поместили в аппарат для фМРТ, но внутри в нем очень шумно. Время от времени вы слышите в наушниках какой-то другой, мгновенно затухающий звук. Вы не знаете, что звук этот специально подобран так, чтобы вы могли расслышать только половину. Так выглядит идеальный способ сравнения сознательного и бессознательного восприятия, только на сей раз — для слухового восприятия. И результат все так же очевиден: неосознаваемые звуки активируют только ту часть коры, которая расположена вокруг первичной слуховой области, в то время как при осознанном восприятии звука активность мозга растет лавинообразно и прорывается в нижнюю теменную и префронтальную области (рис. 16)⁷.

В качестве третьего примера возьмем моторику. Допустим, вам предложено делать движение всякий раз, когда вы видите определенное изображение, однако, если изображению будет предшествовать условный

сигнал, двигаться не следует⁸. Это типичная задача на подавление реакции: вы должны сознательно контролировать себя, чтобы подавить сильное стремление к доминантной реакции, требующей двигаться, хотя по условию двигаться не следует. А теперь вообразим себе, что в половине случаев сигнал «не двигаться» подается ниже уровня сознательного восприятия. Как послушаться команду, которую не воспринимаешь? Как ни странно, мозг ваш с этой невозможной задачей вполне справляется. Даже когда сигнал подавался на сублиминальном уровне, реакция участников была слегка замедленной — по-видимому, мозг способен подавлять импульсы отчасти без помощи сознания (мы уже видели это в главе 3). На изображениях, полученных с помощью нейровизуализации, показано, что сублиминальное подавление исходит из двух областей, связанных с контролем над моторными командами: пресупплекментарной моторной зоны и передней островковой доли. Наличие сознательного восприятия меняет всю картину и тут: когда участник эксперимента видит сигнал «не двигаться», активность в этих управляющих движением областях почти удваивается и охватывает значительно большее количество областей в теменной и префронтальных долях (рис. 17). С этой парой мы уже хорошо знакомы: внезапная активация данных областей постоянно возникает в качестве воспроизводимого автографа сознательного восприятия⁹.

Сознательный контроль



Бессознательный контроль

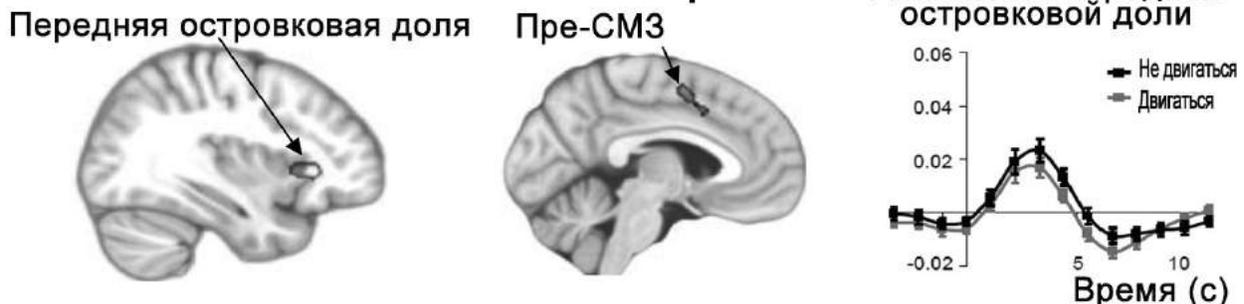
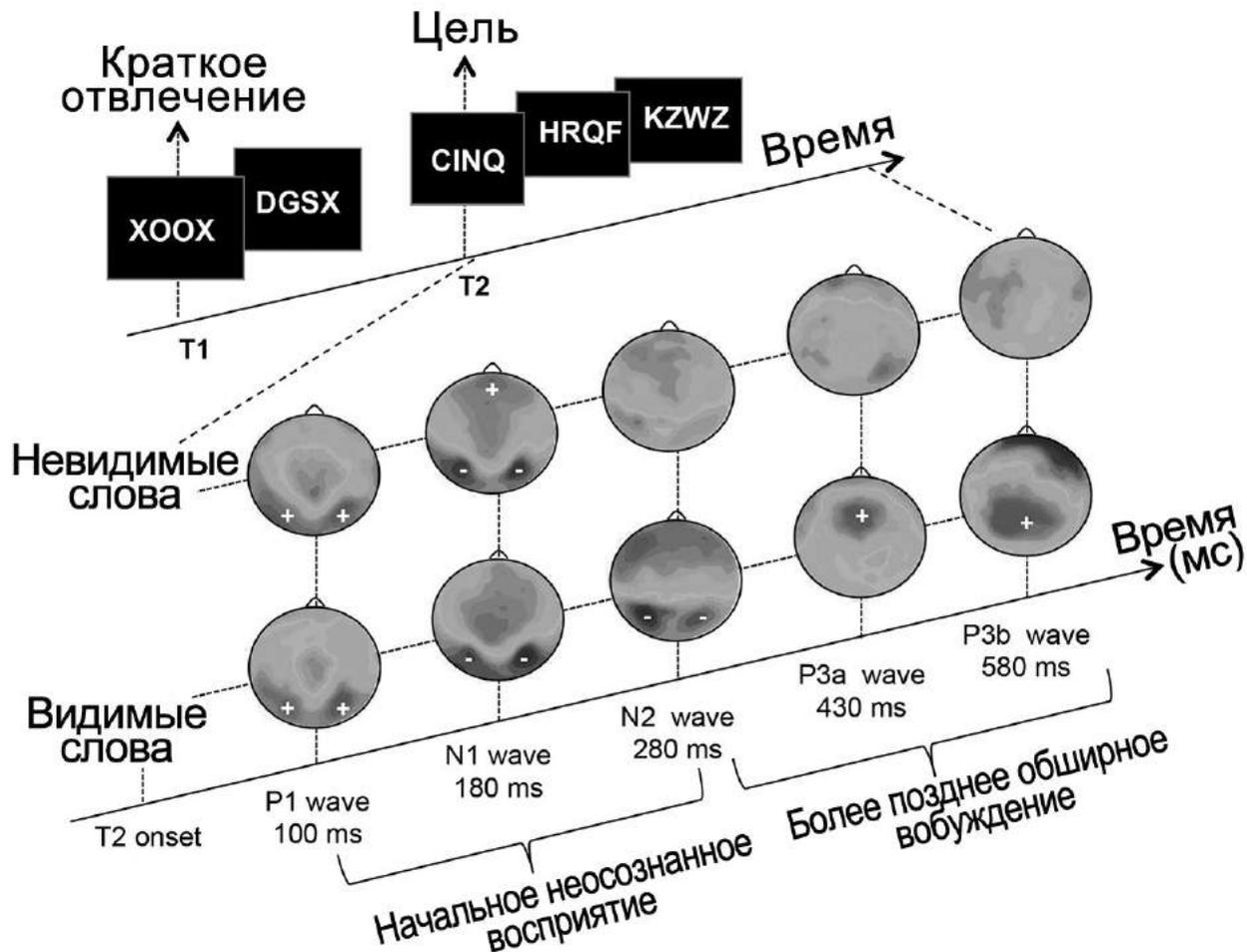


Рисунок 17. Нейронные цепи, отвечающие за сознательные или бессознательные действия, совпадают лишь частично. Невидимый сигнал «не двигаться» достигает нескольких специализированных областей мозга, например передней островковой доли и пресупплекментарной моторной зоны (пре-СМЗ), которые отслеживают и контролируют нашу моторику (правая колонка). Тот же сигнал, будучи видим, активизирует значительно больше областей теменной и префронтальной долей — те из них, что отвечают за произвольный контроль

Когда сойдет лавина

Магнитно-резонансная нейровизуализация — великолепный инструмент для локализации возбуждения в мозгу; но вот точное время активации с ее помощью определить, к сожалению, невозможно. МРТ не позволяет нам оценить, насколько быстро и в каком порядке активируются различные области мозга, когда мы осознаем тот или иной стимул. Для того чтобы точно хронометрировать лавину сознания, у нас есть такие великолепные инструменты, как электро- и магнитоэнцефалография (ЭЭГ и МЭГ). Испытуемому на кожу прикрепляют несколько электродов или же помещают вокруг головы датчики магнитного поля — и вот мы уже можем следить за работой мозга с точностью до миллисекунды.

В 1995 году мы с Клэр Сэрджент провели скрупулезнейшее ЭЭГ-исследование и первыми произвели хронометраж процесса доступа в сознательный опыт¹⁰. Мы проследили за тем, что происходит в мозгу с одинаковыми изображениями, если одно из них человек воспринимает сознательно, а другого словно бы и вовсе не видит (рис. 18). Мы использовали феномен моргания внимания — если человека ненадолго отвлечь, то он перестает воспринимать стимул, находящийся прямо у него под носом. Мы с Сэрджент просили участников отмечать, когда на экране появится слово, но, чтобы немного отвлечь их от задачи, перед каждым словом показывали последовательность букв, которые надо было назвать. Чтобы запомнить буквы, участникам приходилось на некоторое время сконцентрироваться, и в итоге они нет-нет да и упустили слово, которое должны были отметить. Чтобы понять, в какой момент внимание у них просело, после каждой демонстрации мы просили участника с помощью курсора сообщить, что он видел. Участник движениями курсора мог показать, что не видел никакого слова вовсе, или уловил несколько букв, или увидел почти все слово, или все слово целиком.



Активность зрительной коры Активность префронтальной коры

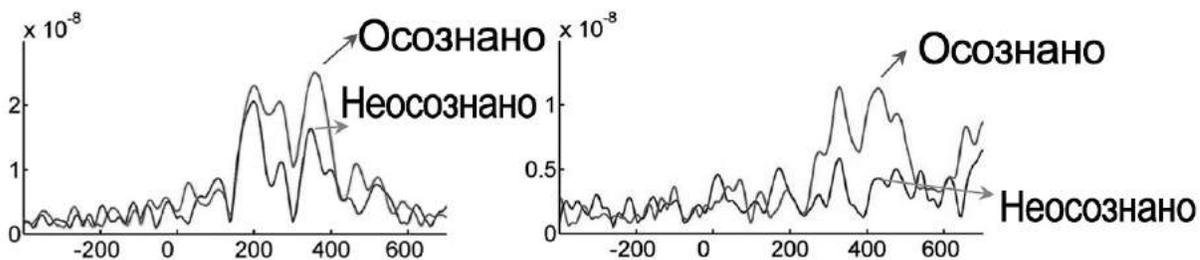


Рисунок 18. Медленные положительные волны в верхней и задней части головы — второй автограф сознательного восприятия. В этом эксперименте мы демонстрировали слова в момент моргания внимания, то есть как раз тогда, когда участник отвлекался на другую задачу. В результате участники пропускали слова в половине случаев и говорили, что не видели их. Отследить судьбу увиденных и неувиденных слов позволила запись мозговых волн с помощью расположенных на голове датчиков. Первая реакция зрительной коры во всех случаях была одинакова, однако примерно через 200 миллисекунд ситуация начинала развиваться по-

разному в зависимости от того, было слово осознано или нет. Только в случае, если участник осознал слово, волна активности нарастала и достигала префронтальной коры и ряда других ассоциативных областей, а затем возвращалась в зрительные области. Эта обширная активность фиксировалась в верхней части головы как высокое положительное напряжение — волна РЗ

Мы с Сэрджент возились с настройками до тех пор, пока одно и то же слово не удавалось перевести из осознанных в неосознанные и обратно. Когда настройка была завершена, участники в половине случаев сообщали, что отлично видели слово, а в другой половине случаев — что никакого слова и в помине не было. Когда речь заходила о том, что им удалось воспринять осознанно, половинчатых ответов не бывало: участник либо видел слово, либо не видел. Случаи частичного восприятия слова были редки¹¹.

Записи, сделанные с помощью аппаратуры, показывали, что мозг перестраивался внезапно и очень быстро, вдруг начинал видеть и осознавать невидимое. В самом начале, в первичной зрительной области, уровень активности был одинаков независимо от того, было слово видимым или невидимым. Как и любые зрительные стимулы, осознаваемые и неосознаваемые слова провоцировали появление в задней части зрительной коры сплошного потока мозговых волн. Эти волны называются Р1 и N1 — то есть первая обладает положительным потенциалом, и между пиками проходит около 100 миллисекунд, а у второй потенциал отрицательный, и максимума она достигает за 170 миллисекунд. Обе этих волны отражают продвижение зрительной информации от первичных зрительных областей к высшим, причем, похоже, на начальном этапе продвижение абсолютно не связано с сознанием. Может участник назвать слово или нет — активность мозга равно выражена и интенсивна. Итак, в зрительную кору слово поступает независимо от того, может потом участник его назвать или нет.

Но проходит еще несколько сотых секунды, и характер активности резко изменяется. Где-то между 200 и 300 миллисекундами, если считать с начала процесса, активность мозга падает, если слово было воспринято бессознательно, и продолжает распространяться по направлению к передним отделам мозга, если слово было осознано. Примерно 400 миллисекунд спустя разница становится просто огромной: вызвать интенсивную активность в левой и правой фронтальных долях, в передней поясной коре и в теменной коре может только осознанно воспринятое

слово. Спустя полсекунды с небольшим вновь возбуждаются зрительные области в задней части мозга, в том числе первичная зрительная кора. Эту обратную волну наблюдали многие исследователи, однако мы до сих пор не знаем, что она собой представляет — может быть, закрепившееся воспоминание об осознанной зрительной репрезентации¹².

Переход из бессознательного в сознательное происходит поразительно быстро, особенно если учесть, что исходные стимулы в случае осознанного и неосознанного восприятия были абсолютно идентичны. Менее чем через одну десятую долю секунды, между 200 и 300 миллисекундами с момента появления стимула, приборы зафиксировали переход от абсолютно идентичной реакции к диаметрально противоположным вариантам развития ситуации. Выглядело это так, словно поначалу оба слова активизировали зрительную кору одинаково, однако в случае сознательного восприятия волна активности нарастала, прорывалась в лобные и теменные структуры и внезапно захватывала значительную часть коры. В случае же неосознанного восприятия, напротив, волна так и оставалась в тыльных системах, и не затронутое ею сознание не получало информации о случившемся.

Впрочем, бессознательная активность угасала не сразу. Волны бессознательного еще с полсекунды бродили в пределах левой височной доли, в областях, отвечающих за понимание значения слова. В главе 2 мы видели, что при моргании внимания смысл оставшихся невидимыми слов бывает активирован¹³. В височной доле происходит бессознательная интерпретация, но сознательное восприятие возникает, лишь когда эта интерпретация распространяется в пределах лобной и теменной долей.

Лавине сознания сопутствует простой маркер, который можно легко отследить с помощью прикрепленных к голове электродов. Волна высокого напряжения возникает в этой области исключительно в случае осознанного восприятия. Начинается волна примерно спустя 270 миллисекунд, а пика достигает между 350 и 500 миллисекундами. Она неспешна, обширна, ее называют волной P3 (потому что после появления стимула она дает третий положительный пик) или P300 (потому что она начинается примерно через 300 миллисекунд)¹⁴. Ее напряжение составляет всего несколько микровольт — в миллион раз меньше, чем у простой пальчиковой батарейки. Тем не менее с помощью современных усилителей мы можем измерить и этот всплеск электрической активности. Многочисленные эксперименты показывают, что эту волну легко можно зафиксировать всякий раз, когда мы внезапно получаем доступ к осознанному объекту

восприятия¹⁵.

Если мы внимательно рассмотрим полученные данные, то обнаружим, что эволюция волны РЗ объясняет и то, почему участники не видели показанного им слова. На самом деле в нашем эксперименте было две волны РЗ. Первая возникла при демонстрации исходной последовательности букв — эта последовательность должна была отвлечь внимание испытуемого и всегда воспринималась осознанно. Вторая волна возникала, когда участник видел показанное ему слово. Но что интересно: две этих волны постоянно влияли друг на друга. Если первая волна РЗ была большой и длинной, то вторая с высокой вероятностью вообще не появлялась — именно это и происходило в случае, когда участник с высокой вероятностью не замечал показанного слова. Доступ в сознательный опыт действовал под девизом «или-или»: если мозг был долгое время занят первой последовательностью цифр и демонстрировал длинную волну РЗ, он не в состоянии был одновременно с этим запомнить второе слово. Осознание одного совершенно исключало осознание другого.

Рене Декарт был бы доволен: он первым подметил, что «мы не можем уделять равное внимание нескольким вещам одновременно» — он объяснял эти ограничения механикой, утверждая, что шишковидная железа может отклоняться либо в одну, либо в другую сторону. Если не считать этого небольшого анатомического заблуждения, Декарт был прав: наше сознание не может активизироваться по двум направлениям одновременно и потому мы в каждый момент времени получаем не больше одного «ломтика» осознанности. Когда префронтальная и теменная доли совместно обрабатывают первый стимул, они не могут разом взять и заняться вторым. Сам факт концентрации на первом стимуле зачастую не позволяет нам воспринять второй. Порой мы его, правда, все-таки воспринимаем, но в этом случае волна РЗ идет с большим запозданием¹⁶. Это тот самый «рефракторный период», с которым мы уже сталкивались в главе 1: чтобы второй стимул мог достигнуть сознания, ему приходится ждать, пока оно закончит с первым.

Запаздывание осознания

Из всего этого следует одна важная вещь: мы осознаем неожиданные события с большим отставанием от реальности. Мало нам того, что мы осознаем лишь крохотную долю поступающих со всех сторон сенсорных сигналов; но даже с этим запаздываем где-то на треть секунды. В этом смысле наш мозг похож на астронома, наблюдающего за сверхновой звездой. Скорость света — величина конечная, и вести от далеких звезд идут к нам миллионы лет. Вот и человеческий мозг собирает факты так медленно, что информация, которую мы относим к осознанному «настоящему», на самом деле успевает устареть минимум на треть секунды. Длительность этого периода может быть даже больше половины секунды — если поступающие данные так незначительны, что могут преодолеть порог сознательного восприятия лишь после долгой аккумуляции. (Это можно сравнить с тем, как астрономы фотографируют на долгой выдержке, чтобы чувствительная фотопластина аккумулялировала слабый свет звезд)¹⁷. А если голова занята чем-то другим, то, как мы уже видели, осознание может откладываться еще дольше. Вот почему нельзя говорить по телефону за рулем — если ваше сознание отвлечено чем-то другим, замедляются даже такие рефлекторные действия, как удар по тормозам при виде стоп-сигналов впереди идущей машины¹⁸.

Мы не замечаем границ своего внимания и не сознаем, насколько сильно наше субъективное восприятие отстает от объективной реальности. Впрочем, чаще всего это и неважно. Прекрасный закат или выступление симфонического оркестра не станут хуже оттого, что на самом деле краски, которые мы видим, поблекли, а услышанные ноты — отзвучали полсекунды назад. Находясь в состоянии пассивного восприятия, мы не слишком переживаем о том, когда же на самом деле звучали эти ноты. И даже когда действующей стороной становимся мы сами, мир вокруг изменяется достаточно медленно, и реакции нашего запаздывающего сознания нам в целом хватает. Но попытка действовать «в реальном времени» показывает нам, насколько медленно мы воспринимаем происходящее. Любой пианист, исполняющий аллегро, знает, что не следует даже пытаться контролировать каждый пляшущий по клавишам палец — сознание попросту не поспевает за его танцем. Хотите воочию убедиться в том, как медленно вы осознаете мир? Попробуйте сфотографировать что-нибудь быстрое и непредсказуемое, например как

ящерица высовывает язык. К тому времени как ваш палец нажмет на кнопку, действие, которое вы хотели запечатлеть, давно уже завершится.

К счастью, наш мозг располагает изящными механизмами для компенсации задержки. Во-первых, мы частенько полагаемся на бессознательный «автопилот». Как заметил еще Декарт, человек отдергивает палец от огня прежде, чем ощутит боль. Наши глаза и руки реагируют в срок потому, что ими руководят самые разнообразные сенсорно-моторные цепи, которые обладают быстрой реакцией и действуют за пределами сознания. Эти цепи могут подчиняться сознательному намерению, когда мы, например, намеренно подносим палец к пламени свечи. Но само действие далее происходит неосознанно, и, если цель внезапно переместится, палец мгновенно последует за ней, не дожидаясь, пока мы заметим изменения¹⁹.

Вторым механизмом компенсации подтормаживающего осознания является прогнозирование, предвосхищение. Практически во всех сенсорных и моторных областях человеческого мозга имеются механизмы темпорального научения, прогнозирующие события в окружающем мире. Когда события предсказуемы, эти механизмы занимаются составлением точных прогнозов, благодаря которым мы быстрее воспринимаем событие, когда оно наконец свершится. К сожалению, когда происходит что-то непредсказуемое — например, мгновенная вспышка света, — мы неверно определяем время события. Если взять точку, движущуюся с заданной скоростью, то при вспышке всегда будет казаться, что эта точка находится позади своего реального местоположения²⁰. Эффект «отставания вспышки» (предсказуемый стимул мы всегда воспринимаем скорее, нежели непредсказуемый) явственно показывает нам, как длинны и извилисты пути, ведущие в твердыню сознания.

Мы осознаем, насколько сильно отстает от реальности наше сознание, только когда механизм прогнозирования в мозгу не срабатывает. Если вам доводилось ронять стакан с молоком, вы знакомы с этим не понаслышке: мгновение — и вы понимаете, что сознание не поспевает за происходящим и остается лишь горевать о собственной медлительности.

Восприятие ошибки, как, собственно, и восприятие любого другого физического явления, состоит из двух этапов: сначала бессознательная оценка, затем сознательное возбуждение. Предположим, вас попросят сознательно управлять своим взглядом: как только блеснет свет, вы должны будете отвести глаза. А получится, скорее всего, так: когда блеснет свет, вы отведете глаза не сразу, потому что сначала вспышка притянет ваш взгляд,

и только потом вы посмотрите в сторону. И что интересно — вы можете даже не подозревать о том, что совершили ошибку. Порой в ходе эксперимента вам может показаться, что вы отвели глаза немедленно, но на самом деле это будет не так. А проследить за кодированием ошибки в мозгу нам поможет энцефалограмма²¹. В первый миг, одну пятую часть секунды, кора головного мозга реагирует на осознанные и неосознанные ошибки одинаково. Расположенный в поясной извилине автопилот замечает, что движение не соответствует плану и инструкции, и сейчас же подает сигнал ошибки — даже если ошибка останется неосознанной²². Как и прочие сенсорные реакции, эта первоначальная будет происходить неосознанно и зачастую так и останется незамеченной. Однако когда мы полностью осознаем, что поступили неверно, мозг выдаст следующую реакцию, сильную, с положительным потенциалом. Ее можно зафиксировать электродами, расположенными в верхней части черепа. Реакция эта имеет собственное название — «позитивность ошибки» (*error positivity*, сокращенно PE), однако на практике она неотличима от уже знакомой нам волны P3, возникающей при осознанном восприятии сенсорного воздействия. Следовательно, осознанное восприятие действий и осознанное восприятие ощущений очень схожи между собой, а волна P3 снова оказывается в роли автографа мозга, ведущего сознательную оценочную деятельность, — причем сохраняется этот автограф довольно долго, даже когда вызвавшее его событие завершится²³.

Выделяем момент осознания

Читатель-скептик может усомниться: а вправду ли мы сумели отыскать уникальный автограф доступа в сознательный опыт? Вдруг наблюдаемое возбуждение теменной и префронтальной областей, а также волна РЗ объясняются чем-то другим? В последние 10 лет нейробиологи постоянно усложняли эксперименты, стремясь взять под контроль все возможные факторы, которые могли бы повлиять на картину. К окончательному выводу высокий суд пока еще не пришел, но некоторые остроумные эксперименты все же позволяют достаточно убедительно отделить сознательное восприятие от других сенсорных и моторных явлений. Что же это за эксперименты?

Наличие сознательного восприятия несет с собой массу последствий. Всякий раз, когда мы осознаем происходящее, перед нами открывается бесчисленное множество вариантов дальнейших действий. Мы можем рассказать о случившемся словами или жестами. Можем сохранить его в памяти, а потом вспомнить снова. Можем оценить его или действовать, исходя из него. Но все это может случиться лишь после момента осознания — а потому все перечисленные действия трудно отделить от доступа в сознательный опыт. Есть ли в мозговой активности, наблюдаемой при сознательном восприятии, какие-либо особенности, характерные именно для ситуации доступа в сознательный опыт?

Чтобы ответить на этот сложный вопрос, мы с моими коллегами-исследователями бросили все силы на подготовку экспериментов, которые объединяли бы в себе работу с сознательным и бессознательным. Изначально мы попросили участников экспериментов действовать одинаково в обоих случаях. Так, в ходе эксперимента с морганием внимания участники вначале должны были запомнить увиденные буквы, а потом решить, видели ли они слово или нет²⁴. А решить, что он не видел слова, человеку так же трудно или даже труднее, чем решить, что он это слово видел. Ответы «видел» или «не видел» участники давали одним и тем же способом — нажимая на правую или на левую клавишу. Но ни одним из этих факторов невозможно было объяснить большую волну РЗ с сильной активацией теменных и префронтальных областей, возникавшую при демонстрации видимых слов, но отсутствовавшую, когда слова оставались невидимыми.

Правда, адвокат дьявола может возразить, что, когда человек видит

слово, в этот же миг у него в мозгу запускается целая серия процессов, а когда «не видит», то и реакции такой острой быть не может, поэтому надо подождать до конца исследования и только тогда решать, видел участник что-то или не видел. Вдруг наблюдаемая разница в активности связана с естественным ослабеванием реакции в течение времени?

Хоквон Лау и Ричард Пассингем опровергли это предположение с помощью хитроумного эксперимента²⁵. Они воспользовались удивительным феноменом слепозрения. Как мы уже видели в главе 3, демонстрируемые в течение короткого промежутка времени сублиминальные изображения для человека невидимы, однако могут возбуждать кору головного мозга, и возбуждение это временами достигает моторной коры. В результате участники адекватно реагируют на предмет, которого, как они считают, не видели, — отсюда название «слепозрение». Лау и Пассингем придумали, как с помощью этого эффекта уравнивать объективную моторную деятельность в случае осознанного и неосознанного восприятия: в обоих случаях участники проделывали совершенно одинаковые вещи. Но даже и при этом минимальном контроле осознанное видение вызывало более сильное возбуждение левой стороны префронтальной коры. Участники эксперимента были здоровы, однако те же результаты были получены и для пациента G.Y., страдающего классической разновидностью слепозрения и выказавшего полноценное раздражение теменной и префронтальной областей при демонстрации осознаваемого изображения²⁶.

Ну и что, скажет адвокат дьявола, ну уравнили вы реакции, так ведь теперь у вас осознанные и неосознанные стимулы не совпадают. Вот уравнийте сразу и стимулы, и реакции, чтоб совпадало все, кроме субъективного восприятия осознанного видения. Только тогда я и впрямь поверю, что вы поймали настоящий автограф сознания.

Думаете, это невозможно? Как бы не так. Работая над докторской диссертацией, израильский психолог Моти Солти вместе со своим руководителем Домиником Лами сумел выполнить эту задачу и доказал, что волна РЗ является автографом доступа в сознательный опыт²⁷. Фокус был прост: фрагменты эксперимента были поделены на группы на основании ответов участников. Солти включал вспышку в виде световой решетки в одной из четырех возможных точек и сразу после этого задавал участнику два вопроса: 1) где была вспышка; 2) вы видели или просто угадали? На основе этих данных Солти с легкостью поделил фрагменты эксперимента на четыре группы. Имелась многочисленная группа: «видел,

ответил правильно», в которой участники эксперимента видели вспышку и, конечно, давали правильный ответ. Но благодаря феномену слепозрения возникла и другая большая группа: «не видел, ответил правильно» — участники этих испытаний утверждали, что ничего не видели, но тем не менее давали правильный ответ.

Вот он, идеальный эксперимент: один и тот же стимул, одна и та же реакция, но часть участников видела вспышку, а другая часть — нет. Данные ЭЭГ свидетельствовали о том, что на раннем этапе, в течение примерно 250 миллисекунд, активность мозга у всех участников наблюдалась абсолютно одинаковая. Разница между двумя группами исследований заключалась только в одном: у тех, кто осознавал, что видел вспышку, волна РЗ через 270 миллисекунд становилась значительно больше, чем у тех, кто отметил вспышку неосознанно. Волна имела не только характерную амплитуду, но и специфический рисунок: неосознанный стимул возбуждал небольшую волну с положительным потенциалом в задней части теменной коры, и волна эта, по всей видимости, говорила об идущей бессознательной обработке данных, позволяющей дать правильный ответ. Однако на левую и правую фронтальные доли возбуждение переходило только в случае наличия осознанного восприятия.

Солти сам решил выступить в роли адвоката дьявола и задался вопросом о том, нельзя ли объяснить полученные им результаты с помощью смешанных экспериментов, когда ответы давались бы наугад, а иногда наблюдалась бы волна РЗ нормального типа. Однако анализ показал, что эта альтернативная модель несостоятельна. При сублиминальной демонстрации стимула у испытуемых действительно наблюдалась постфактум небольшая волна РЗ, однако она была слишком мала, имела слишком малую амплитуду и сильно запаздывала, а потому ничем не походила на волны, наблюдаемые при осознаваемой демонстрации стимула. Волна эта свидетельствовала разве только о том, что в экспериментах с сублиминальным изображением лавина активности в мозгу успевала начаться, но быстро сходила на нет и угасала, не успев возбудить сколь-либо серьезную волну РЗ. При процессах, соответствующих исключительно сознательному восприятию, наблюдалась только полноценная волна РЗ, распространявшаяся по префронтальной коре в обе стороны.

Массовая активация сознания

Стоит нам получить какие-то неожиданные данные, как мозг сейчас же развивает бурную деятельность. Мы с коллегами назвали это его свойство «глобальной массовой активацией»²⁸. Вдохновил нас на это название канадский нейрофизиолог Дональд Хебб, который первым проанализировал деятельность групп нейронов и в 1949 году написал об этом бестселлер «Организация поведения»²⁹. Хебб очень наглядно объяснил, как возбуждение передается по цепочке от одного нейрона к другому и вскорости может вылиться в массовую синхронизированную деятельность — это похоже на зрительный зал, который после первых одиноких хлопков вдруг срывается во всеобщую овацию. Как охваченные восторгом зрители вскакивают с мест и разражаются аплодисментами, заражая своим энтузиазмом окружающих, так и большие пирамидальные нейроны, расположенные в верхних слоях коры мозга, передают свое возбуждение обширной аудитории нейронов-приемников. Мы с коллегами предположили, что глобальная массовая активация происходит тогда, когда передаваемое возбуждение переходит порог и начинает подпитывать само себя: одни нейроны возбуждают другие, а те, в свою очередь, передают возбуждение обратно³⁰. В итоге мы имеем взрыв активности: тесно связанные между собой нейроны срываются в устойчивое состояние высокоуровневой активности и превращаются, по выражению Хебба, в «совокупность клеток», где носится туда-сюда один и тот же импульс.

Этот коллективный феномен напоминает то, что физики зовут «фазовым переходом», а математики — «бифуркацией»: внезапная, практически дискретная метаморфоза физической системы. Пример фазового перехода из жидкого состояния в твердое — вода, которая замерзает и превращается в лёд. В самом начале наших раздумий о сознании мы с коллегами заметили, что многие свойства сознательного восприятия вполне укладываются в концепцию фазового перехода³¹. Вода замерзает только при наступлении определенных условий; так же и стимулы — краткие остаются неосознанными, а долгие становятся видимыми. У большинства самоподпитывающихся физических систем имеется переломная точка, в которой происходит или не происходит (под влиянием случайной помехи или шума) крупная метаморфоза. Вряд ли мозг является исключением из правил, подумали мы.

Можно ли утверждать, что осознанный стимул запускает фазовый

переход в мозгу и мощно воздействует на активность коры, «замораживая» области мозга в согласованную структуру? Как это доказать? Чтобы докопаться до истины, мы с Антуаном Дель Кулем придумали простой эксперимент³². Мы постоянно изменяли некий физический параметр демонстрации, так, чтобы он менялся как меняется температура медленно остывающей в склянке воды. Затем мы стали изучать субъективные отчеты и объективные маркеры мозговой активности, выискивая ситуации, в которых разные участки мозга действовали бы с перерывами, а потом внезапно выдавали сильнейшую активность, как при выраженном фазовом переходе.

В ходе эксперимента мы показывали участникам цифру, которая оставалась на экране в течение всего одного кадра (16 миллисекунд), затем — пустое пространство и, наконец, маску, в роли которой выступал случайный набор букв. Длительность демонстрации пустого пространства мы все время понемногу меняли, на 16 миллисекунд за раз. Что же сказали участники? Изменялось ли так же постепенно их восприятие? Нет — в полном соответствии с условиями фазового перехода они могли находиться только в одном состоянии. Если пробел становился больше, они могли видеть цифру, но если пробел был краток, тогда они видели только буквы, служившие маской. Момент смены состояния был явственно выражен. Восприятие работает нелинейно: при удлинении паузы цифра не становилась всякий раз чуть более видима (участники не сообщали, что видят ее лучше и лучше), а просто в какой-то момент из невидимой делалась видимой или наоборот (сначала вижу, потом — нет). Неосознанное восприятие менялось на осознанное при задержке примерно в 50 миллисекунд³³.

Обнаружив это, мы взялись за ЭЭГ и стали выяснять, какие скачкообразные изменения происходили в мозгу, когда он реагировал на замаскированные цифры. И на этот раз все снова свелось к волне P3. Все, что было до нее, либо не изменялось вместе со стимулом, либо если уж изменялось, то совсем не совпадало с субъективной оценкой участников.

Так, мы обнаружили, что пауза между цифрой и буквами не оказывает значительного влияния на первоначальную реакцию зрительной коры, о которой свидетельствуют волны P1 и N1. Это, впрочем, никого не удивило, ведь во всех случаях мы показывали одну и ту же цифру на протяжении одного и того же отрезка времени, а значит, первый этап ее проникновения в мозг и должен был происходить одинаково, независимо от того, сознавал участник эксперимента, что видит цифру, или нет.

Возникающие далее волны в левой и правой зрительных областях тоже не менялись. Степень зрительной активации росла пропорционально длительности демонстрации цифры на экране до появления маски. Мимолетно продемонстрированная цифра могла проникать в мозг до тех пор, пока этот процесс не пресекала маска из букв. Поэтому получалось, что длительность и размеры мозговых волн менялись в строгом соответствии с тем, сколько времени проходило между показом цифры и наложением маски из букв. Эта пропорциональность реакции никак не сочеталась с ответами участников, утверждавших, что они либо видели цифру, либо нет. По-видимому, волны были слишком слабы и не могли достичь сознания участников. На этом этапе сильная активность сохранялась даже тогда, когда люди утверждали, что не видели никаких цифр.

Но когда срок появления маски достиг 270 миллисекунд от начала демонстрации цифры, на ЭЭГ внезапно отобразилась массивная вспышка (см. рис. 19). В ходе экспериментов, участники которых сообщали, что видели цифру, волны мозга вдруг приобретали иной характер, а активность нарастала лавинообразно, быстро и мощно. Силу этого взрыва невозможно было объяснить крохотным изменением длительности паузы перед появлением маски. Так мы получили прямое доказательство того, что доступ в сознательный опыт связан с фазовым переходом в динамике нейронных сетей.

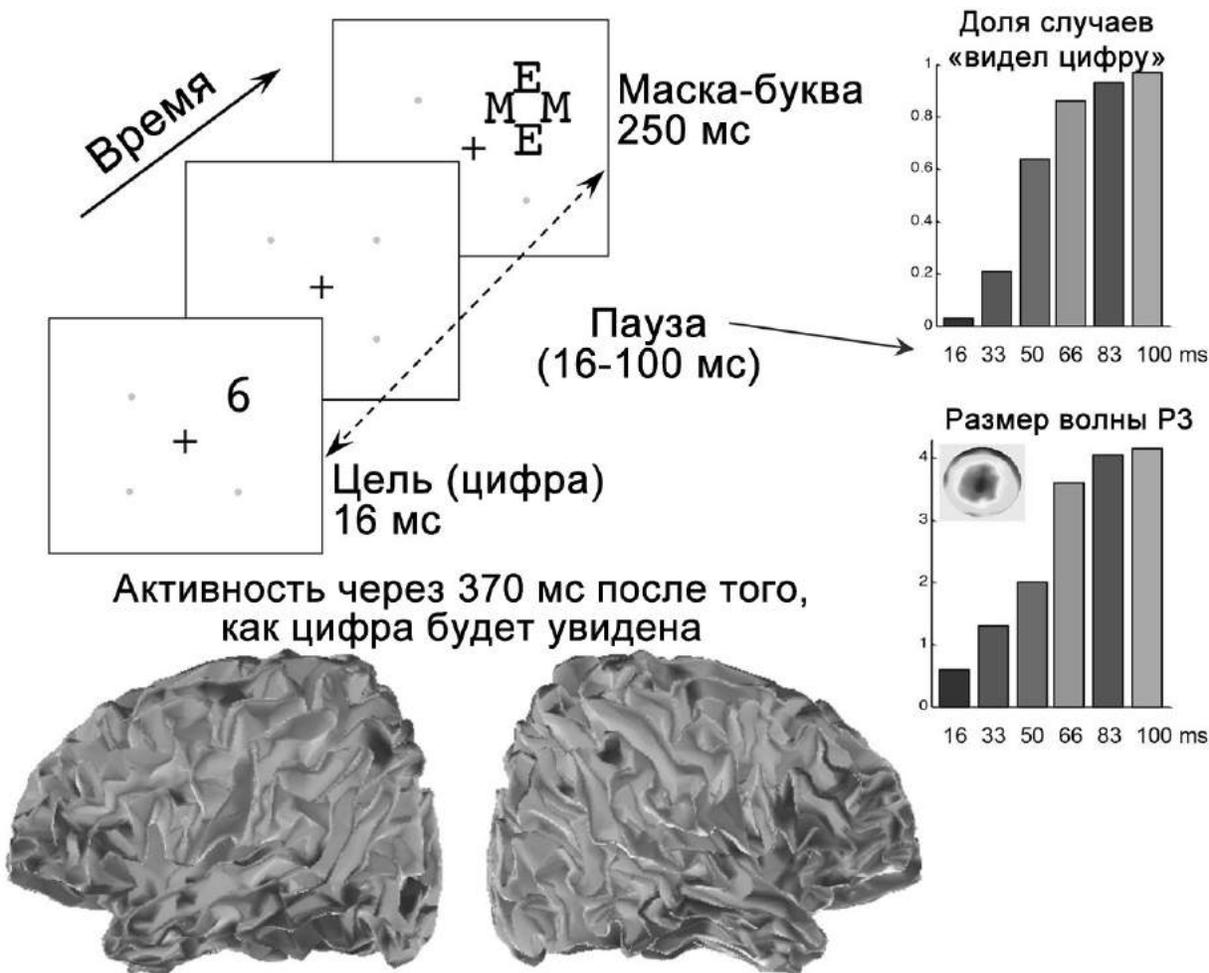


Рисунок 19. Сознательное восприятие внезапно и резко изменяет характер поздней активности мозга — у физиков это называется «нелинейный фазовый переход». В этом эксперименте мы показывали цифру, а затем, после паузы, длительность которой могла быть разной, —

набор букв, служивший маской. По мере увеличения длительности паузы активность зрительной коры постепенно возрастала. Однако сознательное восприятие возникало внезапно: когда длительность паузы достигала примерно 50 миллисекунд, цифра внезапно становилась видимой. Вновь появлялась поздняя волна РЗ — автограф осознанного восприятия. А примерно через 300 миллисекунд после появления цифры внезапно включались некоторые области коры мозга, в том числе передние доли, причем включались они все разом и только когда участник эксперимента сообщал, что увидел цифру

Появление осознанности выражалось в волне, которая очень напоминала все ту же РЗ: высокое положительное напряжение в верхней части головы. Источником этого напряжения была одновременная активация большой цепочки, охватывающей ряд областей в левой и правой затылочной, теменной и префронтальной долях. Мы демонстрировали цифру лишь с одной стороны, но тем сильнее было наше удивление, когда обнаружилось, что активность нарастала в обоих полушариях совершенно синхронно и симметрично. Стало ясно, что сознательное восприятие значительно усиливает ту слабую активность, которая возникает поначалу в качестве реакции на быструю вспышку. На пике обработки информации многие области мозга выдают синхронную реакцию и тем самым сигнализируют о включении сознательного восприятия.

В глубинах сознания

Впрочем, эксперименты, с которыми мы покуда имели дело, слабо связаны с реальными событиями, происходящими у нас в мозгу. Функциональная МРТ и отслеживание электрической активности мозга с помощью электродов позволяют нам составить очень условное представление о работе мозга. Правда, недавно исследования в области вспышек сознания получили новый поворот: пациентам с эпилепсией электроды стали вживлять напрямую в мозг, а мы благодаря этому получили возможность непосредственно наблюдать за деятельностью коры головного мозга. Моя команда взяла этот метод на вооружение сразу, как только он появился, и стала использовать его для того, чтобы проследить, что происходит в мозгу с видимым или невидимым для человека словом³⁴. Результаты нашей работы, а также работы других исследователей говорят в пользу концепции лавины, за которой следует массивированная глобальная активация³⁵.

В ходе одного исследования мы объединили данные, полученные от десяти пациентов, и решили составить картину постепенного проникновения слова в кору головного мозга³⁶. Электроды были размещены на всем протяжении зрительного канала, и мы могли наблюдать за переходом стимула с одного этапа на другой и соотносить эти этапы с тем, видел ли пациент изображение или нет. На начальном этапе активность в обоих случаях была схожа, но очень скоро результаты при работе с видимыми и невидимыми изображениями начали различаться между собой. Спустя примерно 300 миллисекунд разница достигла гигантских размеров. В случае если участник эксперимента не видел изображение, активность прекращалась так быстро, что фронтальная область практически не успевала вступить в дело. Если же изображение было видимым, активность во фронтальной области многократно усиливалась. За какую-то треть секунды крохотное различие разрасталось во вспышку «все или ничего».

Используя очаговые электроды, мы могли выяснить, как далеко распространяется осознанный стимул. При этом следует помнить, что точки вживления электродов были выбраны с тем, чтобы отслеживать происходящее во время эпилептических припадков, и к целям нашего исследования отношения не имели. И все же почти в 70 процентах случаев данные свидетельствовали о том, что сознательно воспринимаемые слова

имеют большое влияние, в то время как для бессознательно воспринимаемых слов эта цифра составила всего 25 процентов. Вывод прост: неосознанная информация не выходит за пределы небольших участков мозга, в то время как осознанная еще долго распространяется по самым разным участкам коры.

Помимо всего прочего, при введении электродов непосредственно в мозг мы имеем уникальную возможность хронометрировать происходящее в коре. Электрофизиологи различают множество различных ритмов сигнала ЭЭГ. Мозг бодрствующего человека выдает массу разнообразных электрических флюктуаций, которые принято различать по интервалу частоты; называть эти волны принято греческими буквами. В бестиарии мозговых волн есть альфа-ритм (8—13 герц), бета-ритм (13—30 герц) и гамма-ритм (от 30 герц и выше). Попав в мозг, стимул воздействует на текущие флюктуации, снижает или иным образом изменяет их активность и навязывает новые частоты. Проанализировав воздействие стимула на ритмы мозга, мы смогли по-новому взглянуть на автографы сознательного возбуждения.

Всякий раз, показывая участнику эксперимента видимое или невидимое слово, мы наблюдали в мозгу всплеск активности гамма-ритма. В первые 200 миллисекунд после появления слова мозг усиливал электрические флюктуации этого высокочастотного ритма — как правило, это говорит о возбуждении нейронов. Если слово было невидимым, этот всплеск гамма-ритмов угасал, а если видимым — сохранялся. Четкая разница была заметна уже спустя 300 миллисекунд. Аналогичное явление наблюдали Рафи Малах и его коллеги в Институте Вейцмана (см. рис. 20)³⁷. Сильный скачок мощности гамма-ритма, начинающийся спустя 300 миллисекунд после появления стимула, можно считать третьим автографом сознательного восприятия.

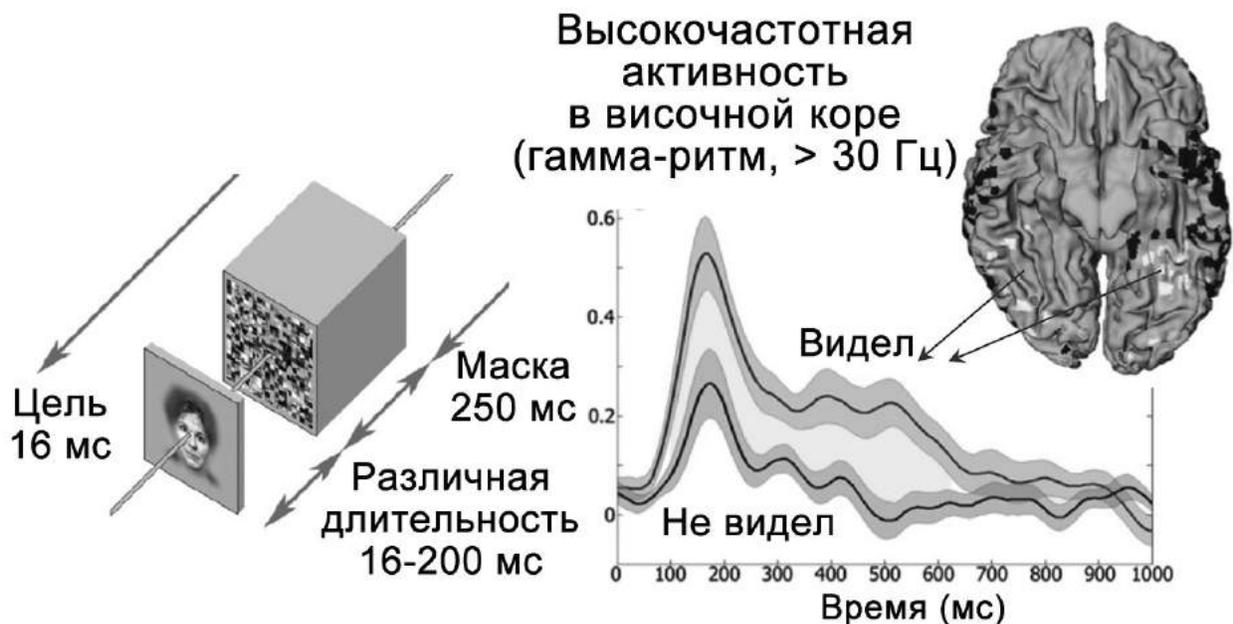


Рисунок 20. За сознательным восприятием быстро показанного изображения следует длительный всплеск высокочастотной активности, то есть третий автограф сознания. Изредка в верхнюю часть коры мозга эпилептикам вводят электроды, которые воспринимают лавинообразную активность мозга, возникающую вслед за демонстрацией изображения. Если испытуемый не мог увидеть изображение, наблюдался только кратковременный всплеск высокочастотной активности вентральной зрительной коры. Если же испытуемый видел изображение, лавина усиливалась и достигала этапа, на котором происходила единомоментная активация. Сознательному восприятию сопутствовал длительный всплеск высокочастотной электрической активности, свидетельствующей о сильном возбуждении локальных нейронных цепочек

Эти результаты позволили по-новому взглянуть на старую гипотезу, касающуюся значения колебаний в 40 герц для сознательного восприятия. Еще в 1990-е годы нобелевский лауреат Фрэнсис Крик вместе с Кристофом Кошем высказал предположение о том, что сознанию должны сопутствовать колебания в мозгу, имеющие частоту примерно в 40 герц (25 колебаний в секунду) и свидетельствующие об обмене информацией, который идет между корой головного мозга и зрительным бугром. Сегодня мы знаем, что эта гипотеза абсолютно верна — даже бессознательный стимул может инициировать высокочастотную активность, причем не только на частоте в 40 герц, но и во всем спектре гамма-ритма³⁸. Впрочем, пусть вас не удивляет, что высокочастотные колебания возникают как при

сознательной, так и при бессознательной обработке информации: эти колебания можно наблюдать практически в любой группе активных нейронов коры мозга всякий раз, когда возбуждение нейронов под воздействием внешних факторов организуется в высокочастотные ритмические колебания³⁹. При этом наши эксперименты показали, что подобная активность получает сильнейшую поддержку в период массовой активации сознания. Следовательно, можно сделать вывод о том, что автографом сознательного восприятия является не просто наличие гамма-ритма, а его усиление на позднем этапе.

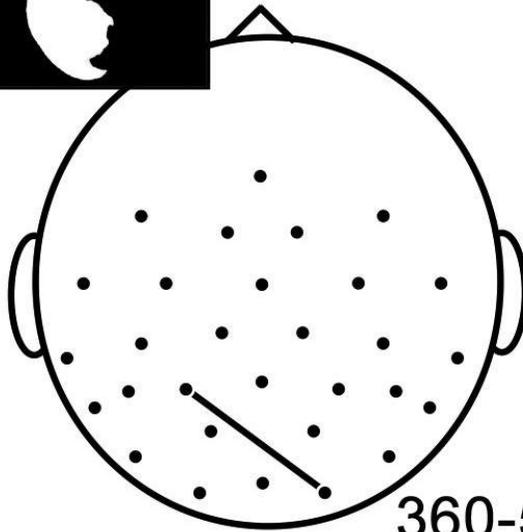
Мозговая сеть

Зачем же мозг генерирует синхронные нейронные колебания? Возможно, синхронность способствует передаче информации⁴⁰. В нейронных дебрях, что раскинулись в коре головного мозга, разносятся хаотичные сигналы миллионов клеток, и потерять небольшую группу активных нейронов в этой путанице совершенно немудрено. Но если нейроны этой группы зазвучат в унисон, они будут услышаны и передаваемая ими информация полетит дальше. Возможно, именно поэтому возбуждающим нейронам приходится подавать свои импульсы в строгой последовательности — так важное сообщение может быть передано дальше. По сути, синхронность создает канал для коммуникации между удаленными друг от друга нейронами⁴¹. Нейроны, совершающие колебания одновременно, получают общее окно возможностей и могут получать сигналы друг от друга. Синхронность, которую мы наблюдали в наших макроскопических записях, может указывать на происходящий на микроскопическом уровне обмен информацией между нейронами. Что касается сознательного опыта, то тут особую важность могут иметь обстоятельства, в которых обмен происходит не только между двумя соседствующими областями, но и между самыми разными областями коры головного мозга. Так нейроны всего мозга начинают действовать согласованно, в единении.

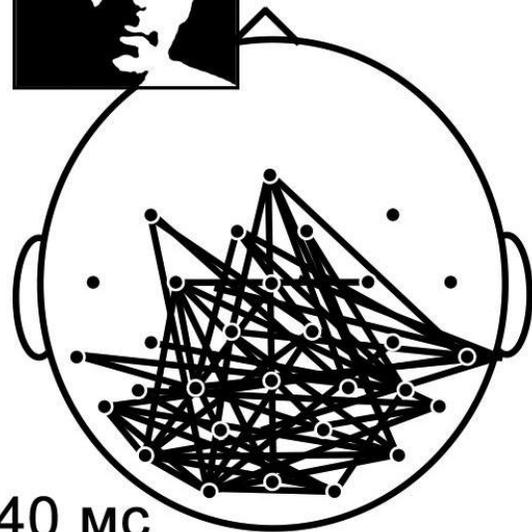
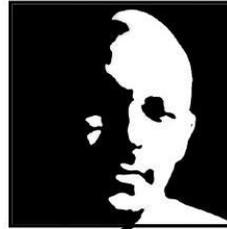
Эта идея получила подтверждение, когда несколько групп ученых обнаружили, что четвертым автографом сознательного восприятия является массовая синхронизация электромагнитных сигналов в коре головного мозга⁴². Этот автограф, как и предыдущий из перечисленных, возникает спустя некоторое время. Примерно 300 миллисекунд спустя после появления изображения начинается синхронизация удаленных электродов — но только если изображение было воспринято сознательно (рис. 21). Синхронность, спровоцированная бессознательно воспринятым изображением, длится недолго и наблюдается только в задней части мозга, то есть там, где происходит не требующая сознания деятельность. Сознательное же восприятие порождает связь между самыми отдаленными участками мозга и провоцирует активный взаимный обмен сигналами, именуемый мозговой сетью⁴³. Частота, на которой возникает эта сеть, в разных исследованиях была разной, однако, как правило, для возникновения сети требуется самая малая частота бета-ритма (13—30

герц) или тета-ритма (3—8 герц). Можно предположить, что низкие несущие частоты наиболее удобны для преодоления серьезных задержек, связанных с передачей информации на расстояние в несколько сантиметров.

Не видит лицо

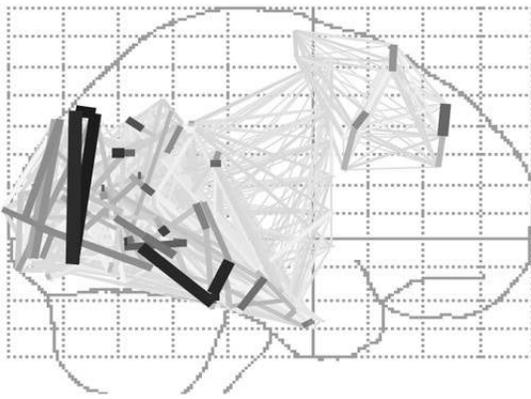


Видит лицо



360-540 мс

Не видит слово



Видит слово

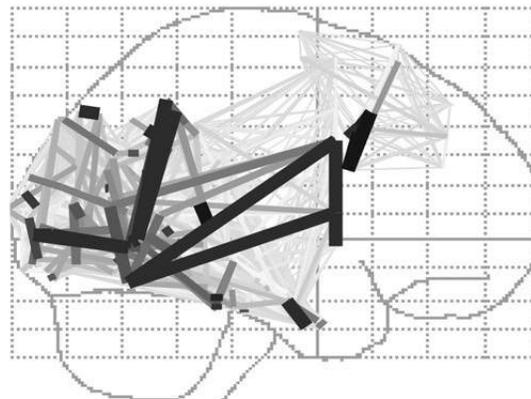


Рисунок 21. Синхронизация ряда удаленных друг от друга областей мозга, объединяющихся таким образом в глобальную «мозговую сеть», является четвертым автографом сознания. Примерно через треть секунды после того, как человек увидит лицо (сверху), происходит синхронизация

электрических сигналов мозга. (Каждая прямая соответствует высокочастотной паре электродов.) Высокочастотные колебания гамма-ритма (более 30 герц) происходят синхронно, а следовательно, соответствующие области обмениваются сообщениями на высокой скорости, используя для этого сеть связей. Точно так же во время сознательного восприятия слова (внизу) причинно-следственная связь свидетельствует о массивном обоюдонаправленном росте активности в удаленных друг от друга областях коры, особенно во фронтальной ее части. Если же участник эксперимента не видит лицо или слово, возникающая синхронизация невелика и ограничена локальной областью

Пока что нам неизвестно точно, сколько миллионов сигналов нейронов, распределенных во времени и пространстве, нужно, чтобы создать сознательную репрезентацию. Данные все чаще указывают на то, что простого частотного анализа тут недостаточно, хотя, конечно, во многих случаях этот математический инструмент бывает полезен. Но возникающие в мозгу колебания, как правило, не имеют одной строго заданной частоты. Активность нейронов складывается в ритмы, которые могут изменяться так и сяк, идти с разной частотой и при этом синхронизироваться с ритмами самых удаленных уголков мозга. Более того, одна частота может быть «скрыта» в другой: высокочастотный ритм может включаться в определенный момент низкочастотных флюктуаций⁴⁴. Для того чтобы разобраться в этих сложных закономерностях, нам потребуются какие-то новые математические инструменты.

Так, мы с моими коллегами использовали для записи мозговой активности методику под названием «анализ причинности по Грейнджеру». Она была создана в 1969 году британским экономистом Клайвом Грейнджером для того, чтобы определять, когда два временных ряда — например, два экономических показателя — будут взаимосвязаны таким образом, чтобы один можно было объявить причиной другого. Недавно эта методика нашла свое применение и в нейробиологии. В мозгу настолько все тесно взаимосвязано, что причинно-следственные связи представляют важный, но сложный вопрос. Вот, например, правда ли, что возбуждение идет снизу вверх, от сенсорных рецепторов к интегративным корковым центрам более высокого уровня? Или же часть этого процесса идет также и сверху вниз, и из высокоуровневых областей поступают вниз сигналы, воздействующие на наше сознательное восприятие? Физиологические каналы для передачи информации снизу вверх и сверху вниз в коре головного мозга есть. Каналы связи между отдаленными участками мозга

допускают передачу информации в любую сторону, причем каналы для связи сверху вниз значительно преобладают. Но мы пока почти ничего не знаем о том, зачем это нужно и связано ли это как-то с сознанием.

Анализ причинности по Грейнджеру позволил нам пролить немного света на этот вопрос. Возьмем два ограниченных по времени сигнала и спросим: действительно ли один сигнал идет раньше другого и определяет его показатели в будущем? По Грейнджеру, сигнал А является «причиной» сигнала В в том случае, если прошлые состояния А позволяют определить нынешнее состояние сигнала В лучше, чем прошлые состояния сигнала В сами по себе. Следует заметить, что эта формулировка отнюдь не исключает наличия обоюдной причинно-следственной связи: А может влиять на В, и одновременно В может влиять на А.

Когда мы с коллегами использовали эту методику для обработки информации с вживленных в мозг датчиков, обнаружилось, что анализ причинности по Грейнджеру прекрасно объясняет динамику возбуждения сознания⁴⁵. В частности, во время показов видимых изображений мы наблюдали массовый рост обоюдонаправленных причинно-следственных связей в мозгу. Происходил этот «взрыв причинности» опять-таки примерно 300 миллисекунд спустя. К тому времени подавляющее большинство наших датчиков было захвачено обширной сетью со сложными взаимоотношениями, причем информационный поток в этой сети был направлен в основном от зрительной коры к фронтальной доле мозга, однако и в обратную сторону, сверху вниз, шел тоже.

Объяснить существование волны, идущей снизу вверх, можно чисто интуитивно: сенсорная информация должна последовательно пройти по всем зонам коры; ее путь начинается от первичной зрительной коры и ведет ко все более абстрактной репрезентации стимула. Но вот зачем нам волна, идущая в обратном направлении? Можно предположить, что это либо сигнал внимания, служащий для усиления усвоения информации, либо сигнал подтверждения — простая проверка соответствия входящей информации ее текущей репрезентации на более высоком уровне. Самое полное объяснение звучит так: мозг переходит в состояние «распределенного аттрактора», то есть в нем возбуждается целый ряд областей, которые в течение короткого времени поддерживают устойчивую передачу сигналов в обоих направлениях.

При демонстрации сублиминальных изображений ничего подобного не происходило и всеохватывающего возбуждения мозговой сети не наблюдалось. Максимум, что удалось обнаружить, — промежуточный период возникновения причинно-следственных связей в вентральной

зрительной коре, да и он длился лишь немногим больше 300 миллисекунд. Интересно, что в течение этого времени преобладали причинные сигналы, идущие сверху вниз. Выглядело все так, будто передние области бомбардируют запросами сенсорные области, но те не подают соответствующих сигналов, и потому сознательное восприятие так и не включается.

Переломный момент и то, что ему предшествует

Итак, давайте подытожим, что нам известно на данный момент. Сознательное восприятие возникает вследствие волны активности нейронов, которая перехлестывает через край и вызывает обширное возбуждение. Осознанный стимул запускает лавину нейронной активности, которая нарастает и передает возбуждение все новым областям, объединяя их в общую структуру. Это связанное с сознанием состояние начинается спустя примерно 300 миллисекунд после появления стимула, и, пока оно сохраняется, передние области мозга получают информацию о сенсорных раздражителях снизу вверх, но сами при этом отправляют большие объемы данных в противоположном направлении, сверху вниз, во множество различных областей. В итоге возникает мозговая сеть, состоящая из синхронизированных областей, а определенные характеристики деятельности этих областей оказываются автографами сознания: тут и распространение активности, особенно во фронтальной и теменной долях, и волна РЗ, и усиление гамма-ритма, и обширная массивованная синхронизация.

С помощью метафоры достигшей своего пика лавины мы можем разобраться в некоторых противоречиях, возникающих, когда мы задаемся вопросом: а когда именно происходит в мозгу сознательное восприятие? Мои данные, как и данные множества моих коллег, указывают на то, что оно проявляется довольно поздно, примерно через треть секунды после начала зрительной стимуляции. Но в некоторых лабораториях были обнаружены различия между осознанным и неосознанным восприятием, наблюдавшиеся гораздо раньше — иногда спустя всего 100 миллисекунд⁴⁶. Может быть, это ошибка? Отнюдь. Располагая достаточно чувствительными приборами, мы нередко можем отследить мельчайшие изменения мозговой активности, предшествующие началу всеобщей массовой активации. Но говорят ли эти различия о появлении сознания? Нет. Во-первых, их не всегда удается отследить — на сегодняшний день мы имеем множество прекрасных экспериментов, в ходе которых использовались совершенно идентичные видимые и невидимые стимулы, однако единственным признаком, коррелировавшим с наличием сознательного восприятия, было позднее всеобщее возбуждение⁴⁷. Во-вторых, структура ранних изменений не соответствует изменениям, наблюдаемым, когда испытуемый сообщает о наступлении сознательного

восприятия — так, например, при маскировке первоначальные реакции нарастают линейно в зависимости от длительности стимула, в то время как субъективное восприятие имеет нелинейные характеристики. И наконец, все происходящее на ранних этапах сопровождается лишь незначительным усилением в случае демонстрации осознанных стимулов на фоне сильнейшей сублиминальной активности⁴⁸. Эти мелкие изменения ничего не значат: мы всего лишь делаем вывод, что массовая активация происходит и тогда, когда человек сообщает, что ничего не заметил.

Так почему же зрительная активность на ранних этапах в некоторых экспериментах становится средством прогнозирования осознанности? Скорее всего, случайные флюктуации возрастающей активности повышают вероятность того, что спустя некоторое время в мозгу произойдет массовая активация. В среднем положительные флюктуации склоняют дело к сознательному восприятию — как снежный ком, с которого начинается лавина, или знаменитая бабочка, от взмаха крыльев которой рождается ураган. Мы не знаем наверняка, сойдет ли лавина, — это вопрос вероятностей; точно так же нельзя определить заранее, приведет ли каскадная активность мозга к возникновению сознательного восприятия: один и тот же стимул иногда будет воспринят, а иногда останется незамеченным. Чем же различаются эти две ситуации? Непредсказуемые изменения в возбуждении нейронов иногда соответствуют входящему стимулу, а иногда играют против него. Если взять средние результаты нескольких тысяч экспериментов, в которых сознательное восприятие то наступало, то нет, эти небольшие помехи будут выделяться на общем фоне и дадут статистически значимый эффект. При прочих равных, в случае когда человек видит изображение, первоначальная зрительная активация оказывается на волосок сильнее, чем в тех случаях, когда он его не видит. Однако предполагать, что на этом этапе мозг уже достиг сознательного состояния, будет так же неверно, как и утверждать, что первый ком снега — это уже лавина.

Некоторые эксперименты свидетельствуют даже о корреляции сознательного восприятия с сигналами мозга, записанными до появления зрительного стимула⁴⁹. Это уж совсем странно: разве может активность мозга содержать маркер сознательного восприятия стимула, если стимул этот еще только будет показан через несколько секунд? Это что, предвидение? Да нет, конечно. Мы просто наблюдаем исходные условия, которые в среднем повышают вероятность лавинообразного пробуждения сознания в мозгу.

Мы помним, что активность мозга непостоянна и сопровождается флюктуациями. Какие-то флюктуации помогают нам воспринимать необходимый целевой стимул, а какие-то снижают способность сконцентрироваться на задаче. Приборы для нейровизуализации сегодня достаточно чувствительны, чтобы улавливать сигналы, которые возникают еще до появления стимула и говорят о готовности коры к восприятию. В результате, когда мы постфактум усредняем полученные данные, уже зная о том, что сознательное восприятие имело место быть, то обнаруживаем, что эти начальные события входят в число факторов, указывающих на сознательное восприятие. И все же они не являются неперенным фактором. Сознательное восприятие возникает позже, когда возникшие ранее влияния и поступающие данные складываются и дают на выходе масштабное возбуждение.

Наблюдения эти позволяют сделать один важный вывод: нужно научиться отличать факторы, коррелирующие с наличием сознания, от истинных автографов сознания. Поиск имеющихся в мозгу механизмов сознательного опыта нередко описывают как поиск нейронных структур, коррелирующих с сознанием, однако это описание в корне неверно. Корреляция не равна причине, поэтому одной корреляции еще недостаточно. С сознательным восприятием коррелирует масса разновидностей деятельности мозга — в том числе, как мы только что убедились, флюктуации, которые возникают прежде появления стимула и потому с точки зрения логики не могут быть результатом его кодирования. Нам же нужна не просто любая статистическая связь между активностью мозга и сознательным восприятием, но систематически возникающий автограф сознания, присутствующий всякий раз при наступлении сознательного восприятия, отсутствующий, когда этого восприятия нет, и кодирующий весь субъективный опыт, о котором сообщает человек.

Декодировать осознанную мысль

Давайте снова сыграем в адвоката дьявола. Что, если глобальная массовая активация действует как предупредительный сигнал, как сирена, которая заводится всякий раз, как мы что-то заметим? Что, если она не имеет никакого отношения к подробностям нашего сознательного мышления? Что, если это просто внезапное возбуждение всех структур мозга, никак не связанное с реальным содержанием субъективного опыта?

На самом деле, в стволовой части мозга и в зрительном бугре имеется множество универсальных ядер, которые, по всей видимости, сигнализируют о том, что требует нашего внимания. Вот, например, голубое пятно — кластер нейронов, расположенных в стволовой части мозга и отвечающих за доставку нейротрансмиттера норэпинефрина, который поступает в различные участки коры головного мозга в стрессовой ситуации, требующей внимания. Выброс эpineфрина может происходить одновременно с осознанием воспринимаемого зрительного образа, а некоторые исследователи утверждают даже, что именно этим бывает вызвана высокая волна РЗ, фиксируемая прикрепленными к коже датчиками во время доступа в сознательный опыт⁵⁰. Сигнал, который испускают норэпинефриновые нейроны, может не иметь отношения собственно к сознанию — просто неспецифический разряд, необходимый для бдительности, но не несущий мельчайших отличительных черт, из которых складывается ткань нашей сознательной психической жизни⁵¹. Назвать этот сигнал средством пробуждения сознания — все равно что перепутать шлепок брошенной под дверь воскресной газеты с текстом новостей, которые в ней напечатаны.

Но как же тогда отделить истинный код сознания от сопутствующих ему бессознательных бантиков и рюшечек? В принципе это не так уж сложно. Нужно всего лишь отыскать в мозгу нейронную репрезентацию, которая поддается декодированию и на сто процентов совпадает с нашим субъективным восприятием⁵². Искомый код сознания должен включать в себя исчерпывающие данные об опыте субъекта, ровно с тем количеством деталей, какое воспринимает сам человек. Он должен оставаться глух ко всему, что человек не заметил, даже если это что-то физически присутствовало при восприятии. И наоборот, он должен включать в себя субъективное содержание осознанного восприятия, даже если человек воспринимает иллюзию или галлюцинацию. Наконец, он должен

соответствовать субъективному восприятию видимого сходства/несходства: если мы видим ромб и квадрат как две разные фигуры, а не одну, повернутую на сорок пять градусов, то именно это должно быть прописано в создаваемой мозгом сознательной репрезентации.

Код сознания должен отличаться крайней стабильностью: не меняться, когда мы полагаем, что мир стабилен, но немедленно поддаваться изменениям, как только стабильность будет нарушена. Это условие значительно ограничивает нас в поиске автографа сознания, поскольку почти наверняка исключает из области поиска первичные сенсорные области. Когда мы идем по коридору, стена проецируется на сетчатку в виде постоянно меняющегося изображения, однако мы безразличны к этому движению и считаем, что комната неподвижна. Движение присутствует во всех имеющихся у нас первичных зрительных областях, но мы его не замечаем. Наш взгляд мечется туда-сюда по три-четыре раза в секунду, и спроецированный на сетчатку образ окружающего нас мира скачет вместе с глазом. К счастью, мы не замечаем этой головокружительной пляски, от которой недолго было бы заполучить морскую болезнь; наше восприятие сохраняет стабильность. Даже когда мы глядим на движущуюся цель, нам не кажется, что фон, на котором мы ее наблюдаем, движется в противоположном направлении. Следовательно, скрытый в коре головного мозга код сознания должен отличаться той же стабильностью. Используя орган восприятия движения во внутреннем ухе и прогнозы, связанные с моторными командами, мы каким-то образом ухитряемся вычистить из картины мира наше собственное движение и воспринимаем все нас окружающее как неизменное целое. И только когда мы специально обходим эти предупредительные моторные сигналы — например, перемещаем глаз, аккуратно касаясь его пальцем, — только тогда мир приходит в движение.

Умение не замечать лишнего движения, порожденного нашими собственными перемещениями, — лишь один из множества примеров того, как мозг вычищает из сознательного «краткого доклада» все лишнее и ненужное. Благодаря его неустанной работе мы видим мир как единое целое, а не как мешанину из сигналов, достигающих наших органов чувств. Так, когда мы смотрим телевизор, картинка на экране меняется по 50-60 раз в минуту, причем эксперименты показывают, что эти незаметные вроде бы изменения достигают первичной визуальной коры и ее нейроны начинают подавать сигналы с той же частотой⁵³. К счастью, мы не воспринимаем эти ритмичные колебания, поскольку поступающая в зрительные области в огромных количествах подробнейшая информация достигает нашего

сознания в отфильтрованном виде. Результаты экспериментов подтверждают: первичная зрительная кора содержит уйму закодированной информации, но мы эту информацию не воспринимаем⁵⁴.

При этом нельзя утверждать, что наше сознание практически слепо: на самом деле оно выполняет роль активного наблюдателя, в значительной степени изменяющего и трансформирующего образы, которые к нему поступают. В области сетчатки и участков коры, которые первыми принимаются за обработку изображения, центральная часть поля зрения превосходит периферийную: нейронов, отвечающих за восприятие в центральной области, значительно больше, чем нейронов, отвечающих за зрение на периферии. И все-таки нам не кажется, будто мы видим мир через огромное увеличительное стекло, да и лицо или буква, которые мы пытаемся рассмотреть, в размерах не вырастают. Сознание без устали исполняет функцию стабилизатора восприятия.

В качестве последнего примера огромной разницы между поступающими сенсорными данными и тем, что из них делает наше сознание, возьмем цвет. Почти все чувствительные к цвету колбочки расположены по центру глаза, на периферии их мало, но мы все равно воспринимаем цвет даже на краю поля зрения. Мы не шагаем по черно-белому миру, любуясь тем, как расцветают краски на вещах, на которые мы обращаем наш взгляд. Все, что мы осознаем, мы видим в полном цвете. На сетчатке, там, где пролегает зрительный нерв, у нас имеется огромное «слепое пятно», но на нашей картине мира нет никакой черной дыры.

Все это говорит нам о том, что первичные зрительные реакции не могут содержать в себе кода сознания. Для того чтобы мозг сложил пазл восприятия и получил стабильную картину мира, нужно очень много работы. Возможно, именно поэтому автограф сознания появляется так поздно: кора головного мозга просто не успевает разобраться во всей этой мозаике и выстроить устойчивую картинку быстрее чем за треть секунды.

Если это действительно так, тогда на этом этапе деятельность мозга должна включать в себя все данные о нашем сознательном опыте — код всего, о чем мы успели подумать. Если бы мы могли прочесть этот код, то могли бы во всех подробностях ознакомиться с внутренним миром человека, в том числе с его субъективным восприятием и иллюзиями.

Фантастика? Отнюдь. Нейробиолог Квиан Квируга и его израильские коллеги Ицхак Фрид и Рафи Малах сумели записать сигналы отдельных нейронов человеческого мозга, и таким образом открыли дверь в сознательное восприятие⁵⁵. Ученые обнаружили нейроны, которые

реагируют лишь на конкретные изображения, места или людей и подают сигнал лишь при наличии сознательного восприятия. Полученные в ходе эксперимента данные свидетельствуют против неспецифической интерпретации. Во время массовой активации мозг возбуждается не весь. В работу вступают только вполне определенные кластеры нейронов, причем форма и расположение этих кластеров явно говорит о субъективном содержании сознания.

Но как записать работу нейронов, сокрытых глубоко в мозгу? Я уже рассказывал, что современные нейрохирурги, работая с эпилептиками, вживляют им электроды прямо в мозг. Как правило, эти электроды достаточно велики и записывают без разбора все сигналы, поступающие от тысяч клеток. Но нейрохирург Ицхак Фрид, опираясь на более ранние работы в этой области⁵⁶, создал крайне чуткие небольшие электроды, специально предназначенные для записи сигналов отдельных нейронов⁵⁷. В мозгу человека, как и в мозгу большинства животных, нейроны коры обмениваются отчетливыми электрическими сигналами, или «пиками» — такое название они получили за то, что на осциллографе отображаются в виде сильнейших всплесков электрического потенциала. Возбуждающие нейроны, как правило, выдают несколько пиков в секунду, причем каждый сигнал быстро перемещается по аксону и достигает как ближних, так и дальних целей. Благодаря смелым экспериментам Фрида мы получили возможность в течение нескольких часов или даже дней записывать все пики, выдаваемые отдельным нейроном, причем сам пациент при этом находится в полном сознании и ведет нормальный образ жизни.

Когда Фрид с коллегами поместили электроды в переднюю височную долю, то сразу же обнаружили интереснейшую вещь. Оказалось, что отдельные нейроны человеческого мозга могут быть крайне избирательны и реагировать на конкретное изображение, имя или даже концепцию. Ученые демонстрировали пациенту сотни изображений лиц, мест, предметов и слов, но каждый конкретный нейрон, как правило, реагировал на одно-два из них. Один нейрон вообще реагировал только на фотографии Билла Клинтона!⁵⁸ За прошедшие годы выяснилось, что нейроны человеческого мозга избирательно реагируют на самые разные фотографии, в том числе изображения членов семьи, знаменитых зданий (здание Оперы в Сиднее, Белый дом) и даже телевизионных знаменитостей вроде Дженнифер Энистон и Гомера Симпсона. Примечательно, что зачастую те же самые нейроны реагировали и на надписи: один и тот же нейрон мог подать сигнал и при появлении надписи «Опера в Сиднее», и при

появлении фотографии этого знаменитого на весь мир здания.

Подумать только, теперь мы можем вслепую сунуть в мозг электрод, прислушаться к сигналам нейронов и отыскать клетку, которая голосует за Билла Клинтона! Получается, что, когда мы что-то видим, в мозгу на это реагируют миллионы клеток. Можно предположить, что, взятые все вместе, нейроны передней височной доли образуют сложный внутренний код для людей, мест и других запоминающихся концепций. Каждому конкретному изображению, тому же портрету Клинтона, соответствует особый рисунок активных и неактивных нейронов. Кодируются все явления так точно, что можно научить компьютер угадывать, что видит человек, исходя из того, какие нейроны у него в мозгу посылают сигнал, а какие молчат⁵⁹.

Из этого следует, что данные нейроны реагируют на конкретный зрительный образ крайне избирательно, но при этом их реакция неизменна. Испускаемые ими разряды не подают сигнала к массовой активности, не несут информации о мириадах изменений, а лишь отмечают суть демонстрируемого изображения, предлагая нам ту самую стабильную репрезентацию, которая могла бы использоваться для кодирования сознательных мыслей. Так имеют ли эти нейроны какое-либо отношение к сознательному опыту их хозяина? Да. Важно знать, что многие нейроны передней височной доли испускают сигнал только в том случае, если человек воспринимает определенное изображение сознательно. В одном из экспериментов эти изображения маскировали с помощью бессмысленной мази и демонстрировали их так быстро, что многие изображения оставались незамеченными⁶⁰. После каждого показа пациент сообщал, смог ли он распознать изображение. Большая часть нейронов его мозга выдавала пики только в тех случаях, когда пациент утверждал, что видел изображение. Открыто демонстрируемые изображения были полностью идентичны сублиминальным, однако для срабатывания клетки требовалось не объективное наличие стимула, а субъективное его восприятие.

На рис. 22 изображена клетка, подающая сигнал при появлении изображения Всемирного торгового центра. Этот нейрон активизируется, лишь когда пациент сознательно воспринимает изображение. Если изображение было замаскировано и распознать его было невозможно, пациент сообщает, что не видел ничего, и клетка не реагирует. Субъективное восприятие играло ведущую роль даже при наличии фиксированной длительности объективной физической стимуляции — когда одно и то же изображение показывали в течение строго определенного времени. Когда длительность демонстрации изображения

была установлена точно на грани восприятия, участник сообщал о том, что видел картину, примерно в половине случаев — и пики сигналов приходились именно на те разы, когда присутствовало сознательное восприятие. Реакция клетки воспроизводилась настолько точно, что, подсчитав пики, можно было точно указать, в каких случаях участник воспринимал изображение сознательно, а в каких — нет. Коротко говоря, по объективному состоянию мозга можно было судить о субъективном состоянии сознания.

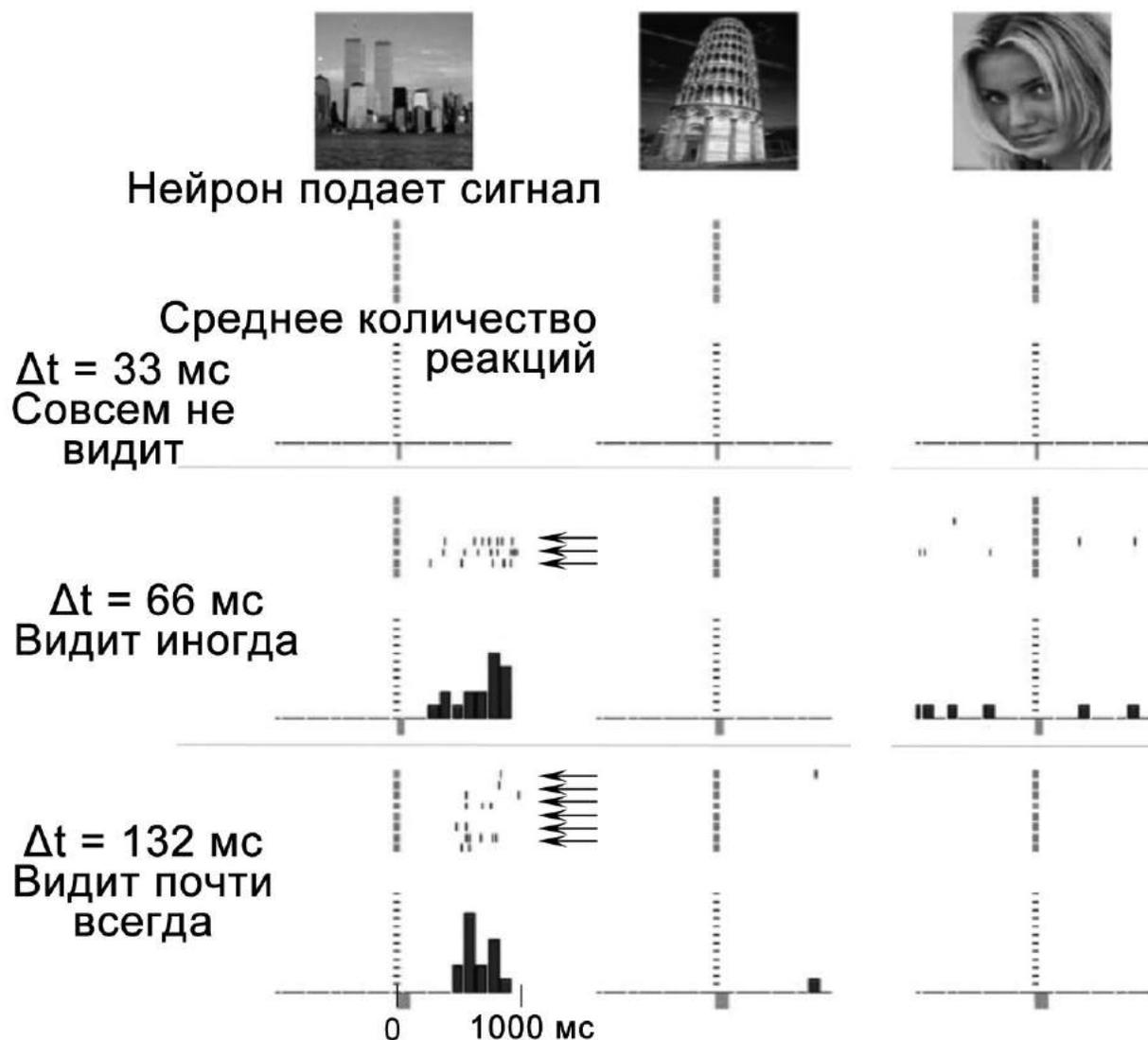


Рисунок 22. За сознательное восприятие образов отвечают отдельные нейроны, которые подают сигнал, только когда мы осознанно воспринимаем определенное изображение. В этом примере нейрон передней височной доли демонстрирует избирательную реакцию на изображение Всемирного торгового центра, однако практически исключительно в случае, если изображение было увидено осознанно. При увеличении времени показа сознательное восприятие происходит чаще. Нейрон подает сигнал только в случае, когда человек может сообщить, что видел картину (эти случаи помечены стрелкой). Нейрон действует избирательно и редко реагирует на иные образы, например на человеческое лицо или на пизанскую башню. Поздняя устойчивая его активация указывает на совершенно определенный образ, воспринимаемый сознательно. Взятые вместе, миллионы нейронов такого рода кодируют все,

что мы видим

Но если нейроны передней височной области сигнализируют о наличии сознательного восприятия, они должны испускать сигналы независимо от того, какие манипуляции мы проделываем с сознанием. И действительно, Фрид с коллегами обнаружил, что срабатывание этих нейронов коррелирует с эпизодами сознательного восприятия и в других парадигмах, не включающих в себя использование маски, — например, при бинокулярной конкуренции. «Клетка Билла Клинтона» подавала сигнал всякий раз, когда один из глаз видел Клинтона, но немедленно затихала, как только другому глазу предлагали конкурирующее изображение шахматной доски, и образ Клинтона вытеснялся из сознания⁶¹. Изображение Клинтона по-прежнему поступало на сетчатку глаза, но с субъективной точки зрения было вытеснено конкурирующим образом, и вызванная им активность не достигала высших корковых центров, в которых формируется сознание.

Взяв средние данные для случаев, когда участники видели изображение, и отдельно для случаев, когда не видели, Квиан Квиорога с сотрудниками получили картину уже известной нам массовой активации. Всякий раз, когда участник осознанно наблюдал изображение, клетки передней височной доли спустя примерно треть секунды начинали посылать сильные сигналы, причем продолжалось это в течение значительного времени. Но разные образы пробуждают активность в разных клетках, и потому эти сигналы не следует рассматривать как простое возбуждение в мозгу — скорее следует сказать, что мы наблюдаем содержание сознания. Совокупность активных и бездействующих клеток образует внутреннее кодовое обозначение для содержания субъективного восприятия.

Этот код сознания обладает явственной стабильностью и может быть воспроизведен: всякий раз, когда пациент думает о Билле Клинтоне, в мозгу активируются одни и те же клетки. Собственно говоря, ему достаточно даже просто представить портрет бывшего президента Клинтона, и клетки активируются, несмотря на отсутствие какой-либо объективной внешней стимуляции. Преобладающее большинство нейронов передней височной доли обладает той же избирательностью и так же реагирует на реальные и воображаемые образы⁶². Кроме того, можно активировать эти клетки с помощью воспоминаний. Так, одна клетка, срабатывавшая, когда пациент смотрел мультфильм про Симпсонов, подавала сигнал всякий раз, когда тот же самый пациент в полной темноте

вспоминал увиденное.

Впрочем, хотя отдельные нейроны и следят за всем, что мы видим и воспринимаем, было бы ошибкой предположить, что одной-единственной клетки достаточно для пробуждения сознательной мысли. Можно догадываться, что осознанная информация распространяется мириадами клеток. Вообразите себе несколько миллионов нейронов в ассоциативных областях коры мозга. Каждый нейрон занят кодированием фрагмента увиденного. Синхронно подаваемые этими нейронами сигналы в совокупности дают макроскопический мозговой потенциал, который достаточно сильно выражен, чтобы его уловили обычные электроды, помещенные в мозг или даже на поверхность черепа. Сигнал одной клетки на таком расстоянии не уловить, однако сознательное восприятие мобилизует огромные группы нейронов, и потому конфигурация высоких электрических потенциалов зрительной коры позволяет с некоторой степенью уверенности определить, видит человек лицо или здание⁶³. Точно так же можно определить и местоположение, и даже количество предметов, информация о которых хранится у человека в краткосрочной памяти, — достаточно ознакомиться с характером медленных мозговых волн в теменной коре⁶⁴.

Код сознания стабилен и сохраняется на протяжении достаточно большого времени, и потому для его расшифровки можно применять даже фМРТ — методику довольно грубую, усредняющую показатели миллионов нейронов. В одном из недавних экспериментов пациенту показывали лицо или дом, а затем, фиксируя всплеск активности в передней части вентральной височной доли, определяли, что именно пациент увидел⁶⁵. Важно, что характер активности оставался одинаков на протяжении множества показов, в то время как при демонстрации сублиминальных изображений такого устойчивого рисунка не наблюдалось.

Вообразите, что вас уменьшили, сделали меньше миллиметра ростом и отправили в кору головного мозга. Вокруг — тысячи нейронных сигналов. Как выделить из них те сигналы, пики которых свидетельствуют о сознательном восприятии? А вот как: ищите такие наборы пиков, которые имеют три отличительные особенности: они стабильны на протяжении времени, воспроизводятся снова и снова при следующих показах и не меняются, не реагируют на поверхностные изменения, если эти изменения не затрагивают сути. Этим критериям соответствует, в частности, деятельность нейронов коры задней части поясной извилины — высокоуровневой области, отвечающей за интеграцию и расположенной на

средней линии теменной коры. Нейроны этой области подают сигналы под воздействием зрительных стимулов, и сигналы эти стабильны до тех пор, пока объект остается неподвижен, даже если при этом движутся глаза⁶⁶. Более того, нейроны этой области настроены отслеживать местоположение объектов в реальном мире, то есть, даже если мы будем осматриваться и глядеть в разные стороны, уровень подачи сигналов останется прежним. Нетривиальная, прямо скажем, задача — ведь изображение в первичной зрительной коре смещается и все же, добравшись до задней части поясной извилины, каким-то образом стабилизируется.

Область задней части поясной извилины, где расположены клетки, отвечающие за неизменность местоположения объекта, тесно связана с так называемой парагиппокампальной извилиной (она находится близ гиппокампа), в которой размещаются «клетки места»⁶⁷. Эти нейроны посылают сигнал всякий раз, когда животное занимает определенное место в пространстве — допустим, оказывается в северо-западном углу знакомой комнаты. Клетки места тоже очень мало реагируют на разнообразные сенсорные изменения и способны подавать связанные с определенным местом сигналы, даже когда животное передвигается по комнате в полной темноте. Самое интересное заключается в том, что нейроны реагируют на то место, в котором, как думает животное, оно находится. Если мы внезапно переменим цвет пола, стен и потолка и таким образом «телепортируем» крысу, заставив ее думать, будто она перенеслась в другую знакомую ей комнату, клетки места в ее гиппокампе некоторое время будут колебаться между двумя интерпретациями, а потом начнут подавать сигналы, соответствующие воображаемой комнате⁶⁸. Декодирование нейронных сигналов в этой области зашло так далеко, что, изучив общий рисунок сигнала нервных клеток, ученые могут сказать, где находится (или думает, что находится) животное, причем даже если оно в это время спит и видит сон об этом месте. Не исключено, что через несколько лет мы сможем расшифровывать подобные абстрактные коды в мозгу человека и таким образом проникнем в его мысли.

Короче говоря, современные нейрофизиологи распахнули тайный ящик сознательного опыта. При наличии сознательного восприятия мы можем записывать протекающую в разных областях мозга нейронную активность, которая уникальна для каждого образа или понятия. Клетки выдают сигнал в том и только в том случае, если человек сообщает, что видел образ, причем неважно, реальный или воображаемый. Каждому осознанному образу, по всей видимости, соответствует воспроизводимый

рисунок активности нейронов, который сохраняет стабильность от полусекунды и более до тех пор, пока человек видит этот образ.

Кстати о галлюцинациях

Что, все? Поиски автографов сознания закончились хеппи-эндом? Вообще-то нет. Надо соблюсти еще один критерий: чтобы ту или иную активность мозга можно было считать автографом сознания, она должна не просто сопутствовать соответствующему содержанию сознания, но и быть несомненной причиной, помещающей это содержимое в фокус нашего осознания.

Прогноз прост: если бы мы могли вызвать определенный вид мозговой активности, то тем самым получили бы возможность провоцировать соответствующее состояние мозга. Если бы какой-нибудь стимулятор а-ля «Матрица» мог запустить в мозгу точно такую же нейронную активность, какая происходила, когда мы наблюдали закат, мы увидели бы этот самый закат во всех деталях, то есть пережили бы полноценную, неотличимую от реальности галлюцинацию.

Может показаться, что до такого подробного воссоздания состояния мозга нам еще очень далеко, но нет: именно этим мы и занимаемся каждую ночь. Спящий человек неподвижен, но разум его несется вдаль, так как мозг выдает упорядоченные пики, несущие с собой вполне определенное ментальное содержание. На записях нейронной активности, происходящей во время сна у крыс, видно, как возбуждаются то одни, то другие нейроны коры и гиппокампа, причем возбуждение это имеет прямую корреляцию с тем, что происходило с животным в течение дня⁶⁹. Что до людей, то содержание их сна можно предсказать по активности корковых нейронов в последние несколько секунд перед пробуждением⁷⁰. Так, если активность наблюдается в области, отвечающей за распознавание лиц, проснувшись, человек сообщит, что ему снились люди.

Эти потрясающие открытия позволяют установить связь между состоянием нейронов и психики, однако говорить о причинах и следствиях пока не приходится. Одна из самых сложных задач, стоящих перед нейробиологами, именно такова: доказать, что тот или иной рисунок деятельности мозга является причиной того или иного ментального состояния. Практически все неинвазивные методики нейровизуализации позволяют говорить о корреляции, но не о причине и следствии, поскольку сводятся к пассивному наблюдению за корреляцией мозговой активности и ментального состояния. Правда, мы все-таки располагаем двумя методиками безопасной стимуляции человеческого мозга, причем

безопасным и обратимым образом.

Мозговую активность у здоровых участников эксперимента мы можем возбудить с помощью метода транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС). Этот метод был впервые открыт в начале XX века⁷¹, а распространился позже, с появлением современных технологий⁷², и сегодня используется повсеместно (рис. 23). Работает он так. На верхнюю часть головы человека помещают электромагнитную катушку. Аккумуляторная батарея внезапно пропускает по катушке сильный разряд электрического тока. Возникает магнитное поле, которое проникает в голову и провоцирует разряд в «перспективной точке» коры головного мозга. Как гласит инструкция по технике безопасности, методика совершенно безболезненна и сопровождается лишь щелкающим звуком и — изредка — неприятным подергиванием мускулатуры. С помощью ТМС можно простимулировать практически любую область коры здорового мозга с точным соблюдением любых сроков.

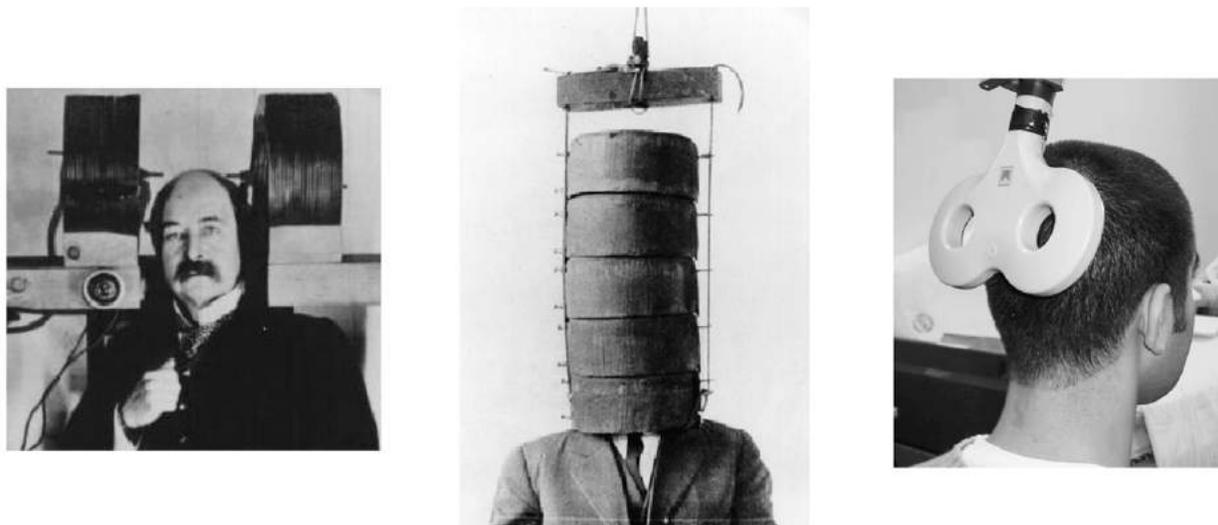


Рисунок 23. Транскраниальная магнитная стимуляция используется для вмешательства в работу человеческого мозга и для воздействия на сознательный опыт. Первыми эту методику предложили С.П. Томпсон (1910, слева) и С.И. Магнуссон и Х.С. Стивенс (1911, посередине). Сегодня метод ТМС значительно упростился и обходится дешевле (справа). Под воздействием создаваемой аппаратурой магнитного поля в коре головного мозга возникает электрический импульс, который может нарушить процесс восприятия или даже породить иллюзорный опыт, например заставить человека «увидеть» вспышку света. Эксперименты такого рода служат доказательством существования причинно-следственной связи между

активностью мозга и сознательным опытом

Еще большей точности позволяет добиться стимуляция нейронов посредством электродов, помещенных в мозг. Конечно, этот вариант используется только с больными эпилепсией, болезнью Паркинсона или двигательными расстройствами — во всех этих случаях врачи все чаще вживляют в мозг электроды для диагностики. С согласия пациента на эти провода можно подать небольшой разряд тока, синхронизировав его со внешними стимулами. Можно даже подать разряд во время хирургической операции. Болевых рецепторов в мозгу нет, и потому электрическая стимуляция не наносит вреда и может очень помочь в выявлении особо важных участков, к которым нельзя подпускать скальпель — например, областей, отвечающих за речь. Во многих больницах мира эти жутковатые эксперименты во время операции успели стать обычным делом. Пациент лежит на операционном столе, кусок черепа вскрыт, но человек остается в сознании и подробно описывает свои ощущения всякий раз, когда подается небольшой разряд в строго определенный участок мозга.

Эти исследования дают потрясающие результаты. Эксперименты со стимуляцией человеческого мозга и мозга обезьян-приматов показали наличие прямого причинного отображения, существующего между состоянием нейронов и сознательным восприятием. Одна лишь стимуляция нейронных цепей в отсутствие каких-либо событий объективной реальности способна вызвать сознательное субъективное ощущение, содержание которого будет зависеть от того, какая цепочка была затронута при стимуляции. Так, транскраниальная магнитная стимуляция зрительной коры в полной темноте создает у пациента ощущение света, так называемый зрительный фосфен: сразу после разряда перед глазами у пациента появляется неяркое пятно света, местоположение которого зависит от точки стимуляции. Перемещаем электромагнитную катушку вбок, к области МТ/V5, отвечающей за движение, и ощущение вдруг меняется: теперь участник эксперимента сообщает, что чувствует стремительное движение. Таким же образом можно вызвать и цветовые ощущения.

Фиксируя данные нейронной активности, мы давно установили, что каждый параметр зрительного образа имеет привязку к определенному участку зрительной коры. Нейроны, находящиеся в различных секторах затылочной коры, реагируют на форму, движение или цвет. Исследования с использованием стимуляции показывают причинно-следственную связь между активностью этих нейронов и соответствующими ощущениями.

Направленный разряд в любое место этой области даже в отсутствие реального образа способен вызвать небольшой всплеск осознания таких свойств, как освещенность или цвет.

Вводя электроды в мозг, можно добиться еще более направленной стимуляции⁷³. Подадим разряд на электрод, расположенный над вентральной областью зрительной коры — участком, отвечающим за распознавание лиц, — и у человека возникнет субъективное ощущение, будто он увидел лицо. Сдвигаемся вперед, стимулируем переднюю височную долю — и у пациента возникают сложные воспоминания из прошлого. Так, один пациент ощутил запах подгоревшего хлеба, а другой услышал, как играет симфонический оркестр. У некоторых пациентов наблюдались еще более сложные и невероятно яркие состояния, напоминающие сон: люди видели, как они рожают, дрожат от страха, когда смотрят фильм ужасов, или возвращались к эпизоду из собственного детства, который их память воспроизводила с точностью, достойной Пруста. Канадский нейрохирург Уилдер Пенфилд, первым отважившийся на проведение подобных экспериментов, пришел к выводу, что в микроцепочках нашей коры хранятся спящие воспоминания о крупных и мелких событиях нашей жизни и что стимуляция мозга помогает эти воспоминания пробудить.

Результаты систематических исследований заставляют предположить, что каждый участок коры головного мозга хранит информацию определенного рода. Возьмем островок — область в глубине коры, скрывающуюся под фронтальной и височной долями. Стимуляция островка может повлечь за собой массу неприятных ощущений, в том числе чувство удушья, жара, жжения, покалывания, перегрева, тошноты или падения⁷⁴. Переместим электрод глубже под поверхность коры, к субталамическому ядру, и тот же самый разряд немедленно вызовет депрессию — человек начнет плакать и всхлипывать, заговорит монотонным голосом, примет униженную позу, а мысли ему в голову полезут самые мрачные. Поцекочем определенные участки теменной доли — и у пациента возникнет ощущение головокружения и даже странное чувство, будто он вышел из тела и парит под потолком, разглядывая оттуда себя самого⁷⁵.

Если вы еще хоть сколько-то сомневались в том, что источником всего происходящего в психике является деятельность мозга, примеры эти положат конец сомнениям. Стимулируя мозг, мы можем спровоцировать практически любые ощущения, от оргазма до дежавю. Впрочем, этот факт не является доводом в пользу причинных механизмов сознания. Возникающая

в точке стимуляции активность нейронов немедленно перекидывается на другие цепи, и с причинностью становится уже не разобраться. Правда, недавние исследования позволяют предположить, что в самом начале спровоцированная активность бессознательна, и сознание возникает, лишь когда активность охватит отдаленные регионы теменной и префронтальной коры головного мозга.

Возьмем, например, поразительную диссоциацию, о которой сообщил недавно французский нейробиолог Мишель Демюрже⁷⁶. Во время операции он стимулировал премоторную область коры пациентки сравнительно слабым разрядом; пациентка при этом пошевелила рукой, однако отрицала это (рука находилась вне ее поля зрения). Когда же Демюрже стимулировал нижнюю область ее теменной коры, пациентка сообщила о сознательном желании пошевелиться, а когда разряд был повышен, уверенно заявила, что пошевелила рукой при том, что на самом деле оставалась совершенно неподвижна.

Из этого можно сделать важный вывод: не все цепи в мозгу одинаково важны для сознательного опыта. Активация периферийных сенсорных и моторных цепей совсем не обязательно связана с возникновением сознательного опыта. А вот области более высокого уровня, расположенные в височной, теменной и префронтальной коре, теснее связаны с сознательным опытом, о котором может сообщить пациент, поскольку их стимуляция может породить чисто субъективные галлюцинации, не имеющие никакого отношения к объективной реальности.

Следующим шагом логично будет разработать осознаваемые и неосознаваемые стимулы, которые имели бы минимум различий, простимулировать мозг и посмотреть, какова будет разница между результатами. Лондонские нейробиологи Пол Тейлор, Винсент Уолш и Мартин Аймер пошли по проторенному пути и воспользовались транскраниальной магнитной стимуляцией первичной визуальной коры, с помощью которой вызывали у участников эксперимента зрительные фосфены — световые галлюцинации, возникающие исключительно за счет активности в коре головного мозга⁷⁷. Однако при этом они сделали умный ход: понемногу изменяли силу импульса до тех пор, пока участник не стал сообщать о том, что видит пятно света примерно в половине случаев. Затем ученые замерили активность, возникающую при подаче порогового сигнала в мозг, и записали ЭЭГ пациента, миллисекунду за миллисекундой, в различные моменты после начала стимуляции.

Результаты оказались очень красноречивы. Поначалу спровоцированная активность не имела никакого отношения к сознанию, и на протяжении 160 миллисекунд деятельность мозга шла одинаково независимо от того, видел участник пятно света или нет. Лишь после этого на поверхности головы можно было уловить нашу старую знакомую, волну РЗ, которая была значительно интенсивнее в случаях, когда участник видел свет. Правда, наступала волна раньше обычного (спустя примерно 200 миллисекунд), поскольку магнитный импульс, в отличие от светового стимула, не проходил начальные этапы обработки зрительной информации, и потому сознание включалось на одну десятую секунды быстрее.

Таким образом, стимуляция мозга демонстрирует причинно-следственную связь между активностью коры головного мозга и сознательным опытом. Стимулируя магнитным импульсом зрительную кору, мы можем вызвать у пациента зрительные ощущения даже в полной темноте. Правда, связь эта непрямая: для возникновения сознательного опыта одного локального возбуждения мало — прежде чем индуцированная активность достигнет сознания, она должна распространиться по отдаленным уголкам мозга. И вот опять в роли причины возникновения сознательного восприятия у нас выступает заключительный этап возбуждения, когда активность распространяется на высшие корковые центры и способствует возникновению сети возбуждения, охватывающей весь мозг. Во время возникновения этой сети сознания нейронная активность возникает в самых разных областях мозга и зачастую возвращается в сенсорную кору, объединяя таким образом нейронные фрагменты воспринимаемого изображения. Только тогда мы начинаем ощущать, что видим.

Уничтожить сознание

Мы можем создать осознанное восприятие — не значит ли это, что мы можем его и уничтожить? Если мы полагаем, что всем своим сознательным опытом обязаны последнему этапу активации глобальной сети нейронов, тогда достаточно будет пресечь эту активацию — и осознанного восприятия как не бывало? Эксперимент опять-таки в принципе прост. Покажите участнику зрительный стимул, совершенно точно воспринимаемый им сознательно, а потом с помощью электрического импульса вырубите дальнейшее включение сети, поддерживающей сознание. В этом случае участник должен будет заявить, что вообще не видел никакого стимула — то есть что он не осознал, что видел. Или пусть импульс, к примеру, не просто сводит на нет глобальную активность нейронов, а подменяет ее какой-нибудь другой. В этом случае участник эксперимента должен будет сообщить, что осознал нечто привнесенное с помощью замещающей активности, то есть его субъективный опыт не будет иметь ничего общего с реальным положением дел.

Это все, конечно, очень уж похоже на фантастику, но все-таки несколько вариантов этого эксперимента уже было проведено, и небезуспешно. В одном из вариантов исследователи использовали двойной транскраниальный магнитный стимулятор, способный отправлять импульс в два разных региона мозга, как одновременно, так и по отдельности. Рецепт был прост: сначала подать электрический импульс в область MT/V5, отвечающую за движение, убедиться, что этот импульс провоцирует сознательное ощущение визуального движения; затем подать второй импульс, к примеру в первичную зрительную кору. И представьте себе — вторым импульсом исследователи полностью ликвидировали ощущение видения, которое должен был вызвать первый импульс. Этот результат означает, что сам по себе изначальный импульс не способен спровоцировать появление сознательного опыта: возникшая активность должна пройти весь путь и вернуться в первичную зрительную кору, и только после этого наступит осознание⁷⁸. Сознание возникает в петле: источником сознательного опыта является вспыхивающая там и сям нейронная активность, циркулирующая по сети наших кортикальных связей.

Что еще поразительнее, так это то, что сочетание корковой стимуляции с реальными зрительными образами может породить небывалые иллюзии.

Так, если мы быстро покажем картинку, а спустя одну пятую секунды простимулируем зрительную кору, образ картинки возникнет снова, и участник сообщит, что видел ее во второй раз — следовательно, через 200 миллисекунд после первого появления картинки ее образ все еще оставался в зрительной коре⁷⁹. Эффект бывает особенно силен, если человека просят запомнить, что изображено на картинке. Результаты заставляют предположить, что, когда мы удерживаем образ в памяти, наш мозг в буквальном смысле слова поддерживает его в импульсах нейронов зрительной коры ниже порога сознания и, получив соответствующий стимул, в любой момент готов проиграть запись снова⁸⁰.

Насколько велика мозговая сеть, в которой зарождается сознание? По мнению голландского нейрофизиолога Виктора Ламма, всякий раз, когда две области образуют локальную петлю — например, область А передает в область Б, а затем область Б передает в область А, — этого уже достаточно для возникновения в некотором виде сознания⁸¹. Активность в этой петле идет туда-обратно, и получается «возвратный процесс», возврат информации в ту самую цепь, откуда она берет свое начало. «Можно даже сказать, что сознание — это возвратный процесс», — пишет Ламм⁸². С его точки зрения, любая нейронная петля несет в себе частицу сознания. Впрочем, лично я сомневаюсь в его правоте. В коре головного мозга есть множество замкнутых петель: нейроны передают информацию назад и вперед по сетям самых разных размеров — от крошечных миллиметровых цепочек до крупных, достигающих нескольких сантиметров «шоссе». Было бы по меньшей мере странно, если бы все эти петли, даже самые мелкие из них, были достаточно велики, чтобы нести в себе частицу сознания⁸³. Мне кажется, что куда вероятнее другой вариант: активность, идущая сначала в одну, а затем в другую сторону, является необходимым, но не достаточным условием для возникновения сознательного опыта. Код сознания возникает лишь в петлях, охватывающих большие расстояния и располагающихся в префронтальной и теменной областях.

Какова же тогда роль небольших локальных петель? Можно предположить, что они необходимы для бессознательных зрительных операций, посредством которых мы складываем разрозненные фрагменты в единую картину⁸⁴. Рецептивное поле зрительного нейрона очень невелико, и потому нейрон не может немедленно зафиксировать общие свойства изображения, например наличие крупной тени (как в иллюзии с тенью на рис. 10). Чтобы эти общие свойства были восприняты, требуется взаимодействие множества отдельных нейронов⁸⁵.

Так откуда же берется сознание, из локальных петель или из глобальных? Некоторые ученые считают, что из локальных, поскольку под воздействием анестезии они исчезают⁸⁶, однако этот довод неубедителен: возможно, идущая в обоих направлениях активность относится к числу свойств, первыми исчезающих в волнах омывающих мозг анестетиков, и это скорее следствие, а не причина утраты сознания.

Если мы попробуем внести изменения в мозговую активность, используя для этого тонкие методики стимуляции мозга, получится совсем другая история. Покажем изображение, а спустя примерно 60 миллисекунд погасим работу локальных петель в пределах первичной визуальной коры — и это не только скажется на сознательном восприятии, но и, что еще важнее, нарушит бессознательную обработку информации⁸⁷. Слепозрение — способность точно угадывать визуальную информацию, поданную на сублиминальном уровне, — исчезает вместе с осознанным зрением. Это наблюдение означает, что, когда активность циркулирует по петле, ранние этапы обработки информации в коре головного мозга связаны не только с сознательным восприятием. Они связаны и с бессознательной деятельностью, то есть просто задают мозгу соответствующий курс, который лишь гораздо позже выльется в сознательное восприятие.

Если мои представления верны, тогда сознательная оценка должна возникать из дальнейшей активации множественных синхронизируемых регионов теменной и префронтальной коры, а следовательно, погашение этой активности будет иметь далеко идущие последствия. Множество исследований, в ходе которых на активность мозга здоровых людей воздействовали с помощью ТМС, показали, что стимуляция теменных или фронтальных областей может повлечь за собой временную невидимость. Эффект практически любых видов стимуляции, позволяющих сделать изображение невидимым — маски, слепоты невнимания, — значительно усиливается кратким возбуждением левой или правой теменной области⁸⁸. Так, при подавлении теменной области человек перестает видеть неяркое, но все же вполне заметное цветное пятно⁸⁹.

Наибольший интерес здесь представляет исследование, проведенное Хокваном Лау и его группой в Оксфордском университете. В ходе этого исследования были временно подавлены левая и правая префронтальные области⁹⁰. На каждую дорсолатеральную префронтальную область приходилось по 600 импульсов на протяжении 20 секунд. Сначала импульсы поступили в левую область, затем в правую. Эта парадигма

называется «тета-взрыв», поскольку импульсы целенаправленно нарушают тета-ритм (5 циклов в секунду) — одна из частот, которые мозг использует для передачи информации на большие расстояния. Двойная стимуляция тета-взрывом имела длительный эффект, схожий с лоботомией: передние доли были угнетены в течение 20 минут, а экспериментаторы получили возможность оценить воздействие тета-взрыва на восприятие.

Результаты были пугающие. С объективной точки зрения ничего не менялось: обработанные участники ничуть не хуже прежнего называли демонстрируемые им фигуры (ромб или квадрат, показанные почти на грани сознательного восприятия). Но когда участники рассказали о своих субъективных историях, оказалось, что там все было иначе. Они на несколько секунд утрачивали уверенность в суждениях. Они не могли определить, насколько хорошо они восприняли стимул, и субъективно ощущали, что зрение их обманывает. Они походили на зомби, какими их изображают философы, — хорошо воспринимали информацию, адекватно себя вели, но при этом были абсолютно лишены нормальной способности оценить, насколько успешно они справляются с задачей.

До подавления оценка видимости стимула, которую давали участники, коррелировала с объективной успешностью выполнения заданий: когда участники считали, что видели стимул, они, как все нормальные люди, могли с почти стопроцентной точностью определить, что это была за фигура, а если полагали, что стимула не видели, отвечали наугад. Однако при наступлении временной лоботомии эта корреляция исчезла. Как ни удивительно, но субъективное мнение участников утратило всякую привязку к их реальному поведению. Это в точности соответствует определению слепозрения — отсутствия связи между субъективным восприятием и объективным поведением. Это состояние, обычно наступающее при серьезных повреждениях мозга, можно теперь воспроизвести в любом нормальном мозгу, если вмешаться в деятельность левой и правой передних долей. Становится ясно, что в возникающих в коре петлях сознания эти области играют причинную роль.

Вещь мыслящая

Но что есть я? Вещь мыслящая. Что есть вещь мыслящая? Это вещь, которая сомневается, понимает, воспринимает, утверждает, отрицает, желает, воображает и чувствует.

Рене Декарт. Второе размышление, 1641

Собрав воедино все факты, мы неизбежно приходим к редуccionистскому выводу. Весь наш сознательный опыт — от звуков оркестра до запаха горелого тоста — происходит из одного и того же источника: из активности расположенных в мозгу крупных цепей, имеющих воспроизводимые нейронные автографы. В ходе сознательного восприятия группы нейронов координируются и подают сигнал вначале в локальных специализированных областях, а затем в разнообразных частях коры головного мозга. В конце концов активность охватывает значительную часть префронтальной и теменной долей, однако по-прежнему остается синхронизирована с областями сенсорного восприятия, которые включились первыми. На этом этапе мозг внезапно начинает работать слаженно и, по всей видимости, именно тогда и возникает осознанное восприятие.

В этой главе мы обнаружили равным счетом четыре надежных автографа сознания — физиологические маркеры, которые указывают на включение сознательного восприятия. Первым делом осознанный стимул возбуждает интенсивную активность нейронов, ведущую к резкой массовой активации теменных и префронтальных цепей. Затем мы видим на ЭЭГ сопутствующую доступу в сознательное восприятие медленную волну под названием РЗ, которая возникает спустя целую треть секунды после появления стимула. Массовая активация сознания влечет за собой третий фактор: запоздалый и резкий взрыв высокочастотных колебаний. И наконец, многие области мозга отправляют, получают и синхронизируют сообщения, которые преодолевают большие расстояния; так возникает глобальная мозговая сеть.

Не исключено, что какие-то из этих событий являются не более чем эпифеноменами сознания, чем-то вроде паровозного свистка — свистеть-то он свистит, но на работе всего механизма это никак не сказывается.

Выделение причинно-следственных связей методами нейробиологии — задача по-прежнему не из простых. Тем не менее ученые уже провели несколько невиданных доселе экспериментов, в ходе которых выяснилось, что вмешательство в работу высших цепочек коры головного мозга может разрушительно повлиять на субъективное восприятие, никак при этом не затрагивая процесс бессознательной обработки информации. Проводились также эксперименты с наведенными галлюцинациями — например, иллюзорными пятнами света или аномальным ощущением движения тела. Пока что эти исследования слишком примитивны, их недостаточно для получения подробной картины сознательного состояния, однако нет никаких сомнений в том, что то или иное состояние мозга возникает или исчезает под влиянием электрической активности нейронов.

В принципе мы, нейробиологи, верим в выдуманные философами «мозги в чанах» — идею, ярко изображенную в фильме 1999 года «Матрица». Стимулируя одни нейроны и подавляя другие, можно в любой момент создать галлюцинацию, в которой человек будет переживать любое из бесчисленного множества субъективных ощущений, что встречаются в его жизни. Нейронные лавины станут зачином ментальных симфоний.

Правда, современные технологии не могут пока потягаться с фантазией братьев Вачовски. Мы не способны контролировать миллиарды нейронов коры головного мозга, которые надо будет «зажечь», чтобы получить нейронный эквивалент запруженной автомобилями улицы Чикаго или заката на Багамах. Но разве это никогда не изменится? Лично я считаю, что у нас неплохие шансы. Современные биоинженеры, озабоченные необходимостью восстановить функции организма слепых пациентов, пациентов с параличом или болезнью Паркинсона, идут вперед и активно развивают нейротехнологии. В кору мозга лабораторных животных вживляют силиконовые чипы с тысячами электродов — и пропускная способность интерфейсов «мозг — компьютер» становится все больше.

Еще более поразительные успехи получены в последнее время в области оптогенетики — удивительной технологии, в которой для управления нейронами используется не электрический ток, а свет. Основы оптогенетики были заложены в день, когда в водорослях и бактериях были обнаружены светочувствительные молекулы, или опсины, преобразующие фотоны света в электрические сигналы — базовый язык нейронов. Ученым известно, какие гены управляют появлением опсинов, поэтому светочувствительные клетки можно получить с помощью генной инженерии. В мозг животного вводят вирус, который несет в себе эти гены, но передает их только определенной подгруппе нейронов, и в арсенале

мозга появляются новые фоторецепторы. В самых глубинах коры мозга, в темных уголках, в норме нечувствительных к свету, луч лазера внезапно пробуждает всплеск нейронных пиков с точностью до миллисекунды.

С помощью оптогенетики нейробиологи могут избирательно активировать или подавлять деятельность любых цепей в мозгу⁹¹. С помощью этой техники удалось даже разбудить спящую мышь — для этого ученые стимулировали ей гипоталамус⁹². Вскоре оптогенетика поможет нам возбуждать еще более дифференцированные состояния мозговой активности и таким образом на ровном месте создавать то или иное осознанное ощущение. Следите за новостями — в следующие 10 лет нас, по всей видимости, ожидают новые открытия в области нейронных кодов, которые управляют нашей психической жизнью.

5. Теория сознания

Итак, мы обнаружили автографы сознательного восприятия, но что дальше? В какой момент они проявляются? Теперь нам нужна теория, которая объяснит, каким образом субъективная интроспекция связана с объективными данными. В этой главе я познакомлю читателя с гипотезой «глобального нейронного рабочего пространства», которая стала плодом пятнадцатилетних трудов сотрудников моей лаборатории, стремившихся понять, что есть сознание. Идея проста: сознание — это обмен информацией, охватывающий весь мозг. В человеческом мозгу, а особенно в префронтальной коре, развились эффективные сети, передающие информацию на большие расстояния. Задача этих сетей заключается в том, чтобы отбирать важные данные и распространять их по всем структурам мозга. Сознание же — это развитый инструмент, позволяющий нам фокусировать внимание на некоем фрагменте информации и поддерживать его в активном состоянии в рамках этой передающей системы. Как только информация будет осознана, ее можно легко перенаправить в другие области в соответствии с нашими текущими целями. Мы можем дать ей имя, оценить ее, запомнить или использовать для того, чтобы планировать будущее. На компьютерных моделях нейронных сетей видно, что глобальные нейронные рабочие пространства генерируют те самые автографы, которые мы наблюдаем в экспериментальных записях работы мозга. Та же гипотеза объясняет, почему огромные объемы данных остаются недоступными для нашего сознания.

Я стану рассматривать человеческие стремления и аффекты... так же, как рассматривал бы прямые, плоскости и тела.

Барух Спиноза. *Этика*, 1677

Выявив автографы сознания, мы сделали огромный шаг вперед, однако даже найденные нами волны мозга и нейронные пики не объясняют, почему сознание существует или отчего возникает. Почему в результате запоздалых нейронных импульсов, массивированного возбуждения коры и

синхронной работы мозга возникает субъективное состояние разума? Каким образом происходящие в мозгу процессы, сколь угодно сложные, создают ментальный опыт? Почему нейронные импульсы в области V4 порождают восприятие цвета, а те же импульсы в области V5 — чувство движения? Нейробиологи нашли множество эмпирических связей между активностью мозга и психической жизнью, однако концептуальная пропасть между мозгом и разумом не стала меньше ни на вершок.

Не имея подходящей теории, нейробиологи со своими открытиями рискуют уподобиться Декарту, полагавшему, что душа человека заключена в шишковидном теле. Интуиция подсказывает, что это вещи несравнимые, относящиеся к совершенно разным областям — в одном случае мы говорим о строении мозга, а в другом — о психике. Для того чтобы объединить оба явления, нужно не просто наблюдение, а полновесная теория.

Загадки, ставящие в тупик современных нейробиологов, не слишком отличаются от загадок, над которыми бились физики XIX—XX веков. Каким образом макроскопические свойства обычной материи могут быть следствием того или иного расположения атомов? Почему имеет такую твердость стол, почти целиком состоящий из пустоты с редкими вкраплениями атомов углерода, кислорода и водорода? Что такое жидкость? Твердое тело? Кристалл? Газ? Пламя? Каким образом формы и прочие видимые и осязаемые свойства предметов складываются из редкой ткани атомов? Для того чтобы ответить на эти вопросы, им пришлось разобрать материю на составляющие, но и этого было мало: требовалась синтетическая математическая теория. Кинетическая теория газа, впервые изложенная Джеймсом Клерком Максвеллом и Людвигом Больцманом, стала известна потому, что объясняла, каким образом такие макроскопические переменные, как давление и температура, являются следствием движения атомов в газе. Эта теория была первой в череде математических моделей материи — цепочке редукционистских идей, сегодня использующихся для описания веществ таких друг от друга далеких, как клей и мыльные пузыри или кипятки в кофейнике и плазма полыхающего вдалеке Солнца.

Для того чтобы преодолеть разрыв между мозгом и разумом, нам нужна теория того же класса. Никакими экспериментами не объяснить, каким образом сотни миллиардов нейронов человеческого мозга посылают импульс в миг возникновения сознательного восприятия. Только с помощью математической теории мы поймем, каким образом психические процессы сводятся к нейронным импульсам. Нейробиологии требуются

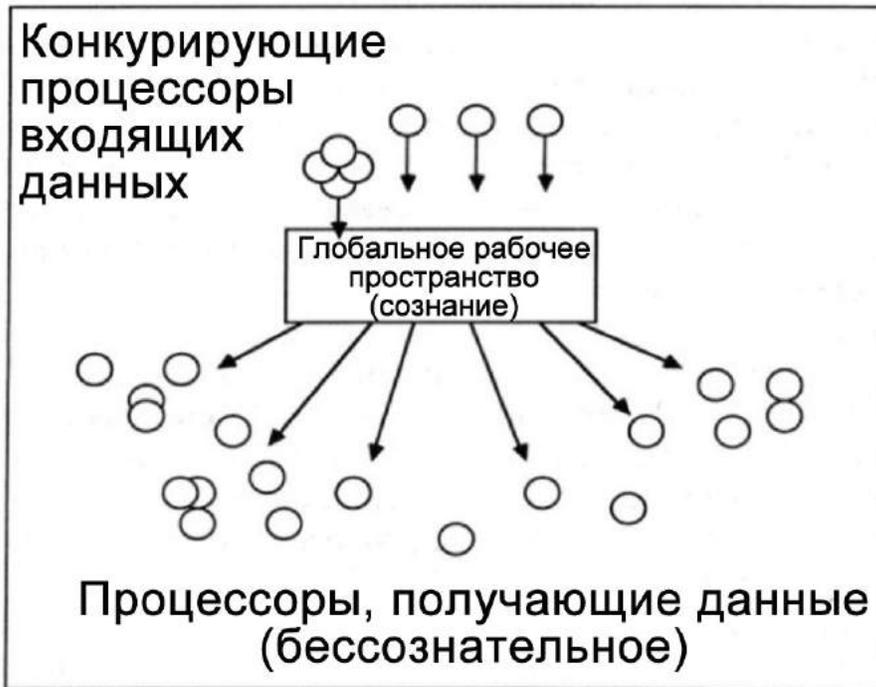
законы, аналогичные теории газов Максвелла — Больцмана, законы, которые объединят между собой очень разные домены. Задача непростая: «сгущенная материя» мозга — самое, вероятно, сложное, что есть на земле. Смоделировать мозг — это вам не разобраться в простой структуре газа, здесь потребуются последовательные объяснения на разных уровнях. Мыслительный процесс — явление головокружительно сложное, чем-то напоминающее матрешку: он возникает из сложной комбинации стандартных ментальных процедур, или процессоров, каждый из которых реализуется цепочками в различных участках мозга, причем сами эти цепочки состоят из клеток нескольких десятков разновидностей. И даже один-единственный нейрон с его десятками тысяч синапсов — это уже целая вселенная суетливых молекул, моделировать которую можно столетиями.

Впрочем, несмотря на все эти сложности, в последние 15 лет мы с моими коллегами Жан-Пьером Шанжо и Лайонелом Наккашем принялись строить мост через эту пропасть. Мы набросали некую теорию сознания, теорию «глобального нейронного рабочего пространства», в которой сконцентрировали все достижения психологического моделирования за последние 60 лет. В этой главе я надеюсь убедить вас, что, хотя до математически точных законов нам еще далеко, мы все же сумели заглянуть в природу сознания, увидели, каким образом оно возникает из согласованной активности мозга и почему демонстрирует автографы, которые мы наблюдали в ходе экспериментов.

Сознание как глобальное распространение информации

Какая архитектура обработки информации лежит в основе сознания? Каково разумное объяснение ее существования, какую функциональную роль она исполняет в информационной экономике мозга? Мое мнение на этот счет можно выразить очень сжато¹. Когда мы говорим, что осознаем те или иные данные, то на практике имеем в виду ровно следующее: информация достигла особого хранилища, в котором стала доступна всему остальному мозгу. Из миллионов мечущихся в мозгу неосознаваемых ментальных репрезентаций была выбрана именно эта за ее соответствие нашим текущим целям. Благодаря сознанию она становится доступна всем высокоуровневым системам принятия решений. У нас в голове расположился ментальный процессор, развилась специальная архитектура для извлечения и перенаправления актуальной информации. Психолог Бернارد Баарс зовет это глобальным рабочим пространством, подразумевая внутреннюю систему, изолированную от окружающего мира и позволяющую нам свободно воспринимать наши и только наши ментальные образы и распределять их по многочисленным специализированным процессорам (рис. 24).

Баарс, 1989



Деан и Шанжо, 1998

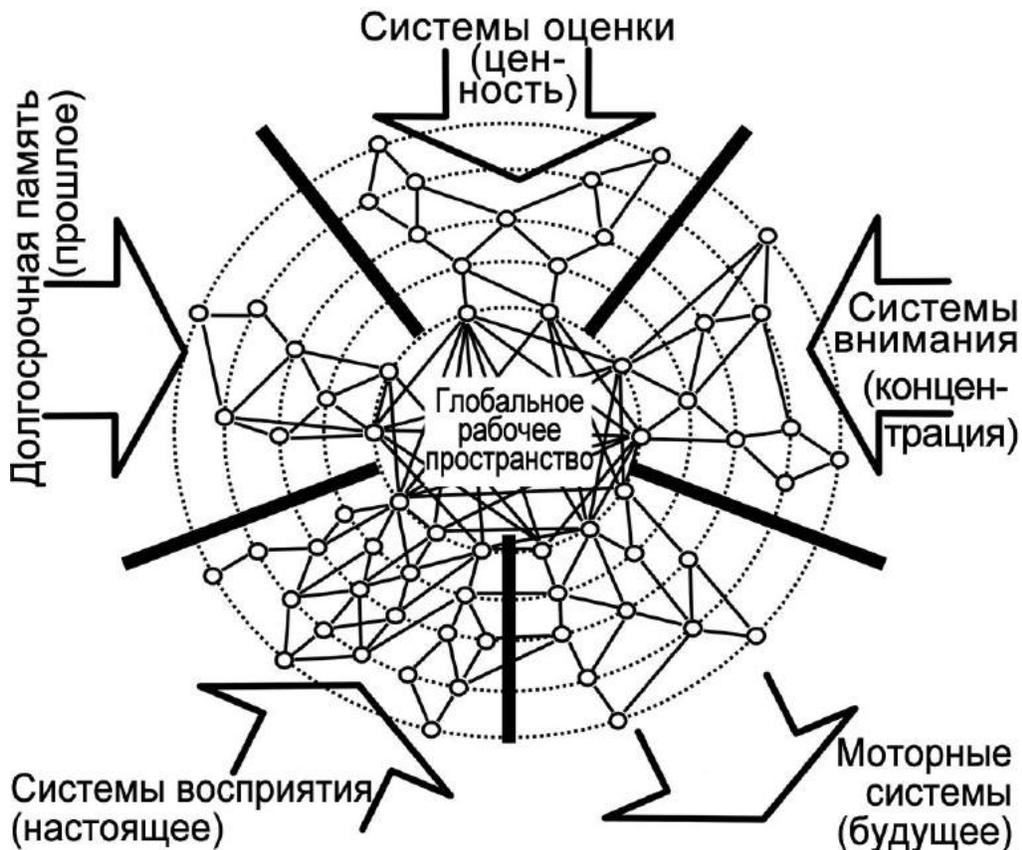


Рисунок 24. Согласно теории глобального нейронного рабочего пространства, то, что мы ощущаем как сознание, является глобальным процессом распространения информации. В мозгу имеется не один десяток локальных процессоров (на рисунке — кружки), каждый из которых специализируется на операциях какого-то одного типа. С помощью особой системы коммуникаций — глобального рабочего пространства — эти процессоры ведут гибкий обмен данными. В каждый отдельный момент рабочее пространство выбирает определенный подраздел процессоров, создает непротиворечивую презентацию закодированной в нем информации, сохраняет ее в мозгу в течение произвольного времени и передает обратно практически на любой из оставшихся процессоров. Попав в рабочее пространство, любая информация становится осознана

В соответствии с этой теорией, сознание — не более чем распространение информации в мозгу. Осознав какую-то информацию, мы можем удерживать ее в мозгу долгое время после исчезновения соответствующего стимула из окружающего мира. Дело в том, что наш мозг уже затянул эту информацию в рабочее пространство, и там она сохраняется независимо от времени и места, где была воспринята нами впервые. В результате мы можем использовать ее как только пожелаем, в частности передать на языковые процессоры и присвоить ей имя; вот почему способность сообщать информацию является основной особенностью сознательного состояния. Впрочем, мы точно так же можем поместить эту информацию в долгосрочную память или использовать для построения будущих планов, неважно каких. Я полагаю, что гибкое распространение информации является отличительным свойством сознательного состояния.

Идея рабочего пространства родилась из целого ряда более ранних предположений, сделанных психологами, которые изучали внимание и сознание. Еще в 1870 году французский философ Ипполит Тэн ввел в обиход метафору «театр сознания»². Наделенный сознанием разум, утверждал Тэн, подобен узкой сцене, с которой мы слышим голос только одного актера:

«Можно сравнить рассудок человека с театральной сценой, рампа которой очень узка, но сцена, начиная от рампы, расширяется. Перед этой освещенной сценой есть место лишь для одного актера... Далее, на разных планах сцены, находятся различные группы, которые тем менее отчетливы, чем дальше

они от рампы. Еще дальше этих групп, в кулисах и на далеком заднем плане, находится множество темных форм, которые иногда внезапный вызов выводит на сцену или даже к огням рампы. Этот муравейник актеров всех разрядов всегда в каком-то брожении, которое выдвигает корифеев, поочередно появляющихся перед нами как бы в волшебном фонаре».

И. Тэн. Об уме, 1870 (пер. М.А. Шаталовой, О.П. Шаталова)

Еще за несколько десятилетий до Фрейда Тэн своей метафорой хотел сказать, что, хотя одновременно нашим вниманием способен завладеть лишь один предмет, разум наш должен состоять из бесчисленного множества бессознательных процессоров. Всего один актер — и такая огромная группа поддержки! Содержание же нашего сознания в любой момент строится на мириаде тайных операций, на пируэтах, совершаемых скрыто от глаза, в самой глубине сцены.

Философ Дэниел Деннет напоминает, что с этой театральной аллегорией следует быть осторожнее, ибо она может привести к великому греху — «заблуждению гомункула»³. Если сознание — это сцена, то кто же сидит в зале? Наделены ли «они», зрители, собственными маленькими мозгами с крохотной сценой внутри? А кто смотрит на происходящее на этой сцене? Следует всячески изгонять эту абсурдную, похожую на диснеевский мультфильм фантазию о гомункулах, которые сидят у нас в головах, глядят на экраны и командуют, что нам делать. Нет никакого «я», которое смотрело бы на нас изнутри. Сцена — это и есть «я». Метафора со сценой вполне верна, надо только удалить из картины наделенных разумом зрителей и заменить их точными операциями алгоритмического свойства. Как причудливо сформулировал Деннет, «человек выбрасывает из схемы воображаемого гомункула и заменяет его армией идиотов, которые и выполняют всю работу»⁴.

В рабочем пространстве, каким его видел Бернард Баарс, гомункула и вовсе нет. За происходящим в глобальном рабочем пространстве следит не живущий у нас в голове человек, а группа других бессознательных процессоров, которые получают транслированное им сообщение и действуют соответственно, каждый в пределах своей компетенции. В результате обширного обмена сообщениями, отобранными за значимость, возникает коллективный разум. Идея не нова — она возникла еще при зарождении искусственного интеллекта, когда исследователи хотели

заставить подпрограммы обмениваться данными через общую «классную доску», структуру для хранения данных, идентичную области обмена данными в персональном компьютере. Рабочее пространство сознания — это и есть область обмена данными, только для мозга.

Тэнова узкая сцена, на которой может выступить не более одного актера одновременно, прекрасно иллюстрирует еще одну идею с долгой историей. Согласно этой идее, сознание выросло из системы ограниченной мощности, способной работать лишь с одной мыслью одновременно. Во время Второй мировой войны британский психолог Дональд Бродбент придумал более совершенную метафору, которую позаимствовал из только-только появившейся теории обработки информации⁵. Изучая летчиков, Бродбент обнаружил, что даже после обучения они с трудом способны воспринимать два одновременных речевых потока, по одному на каждое ухо. Следовательно, предположил Деннет, сознательное восприятие должно иметь «канал ограниченной емкости» — бутылочное горлышко, в котором обрабатывается только один стимул одновременно. Последовавшее за этим открытие моргания внимания и психологического рефракторного периода, о которых шла речь в главе 2, было воспринято как подтверждение этой идеи: пока наше внимание занято первым стимулом, мы не замечаем ничего вокруг. Современные когнитивные психологи придумали множество метафор, которые в общем означают то же самое, и называли доступ в сознательный опыт то «центральным бутылочным горлышком»⁶, то «вторым этапом обработки»⁷, в общем, VIP-залом, в который допускаются лишь немногие избранные.

Третья метафора появилась в 60—70-е годы XX века и изображала сознание как «систему наблюдения» высокого уровня, наделенного всей полнотой власти руководителя, который контролирует поток информации во всей нервной системе⁸. Как заметил Уильям Джеймс в своем шедевральном труде «Принципы психологии» (1890), сознание похоже на «орган, добавленный, чтобы управлять нервной системой, которая стала чересчур сложна и потому не может регулировать сама себя»⁹. Понятое буквально, это утверждение отдает дуализмом: сознание ведь не побочное добавление к нервной системе, а полноценный участник и часть процесса. В этом смысле наша нервная система и впрямь совершает подвиг и «регулирует сама себя», но только с учетом наличия иерархии. Высшие центры префронтальной коры, самые свежие плоды эволюции, управляют низкоуровневыми системами в задних областях коры и в субкортикальном ядре, причем зачастую подавляют их¹⁰.

Нейропсихологи Майкл Познер и Тим Шаллис предположили, что информация становится осознана всякий раз, когда происходит ее репрезентация в рамках этой высокоуровневой управляющей системы. Сегодня мы знаем, что это предположение не вполне верно: как уже известно из главы 3, даже сублиминальный, неувиденный стимул способен частично запустить некоторые подавляющие и регулирующие функции системы контроля и управления¹¹. И все же любая информация, достигшая сознательного рабочего пространства, обретает способность весьма глубоко и эффективно управлять всеми нашими мыслями. Управляющее внимание — это лишь одна из многих систем, куда поступают данные из глобального рабочего пространства. В результате выходит, что все, что мы осознаем, способно направлять наши решения и намеренные действия, а также порождать чувство, будто бы эти решения и действия находятся под контролем. Системы речи, долгосрочной памяти, внимания, волевая сфера — все это части внутреннего круга взаимосвязанных механизмов, между которыми идет обмен осознанной информацией. Благодаря этой архитектуре рабочего пространства все, что мы осознаем, может быть произвольно перенаправлено в нужную точку и превратиться в тему высказывания, в узелок в памяти, переместиться в центр внимания или стать основой для следующего добровольного действия.

Модули и не только

Вместе с психологом Бернардом Баарсом я верю, что сознание, по сути, сводится к функциям рабочего пространства: оно делает актуальную информацию общедоступной и передает ее в самые разные системы мозга. В принципе эти функции вполне можно воспроизвести на небиологической основе, задействовав, например, компьютер на кремниевых платах. Однако на самом деле все совершаемое сознанием операции далеко не тривиальны. Мы до сих пор не знаем точно, каким образом мозг их выполняет или как заставить искусственный механизм проделать то же самое. Компьютерная программа устроена жестко, модульно: каждая операция сводится к тому, что машина получает те или иные данные и преобразовывает их в соответствии со строгими правилами, после чего выдает строго определенную информацию. Речевой процессор может в течение какого-то времени удерживать фрагмент информации (например, абзац текста), но компьютер как единое целое не способен решить, важен ли этот фрагмент информации с глобальной точки зрения, равно как не способен донести его до других программ. Вот и получается, что компьютер мыслит узко. В работе он близок к совершенству, однако информация в пределах одного модуля, пусть сколь угодно умного, не может быть передана другим. Для обмена информацией у компьютерных программ есть разве что такой рудиментарный механизм, как область обмена данными, да и то происходит этот обмен под контролем разумного *deus ex machina* — человека.

А вот кора головного мозга, в отличие от компьютера, решила эту проблему и освоила модульный набор процессоров и гибкую систему маршрутизации. В коре существует масса участков, каждый из которых выполняет конкретные процессы. Существуют, например, целые области, состоящие исключительно из нейронов, распознающих лица и реагирующих, лишь когда на сетчатку поступит изображение лица¹². В теменной и моторной коре есть участки, отвечающие за конкретные моторные функции или за те части тела, которые их выполняют. Есть сектора, занимающиеся еще более отвлеченными понятиями и кодирующие наши знания, связанные с числами, животными, предметами и глаголами. Если теория рабочего пространства верна, сознание могло возникнуть именно затем, чтобы соединить эти модули между собой. Посредством глобального нейронного рабочего пространства информация может

свободно поступать в модульные процессоры мозга. Эта глобальная доступность информации и есть то, что мы субъективно ощущаем как наличие сознания¹³.

Схема эта дарует очевидные эволюционные преимущества. Модульная структура полезна потому, что различные области знаний требуют различных настроек коры головного мозга: цепочки, отвечающие за ориентацию в пространстве, выполняют одни операции, а цепочки, занимающиеся распознаванием пейзажей или хранением в памяти событий прошлого, — совсем другие. Однако для принятия решений зачастую необходимы бывают данные сразу из нескольких источников. Представьте себе слона в саванне. Слон хочет пить. Он выживет, если доберется до следующего источника. Решение идти вперед, к отдаленной, невидимой еще точке, может быть основано на наиболее эффективном использовании доступной информации, в том числе ментальной карте пространства, зрительном распознавании приметных деревьев и троп, а также памяти о том, как в прошлом ему удавалось или не удавалось найти воду. Жизненно важные долгосрочные решения, под влиянием которых животному предстоит пуститься в тяжелейшее путешествие под палящим африканским солнцем, следует принимать на основании всех имеющихся источников данных. Сознание могло развиваться (миллиарды лет назад) именно затем, чтобы беспрестанно черпать из всех источников любую информацию, какая только может потребоваться для удовлетворения наших текущих потребностей¹⁴.

Развитая сеть коммуникаций

Как следует из этих эволюционных доводов, сознание подразумевает связность. Для гибкого обмена информацией требуется особая нейронная архитектура, которая свяжет отдаленные друг от друга специализированные области коры в согласованную структуру. А есть ли у нас в мозгу подобная структура? Еще в конце XIX века испанский гистолог Сантьяго Рамон-и-Кахаль, исследовавший строение мозга, заметил, что у мозговых тканей есть одна любопытная особенность. В отличие от кожи, клетки которой напоминают плотно уложенные детали мозаики, мозг состоит из чрезмерно удлинненных клеток, или нейронов. Нейроны снабжены длинными отростками-аксонами до нескольких метров длиной — ничего подобного ни у каких других клеток не встречается. Один-единственный нейрон моторной коры головного мозга может протянуть свои аксоны до самого позвоночника, чтобы командовать конкретными мускулами. Что еще интереснее, Кахаль обнаружил, что клетки, воздействующие на удаленные от них участки, расположены в коре довольно плотно (рис. 25) и образуют тонкий слой, выстилающий собой поверхность обоих полушарий мозга. Находящиеся в коре головного мозга нервные клетки пирамидальной формы зачастую дотягивались аксонами до задней части мозга или до другого полушария. Взятые вместе, эти аксоны образовывали плотные волокна ткани, складывающиеся в кабели, насчитывающие по несколько миллиметров в диаметре и имеющие до нескольких сантиметров в длину. Сегодня мы можем наблюдать эти переплетающиеся волокна тканей живого мозга на магнитно-резонансных томограммах.

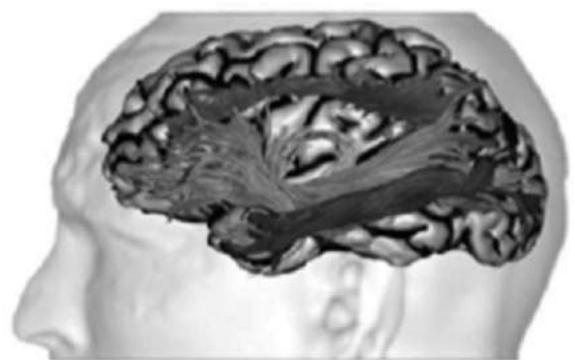
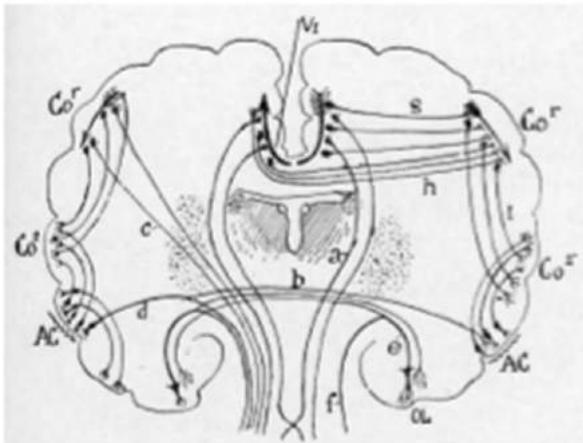


Рисунок 25. Длинные нейронные связи могут способствовать существованию глобального нейронного пространства. Известный специалист по анатомии нервной системы Сантьяго Рамон-и-Кахаль, который в XIX веке препарировал человеческий мозг, уже тогда заметил, что нейроны коры головного мозга велики, имеют пирамидальную форму и аксонами дотягиваются до самых дальних уголков мозга (слева). Нам известно, что эти длинные связи используются для передачи сенсорной информации в насыщенную огромным количеством связей сеть теменных, височных и префронтальных областей (справа). Если эти связи будут нарушены, может возникнуть пространственное игнорирование, то есть утратится способность сознавать увиденное в той или иной части пространства

Следует заметить, что не все области мозга связаны между собой одинаково плотно. Сенсорные области, например зрительная область V1, как правило, отличаются избирательностью и устанавливают малое количество связей, выбирая для этого в основном соседние клетки. Ранние зрительные области поддерживают жесткую иерархию: область V1 сообщает в основном с областью V2, та, в свою очередь, передает данные в области V3 и V4 и так далее. В результате первичные зрительные операции функционально закапсулированы: зрительные нейроны изначально получают лишь небольшую долю тех данных, что поступили на сетчатку, и обрабатывают их в относительном уединении, ничего «не зная» об общей картине.

В высших ассоциативных зонах коры головного мозга связи, впрочем, перестают быть локальными и точечными и объединяют уже не только ближайших соседей. Когнитивные операции перестают быть модульными. В префронтальной коре — передней части головного мозга — преобладают нейроны с длинными аксонами, передающими информацию на большие расстояния. Этот участок связан со множеством других областей нижней теменной доли, средней и задней височной долей, а также фронтальной и задней частей поясной извилины, расположенных на срединной линии мозга. Выяснилось, что эти области играют роль основных узлов коммуникаций мозга, являются его главными центрами связи¹⁵. Между собой они соединяются каналами, передающими информацию в обоих направлениях: если область А передает данные в область В, то область В почти наверняка передаст те же данные обратно в область А (рис. 25). Кроме того, длинные связи нередко образуют треугольник: если область А передает данные в области С и В, то С и В, в свою очередь, почти

наверняка будут поддерживать связь друг с другом¹⁶.

Эти области коры имеют сильную связь с другими участниками процесса — например, центральными латеральными и внутрислойными ядрами таламуса (отвечающими за внимание, активное внимание и синхронизацию), базальными ганглиями (принятие решений и действие) и гиппокампом (запоминание эпизодов из жизни и дальнейшее извлечение их из памяти). Особенно важны каналы, связывающие кору мозга со зрительным бугром, таламусом. Зрительный бугор представляет собой совокупность ядер, каждое из которых связано небольшой петлей как минимум с одним, а нередко и с несколькими областями коры. Практически все связанные напрямую участки коры передают информацию и по параллельным каналам, через глубинные структуры зрительного бугра¹⁷. Информация, передаваемая зрительным бугром в кору, важна еще и тем, что сигналы возбуждают кору головного мозга и поддерживают ее в постоянном активном состоянии¹⁸. Как мы еще увидим, снижение активности зрительного бугра и каналов связи с ним является одним из важнейших условий наступления комы и вегетативных состояний, в которых мозг оказывается лишен разума.

Таким образом, в основе рабочего пространства лежит плотная сеть взаимосвязанных областей мозга — децентрализованная структура, не имеющая единого физического центра. Находящийся на вершине иерархии «совет директоров», элита из элит, распределенная по самым разным уголкам мозга, синхронно реагирует на происходящее и постоянно обменивается бесчисленными сообщениями. Что поразительно: эта сеть связанных между собой высокоуровневых зон, в первую очередь относящихся к префронтальной и теменной долям, совпадает с сетью, которую я описал в главе 4, упомянув, что ее резкая активация является первым автографом сознательной работы мозга. Теперь мы можем разобраться в том, почему эти ассоциативные зоны систематически возбуждаются всякий раз, когда в фокус нашего внимания попадает фрагмент информации: эти области обладают как раз такими далеко идущими связями, которые необходимы, чтобы передавать сообщения в мозгу на большие расстояния.

Входящие в эту далеко распространившуюся сеть коры пирамидальные нейроны хорошо приспособлены к выполнению своей задачи (рис. 26). Их клеточные тела выросли, чтобы вместить всю сложную молекулярную машинерию, необходимую для поддержания жизнедеятельности длинных аксонов. Вспомним, что в ядре клетки

хранится ДНК с генетической информацией, однако считываемые рецепторные молекулы должны каким-то образом добираться до синапсов, которые могут отстоять от клетки на несколько сантиметров. Крупные нервные клетки, способные обеспечить исполнение этой непростой задачи, расположились во втором и третьем слоях коры головного мозга, отвечающих, в частности, за межполушарные каналы связи, переносящие информацию из одного полушария в другое и обратно.

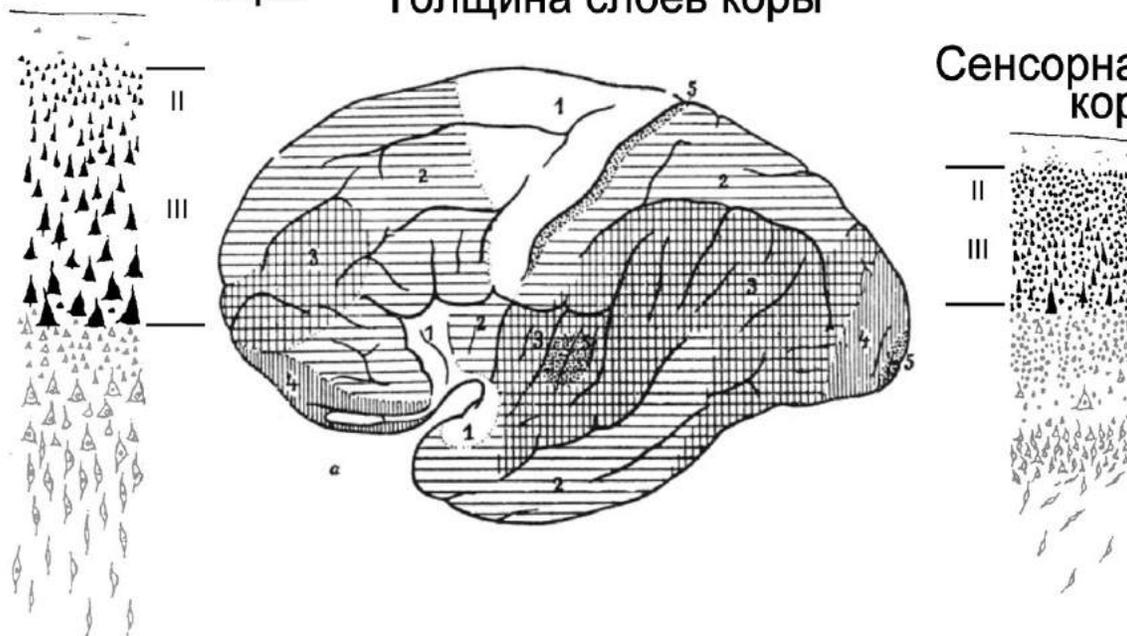
Еще в 20-е годы XX века австрийский исследователь-нейроанатом Константин фон Экономо заметил, что области эти распределены в мозгу неравномерно. Значительно толще они становятся в префронтальной и поясной коре, а также в ассоциативных областях теменной и височной долей, то есть на участках, которые имеют массу внутренних связей и активируются в ходе сознательного восприятия и обработки данных.

Позже Гай Элстон из Квинсленда и Хавьер ДеФелипе из Испании отметили необычайную величину дендритов, то есть принимающих антенн этих гигантских нейронов рабочего пространства. За счет величины дендритов нейроны особенно успешно принимали информацию, поступающую из множества отдаленных областей мозга¹⁹. С помощью дендритов (от греческого слова «дерево»), то есть ветвящихся структур — приемников сигнала, пирамидальные нейроны получают информацию от других нейронов. Там, где у подающих сигналы нейронов развивается синапс, у принимающего нейрона появляется микроскопическое образование, называемое отростком и представляющее собой грибообразный вырост. Отростки плотно покрывают ветвящийся древовидный дендрит. Элстон и ДеФелипе продемонстрировали важнейший для гипотезы рабочего пространства факт: оказывается, в префронтальной коре дендриты значительно крупнее, а отростки — гораздо многочисленнее, чем в задних отделах мозга (рис. 26).

Префронтальная
кора

Толщина слоев коры

Сенсорная
кора



Размер древовидных дендритов

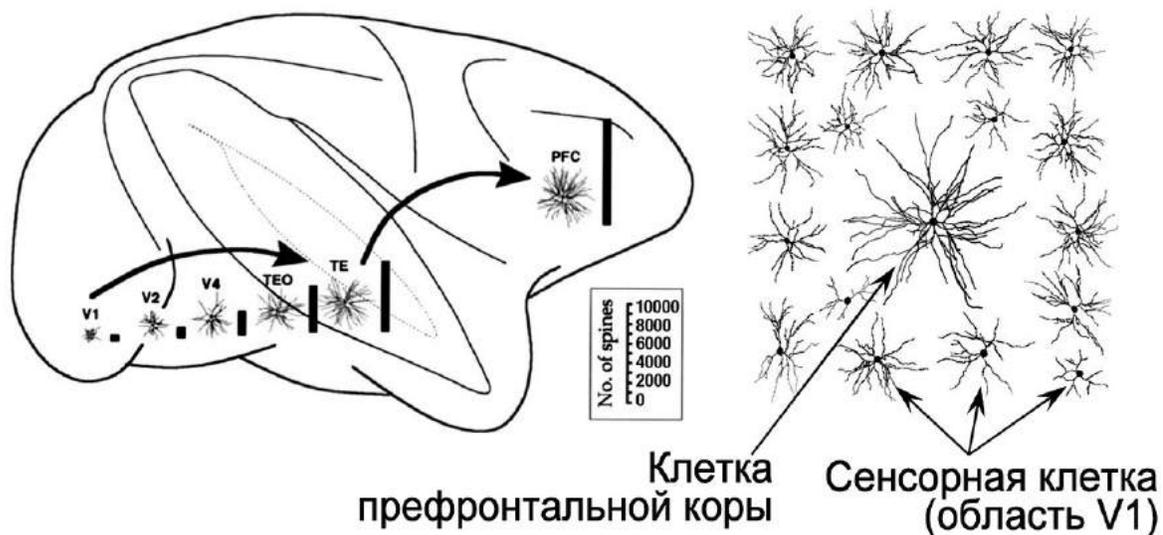


Рисунок 26. Крупные пирамидальные нейроны приспособились к трансляции осознанной информации на большие расстояния, особенно в префронтальной коре. Кора головного мозга имеет слоистую структуру, и в слоях II и III располагаются крупные пирамидальные нейроны с длинными аксонами, необходимыми для передачи информации в отдаленные регионы. В префронтальной коре эти слои оказываются значительно толще, нежели в сенсорных областях (сверху). Большая толщина слоев II и III характерна примерно для тех же областей, которые проявляют максимальную

активность во время сознательного восприятия. Кроме того, эти же нейроны приспособились к восприятию поступающих с большого расстояния сообщений. Древовидные дендриты (внизу), получающие сообщения из других областей, в префронтальной коре становятся значительно крупнее, нежели во всех прочих областях. Все перечисленные средства адаптации к обмену информацией на большом расстоянии выражены в человеческом мозгу сильнее, нежели в мозгу других приматов.

В человеческом мозгу эти механизмы адаптации к протяженным коммуникациям заметны особенно хорошо²⁰. Наши префронтальные нейроны ветвятся сильнее и содержат больше отростков, чем нейроны наших родственников-приматов. У них дендритные джунгли находятся под контролем семейства генов, которые мутировали особым образом только у человека²¹. В этот перечень входит FoxP2 — известнейший ген, две мутации которого произошли только в ветви Homo²². Этот ген управляет нашими речевыми структурами²³, а сбой в нем ведет к обширному поражению механизмов артикуляции и речи²⁴. В семейство FoxP2 входят несколько генов, отвечающих за формирование нейронов, дендритов, аксонов и синапсов. Воспользовавшись всем богатством возможностей, которые дарует генная инженерия, ученые вырастили мышь с двумя человеческими мутациями FoxP2 — пирамидальные нейроны у этой мыши заветвились нетипичными, по-человечески крупными дендритами, а сама мышь стала проявлять недюжинные способности к учению (правда, все же не заговорила)²⁵.

Благодаря гену FoxP2 и всему его семейству каждый нейрон префронтальной коры у человека содержит по 15 тысяч отростков и более. Это значит, что он связан почти с таким же количеством других нейронов, по большей части расположенных в очень отдаленных частях коры и зрительного бугра. Похоже на идеальный адаптивный механизм — можно собирать информацию по всему мозгу, а если она окажется достаточно важна, передать ее снова в тысячи других точек.

Предположим, мы получили возможность проследить все связи, которые активируются, когда мы осознаем и распознаем чье-то лицо — вроде как ФБР прослеживает звонок, идущий через несколько последовательных коммуникационных узлов. Что мы увидим? Вначале входящий образ будет приведен в порядок очень короткими каналами связи, расположенными в сетчатке глаза. Сжатый образ последует дальше по толстому кабелю оптического нерва, достигнет зрительного бугра и

отправится в первичную зрительную область затылочной доли. Местные U-образные волокна передадут его в несколько кластеров нейронов правой веретенообразной извилины, где исследователи обнаружили кластеры распознавания лиц, то есть участки нейронов, настроенные на работу с лицами. Вся эта деятельность будет происходить без участия сознания. А дальше? Куда дальше поведут связи? Живительный ответ на этот вопрос отыскала швейцарская исследовательница Стефани Кларк²⁶: удаленные аксоны вдруг разом отпускают зрительную информацию распространяться практически по всем уголкам мозга. Крупные каналы, исходящие из правой нижней височной доли, напрямую за один синаптический импульс отправят данные в отдаленные области ассоциативной коры, в том числе в другом полушарии. Информация станет накапливаться в нижней фронтальной коре (центр Брокá) и в височном отделе ассоциативной коры (зона Вернике). Обе эти зоны являются ключевыми пунктами речевой сети человеческого мозга, поэтому на данном этапе к поступающей зрительной информации начнут присоединяться слова.

Сами по себе эти области являются частью обширной сети рабочих пространств, и потому информация может распространиться далее и попасть во внутренний круг высокоуровневых управляющих систем, циркулируя туда-сюда в группах активных нейронов. Если моя теория верна, именно угодив в эту плотную структуру, информация попадает в сознание.

Зарождение осознанной мысли

Попробуйте прикинуть, сколько осознанных мыслей у вас было всего: припомните все лица, предметы, сцены, которые можете узнать, все оттенки когда-либо испытанных эмоций, от непреодолимой злобы до легкого злорадства, каждый уголок на карте мира, каждый исторический факт, каждую математическую формулу или каждую сплетню, неважно, правдивую или лживую, которую вы когда-либо слышали или могли услышать, вспомните произношение и значение каждого слова, которое вы знаете или могли знать на любом языке... Бесконечный список! И тем не менее все это может в следующий миг всплыть у вас в сознании. Но как может быть закодирован в нейронном пространстве такой огромный объем разнородной информации? Что представляет собой нейронный код сознания, как он поддерживает столь обширный, практически бесконечный набор идей?

Нейробиолог Джулио Тонони отмечает, что один лишь объем нашего репертуара по части идей уже служит ограничителем для нейронного кодирования осознанных мыслей²⁷. В основе этого кода должна лежать абсолютно невероятная дифференциация: комбинации активных и бездействующих нейронов в глобальном рабочем пространстве должны складываться в миллиарды разных рисунков деятельности. Каждое возможное осознанное состояние психики должно иметь собственный рисунок нейронной активности, отличный от всех прочих. В результате осознанные состояния должны быть четко разграничены: это либо птица, либо самолет, либо Супермен, но никак не все сразу одновременно. Для четкого мышления с мириадами потенциальных мыслей нужен мозг с мириадами потенциальных состояний.

В книге «Организация поведения» (1949) Дональд Хебб уже предложил провидческую теорию относительно того, каким образом кодируются мысли в мозгу. Хебб ввел концепцию «совокупностей клеток» — групп нейронов, которые связаны между собой возбуждающими синапсами и потому сохраняют активность в течение долгого времени после того, как исчезнет внешний стимул. «Любая часто повторяющаяся характерная стимуляция, — предполагал Хебб, — повлечет за собой медленное развитие совокупности клеток, диффузной структуры, объединяющей в себе клетки коры и промежуточного мозга (а также, возможно, базальных ганглиев переднего мозга) и способной в течение

краткого времени функционировать как замкнутая система»²⁸.

Входящие в совокупность клеток нейроны поддерживают друг друга, посылая возбуждающие импульсы. В результате на ограниченном участке нейронного пространства возникает всплеск активности. А поскольку такие местные совокупности клеток могут активироваться независимо друг от друга и в самых разных частях мозга, в результате мы имеем комбинаторный код, с помощью которого можно изобразить миллиарды состояний. Так, любой видимый объект можно представить как комбинацию цвета, размера и фрагментов геометрических фигур. Записи деятельности коры головного мозга подтверждают: образ, к примеру, огнетушителя закодирован в мозгу как сочетание активных «участков», включающих в себя несколько сот нейронов каждый и составляющих репрезентацию каждой отдельной части огнетушителя (рукоятка, баллон, шланг и т. д.)²⁹.

В 1959 году пионер исследований в области искусственного интеллекта Джон Селфридж ввел в обиход еще одну полезную метафору — пандемониум³⁰. Селфридж представлял мозг в виде иерархии специализированных «демонов», каждый из которых предлагает на пробу собственную интерпретацию входящего образа. Его правоту подтвердили три десятка лет исследований в области нейрофизиологии, и в частности, открытие зрительных клеток, настроенных на линии, цвета, глаза, лица и даже американских президентов и голливудских звезд. В модели Селфриджа демоны перекрикивались, сообщая друг другу избранные ими интерпретации в соответствии с тем, насколько им соответствовал воспринимаемый образ. Их крик последовательно проходил через все более абстрактные механизмы, нейроны реагировали на все более абстрактные качества образа — так, например, если три демона кричали о наличии глаз, носа и волос, то проснувшийся четвертый демон кодировал все это как лицо. Прислушиваясь к наиболее громко озвучиваемым вариантам, система принятия решений могла сформулировать мнение о наблюдаемом объекте — оно же сознательное восприятие.

Позже к пандемониум-модели Селфриджа было сделано одно важное дополнение. Изначально передача данных в ней шла по иерархии строго вверх: демоны кричали только стоящему над ними демону, однако стоящий выше демон никогда ничего не кричал ни стоящим ниже, ни даже другим демонам своего уровня. На практике же нейронные системы не просто передают информацию наверх, но и общаются между собой. В коре головного мозга есть масса петель и обоюдонаправленных проекций³¹.

Друг с другом разговаривают даже отдельные нейроны: если нейрон α сигнализирует нейрону β , то нейрон β , скорее всего, сигнализирует нейрону α ³². Связанные между собой нейроны любого уровня поддерживают друг друга, а нейроны, находящиеся на вершине иерархии, могут связываться с подчиненными, поэтому объемы данных, идущих сверху вниз, как минимум не уступают объемам данных, идущих снизу вверх.

Имитации и математические модели реалистичных «нейросетевых» моделей с большим количеством таких петель показывают, что у всех у них есть одно очень полезное свойство. Стоит возбудиться подгруппе нейронов, и вся группа самоорганизуется и приходит в аттракторное состояние: группы нейронов генерируют воспроизводимый рисунок активности, который остается стабильным в течение долгого времени³³. Как и предполагал Хебб, взаимосвязанные нейроны склонны к образованию стабильных совокупностей клеток.

В качестве кодовых схем эти воспроизводящиеся сети обладают еще одним достоинством: они зачастую приходят к консенсусу. В нейронных сетях с повторяющимися связями нейроны, в отличие от демонов Селфриджа, не просто кричат друг другу, а договариваются между собой и приходят к единой интерпретации воспринимаемой сцены. Наиболее возбужденные нейроны взаимно поддерживают друг друга и постепенно подавляют прочие альтернативные интерпретации. В результате им удается восстановить недостающие детали и отсеять помехи. После нескольких итераций закодированная нейронами картина представляет собой очищенную и интерпретированную версию воспринятого образа. Картина эта отличается большей стабильностью и устойчивостью к помехам, последовательна внутри себя и явно отличима от прочих аттракторных состояний. Фрэнсис Крик и Кристоф Кош описывают эту репрезентацию как победившую в соревновании «нейронную коалицию», причем предполагают, что она является прекрасным двигателем для сознательной репрезентации³⁴.

Слово «коалиция» подводит нас еще к одному важному аспекту, связанному с нейронным кодированием: нейронный код должен быть тесно интегрирован³⁵. Все моменты сознательного восприятия сливаются для нас в одну общую картину. Рассматривая «Мону Лизу» Леонардо да Винчи, мы ведь видим не какого-нибудь там безрукого потрошеного Пикассо с витающей в воздухе улыбкой Чеширского кота и плывущими отдельно глазами. Мы воспринимаем все эти элементы (и множество других в придачу — название, смысл, связь картины с тем, что мы знаем о

гениальном да Винчи) и каким-то образом соединяем их в целое. И все-таки каждый из этих элементов изначально обрабатывается конкретной группой нейронов, а сами группы расположены на поверхности вентральной зрительной коры на расстоянии в несколько сантиметров друг от друга. Как же они поддерживают связь?

Вариантов несколько — например, нейроны могут образовывать крупные совокупности. В этом им помогают центры связи высших секторов коры. Эти центры, которые нейробиолог Антонио Дамасио зовет «зонами конвергенции»³⁶, особенно широко распространены в префронтальной коре, однако встречаются и в других секторах передней височной доли, нижней теменной доли и так называемого предклинья, участка медиальной поверхности мозга. Все эти центры отправляют и получают бесчисленное количество сообщений, поддерживая связь с массой отдаленных областей мозга. Таким образом, нейроны этих областей интегрируют информацию в пространстве и времени. Затем многочисленные модули восприятия вырабатывают единую адекватную интерпретацию полученных данных («соблазнительная итальянка»). Эту глобальную интерпретацию можно снова передать в области, из которых были изначально получены сенсорные сигналы. В результате мы получаем единую целую картину. В глобальной передаче данных задействованы нейроны с длинными аксонами, передающими информацию снизу вверх, от префронтальной коры и связанной с ней высокоуровневой сети областей в сенсорные области более низкого уровня, и за счет этого создаются условия, необходимые для возникновения единого состояния сознания, одновременно дифференцированного и интегрированного.

Нобелевский лауреат Джеральд Эдельман назвал передачу данных туда-обратно «повторным входом»³⁷. Опыт построения моделей нейронных сетей позволяет предположить, что повторный вход обеспечивает возможность сложного вычисления оптимальной статистической интерпретации зрительного образа³⁸. Каждая группа нейронов исполняет роль специалиста-статистика, а для того чтобы объяснить свойства получаемой информации, эти группы сотрудничают между собой³⁹. Так, например, «специалист по теням» решает, что темный участок на картине может быть тенью, но только лишь в том случае, если свет падает сверху слева. «Специалист по освещению» соглашается и, вооружившись этой гипотезой, объясняет, почему освещена верхняя часть изображенных предметов. Тут является третий эксперт, который говорит, что с учетом этих двух факторов оставшаяся часть изображения походит на лицо. И так они

обмениваются данными до тех пор, пока каждый фрагмент изображения не получит предварительную интерпретацию.

Формирование идеи

Совокупности клеток, пандемониум, конкурирующие коалиция, аттракторы, зоны конвергенции с повторным входом... По всей видимости, в каждой из этих теорий есть крупица истины, и моя собственная теория глобального нейронного пространства во многом основана на этих теориях предшественников⁴⁰. Я полагаю, что сознательное состояние возникает из стабильной, сохраняющейся в течение нескольких десятых долей секунды активации подгруппы активных нейронов рабочего пространства. Эти нейроны распределены по различным областям мозга и отвечают за различные аспекты одной и той же ментальной репрезентации. Для того чтобы оценить «Мону Лизу», требуется совместная активация миллионов нейронов, работающих с предметами, фрагментами смысла и воспоминаниями.

В процессе доступа в сознательный опыт между этими нейронами происходит двусторонний обмен информацией, реализуемый посредством длинных аксонов нейронов рабочего пространства и представляющий собой во многом параллельные попытки создать согласованную и синхронную интерпретацию. Когда эти процессы сливаются в один, возникает сознательное восприятие. Совокупность клеток, работающая с содержанием этого сознательного восприятия, распределена по всему мозгу, и фрагменты релевантной информации, выделенные той или иной областью мозга, объединяются потому, что под влиянием нейронов с длинными, далеко протянувшимися аксонами все прочие нейроны синхронизируют свою деятельность.

Возможно, синхронность нейронов является главным условием возникновения сознания. Сегодня мы все чаще наблюдаем, как удаленные друг от друга нейроны формируют крупные совокупности, синхронизируя собственные импульсы с фоновыми электрическими колебаниями⁴¹. Если эта картина соответствует действительности, тогда кодирующая все наши мысли мозговая сеть должна походить на рой светлячков, огоньки которых мерцают в едином для всей группы ритме. В отсутствие сознания в мозгу могут возникать локальные синхронизированные совокупности клеток — например, когда мы бессознательно кодируем значение слова в языковых сетях левой височной доли. Но префронтальная кора не получает доступа к соответствующему сообщению, поэтому оно не имеет обширного распространения и не проникает в сознание.

Предлагаю вам еще одно умозрительное изображение нейронного кода сознания. Вообразите себе 16 миллиардов нейронов коры вашего головного мозга. Каждый нейрон реагирует на ограниченное количество стимулов. Разнообразие стимулов, вызывающих реакцию, поражает: только в зрительной коре имеются нейроны, реагирующие на лица, руки, предметы, перспективу, формы, линии, кривые, цвета, трехмерность... Когда мы воспринимаем некое изображение, каждая клетка обрабатывает не более нескольких битов информации, но все вместе эти клетки могут создавать репрезентации огромного количества мыслей. В соответствии с моделью глобального рабочего пространства в каждый момент из этого огромного набора возможностей избирается один-единственный вариант, который и попадает в фокус нашего сознания. В этот момент происходит возбуждение всех соответствующих нейронов, которые действуют частично синхронно и подчиняются подгруппе нейронов префронтальной коры.

Важно понять, что в этой схеме кодирования информацию несут и те нейроны, которые молчат и не подают импульсов. Их молчание дает другим понять, что свойство, с которым работают эти нейроны, в данном случае отсутствует или не имеет значения для имеющегося на данный момент ментального образа. Содержание сознания в равной степени зависит как от активных, так и от бездействующих нейронов.

В процессе финального анализа сознательное восприятие можно сравнить с работой скульптора, который берет глыбу мрамора, отсекает большую часть и постепенно проявляет в камне собственное видение. То же и в мозгу: поначалу никак не связанные между собой сотни миллионов нейронов рабочего пространства подают исходные импульсы, но большую их часть мозг заглушает, оставляя активной лишь малую долю этих нейронов. Активная группа нейронов в буквальном смысле слова очерчивает контуры сознательной мысли.

Рисунок, образуемый активными и бездействующими нейронами, может послужить объяснением возникновения второго автографа сознания: волны РЗ, о которой шла речь в главе 4, — скачке положительного напряжения, регистрируемого в верхней части головы накожными датчиками. В период сознательного восприятия небольшая группа нейронов рабочего пространства становится активной и влияет на содержание наших мыслей, а активность других групп подавляется. Активные нейроны передают сообщение по коре головного мозга, посылая электрические импульсы по длинным аксонам, но в большинстве случаев получателями этих сигналов оказываются подавленные нейроны. В этом случае сигналы действуют как глушилка, словно бы сообщая таким

группам: признаки, за которые отвечаете вы, сейчас неважны, поэтому помолчите, пожалуйста. В кодировании сознательной идеи принимают участие небольшие участки активных и синхронизированных между собой клеток, а также обширные пространства, занятые нейронами с подавленной активностью.

Геометрия клетки такова, что синаптический разряд активного нейрона движется от вынесенных наружу дендритов к телу клетки. Нейроны одной группы расположены параллельно по отношению друг к другу, их электрические заряды складываются, и на поверхности головы возникает медленная волна с отрицательным зарядом, местоположение которой соответствует местоположению областей, кодирующих сознательный стимул⁴². Но нейронов с подавленной активностью по-прежнему больше — и их разряды, складываясь, образуют электрический разряд с положительным потенциалом. Число подавленных нейронов превосходит количество активных во много раз, поэтому в итоге разряды с положительным потенциалом складываются в большую волну на поверхности головы — в волну РЗ, которую мы с легкостью фиксируем всякий раз при возникновении доступа в сознательный опыт⁴³. Вот и все — мы объяснили появление второго автографа сознания.

Моя теория прекрасно объясняет, почему волна РЗ так сильна, универсальна и воспроизводится снова и снова: она указывает в основном на то, что не имеет отношения к нашим текущим мыслям. Содержимое сознания связано не с массивным положительным разрядом, а с локальным отрицательным. Эдвард Фогель и его коллеги из Университета Орегона подтвердили эту идею, опубликовав работу, в которой чудесно продемонстрировали связь отрицательного напряжения в теменной коре с текущей рабочей памятью, содержащей пространственные структуры⁴⁴. Всякий раз, когда мы запоминаем несколько предметов, слабое отрицательное напряжение позволяет точно определить, сколько предметов мы видели и где они находились. Напряжение сохраняется ровно столько, сколько мы помним о предметах, усиливается, когда мы заносим предметы в память, становится особенно интенсивным, когда мы уже не можем удержать все предметы в памяти, исчезает, когда мы забываем о них, и всегда неизменно указывает на то, сколько предметов мы помним. В работе Эдварда Фогеля отрицательное напряжение в точности очерчивает границы сознательной репрезентации в полном соответствии с теорией рабочего пространства.

Имитация активации сознания

Науке о реальности недостаточно больше феноменологического ответа на вопрос «как?» — теперь ей требуется ответ математический.

Гастон Башляр. Формирование
аналитического ума, 1938

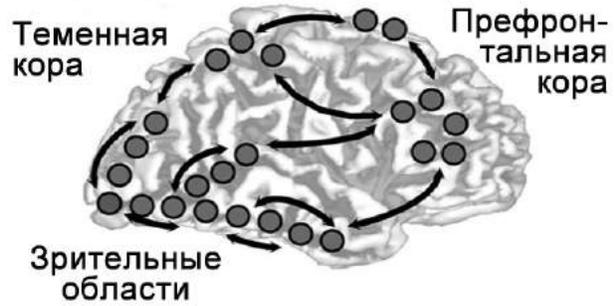
Складывая в глобальном рабочем пространстве рисунок из активных и бездействующих нейронов, доступ в сознательный опыт формирует нашу мысль. Возможно, этого метафорического образа уже достаточно для того, чтобы мы могли интуитивно понять, что есть сознание, однако на смену ему все равно должна прийти более сложная математическая теория, объясняющая, как работают нейронные сети и почему они генерируют нейрофизиологические автографы, которые мы наблюдаем на макроскопической записи. В попытке дать точный ответ на эти вопросы мы с Жан-Пьером Шанжо принялись разрабатывать компьютерные имитации нейронных сетей, обладающие некоторыми основными свойствами доступа в сознательный опыт⁴⁵.

Наша цель-минимум заключалась в том, чтобы проверить, как поведут себя нейроны, если будут соединены между собой так, как предполагает теория глобального рабочего пространства (рис. 27). Чтобы воссоздать на компьютере динамику небольшой коалиции нейронов, мы начали с нейронов «интеграции и импульса» — упрощенных уравнений, имитирующих электрические пики нервных клеток. Все эти нейроны были снабжены реалистичными синапсами, характеристики которых повторяли характеристики основных типов рецепторов нейротрансмиттеров в мозгу.

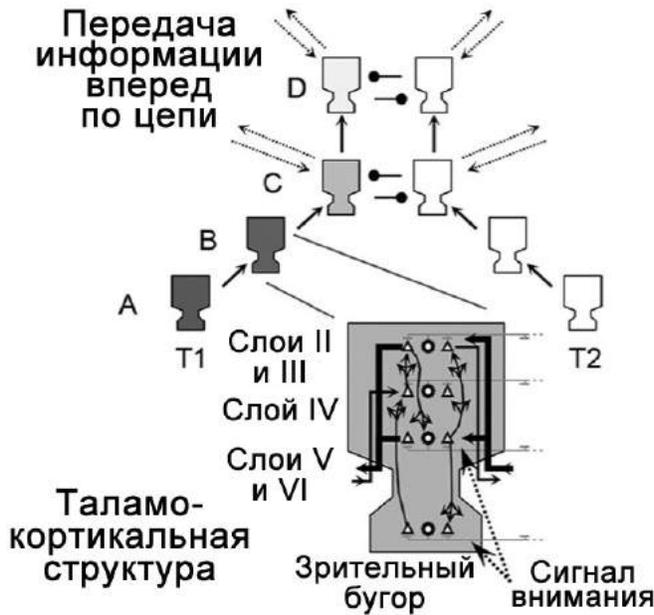
Распространение снизу вверх
(сублиминальная обработка)



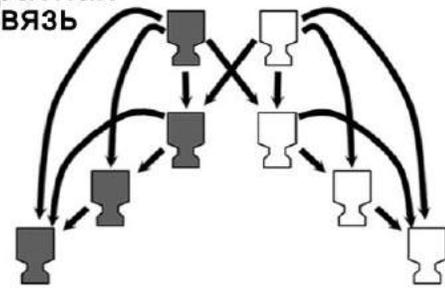
Активация глобального нейронного рабочего пространства (сознательный доступ)



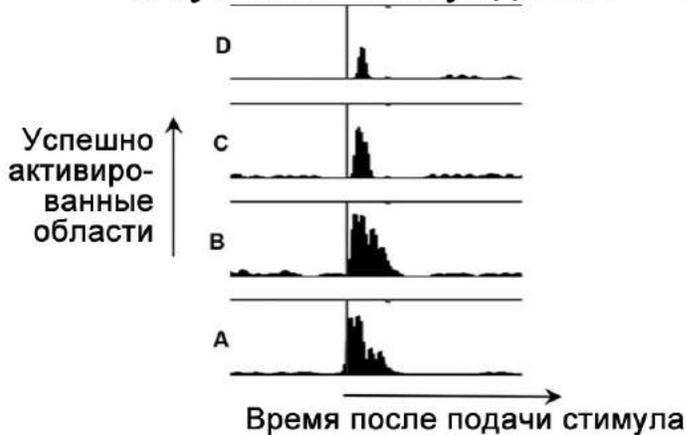
Передача информации вперед по цепи



Обратная связь



Распространение при
отсутствии возбуждения



Активация глобального
рабочего пространства

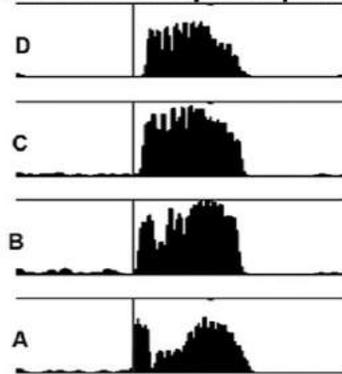


Рисунок 27. Компьютерная модель имитирует автографы бессознательного и сознательного восприятия. Мы с Жан-Пьером Шанжо с помощью компьютера имитировали ряд параметров многих зрительных,

теменных и префронтальных областей, участвующих в сублиминальной и сознательной обработке данных (сверху). Четыре иерархические области соединялись между собой связями, обеспечивавшими передачу информации вперед по цепи и обратную связь на большие расстояния (середина). Каждая простимулированная область содержала клетки коры головного мозга, расположенные послойно и соединенные с нейронами зрительного бугра. Когда мы подали в сеть краткий импульс, активность стала распространяться снизу вверх, после чего сошла на нет; картина повторяла собой ту, что наблюдается при краткой активации кортикальных связей во время сублиминальной обработки данных. Немного продлив стимул, мы получили глобальную активацию: идущие сверху вниз связи усилили импульс и породили вторую волну длительной активации; это соответствовало активности, которая наблюдается во время сознательного восприятия

Затем мы соединили эти воображаемые нейроны в локальные кортикальные пучки, имитируя таким образом кору головного мозга, состоящую из слоев связанных между собой клеток. Концепция нейронного «пучка» опирается на тот факт, что нейроны, находящиеся друг над другом перпендикулярно поверхности коры, как правило, поддерживают тесную связь, одинаково реагируют и появляются в результате деления одной исходной клетки. Наша модель вполне соответствовала этим условиям: нейроны в столбцах, как правило, поддерживали друг друга и реагировали на одинаковые импульсы.

Смоделировали мы и небольшой зрительный бугор — структуру, состоящую из множества ядер, каждое из которых поддерживало тесную связь с каким-либо сектором или с различными точками коры. Мы добавили соответствующую действительности силу связей и временные задержки, они должны были возникнуть с учетом расстояния, которое предстояло преодолеть путешествующему по аксонам разряду. В результате мы получили грубую модель простейшего вычислительного блока, какой есть в мозгу у приматов: таламокортикальный пучок. Мы проследили за тем, чтобы эта модель вела себя так же, как настоящий мозг, то есть даже в отсутствие входящей информации виртуальные нейроны выдавали спонтанный импульс, а на электроэнцефалограмме их деятельность выглядела приблизительно так же, как выглядит деятельность коры головного мозга человека.

Получив удачную модель таламокортикального пучка, мы соединили несколько таких пучков в функциональную мозговую сеть широкого

охвата. Мы имитировали иерархию четырех областей мозга и предположили, что каждая из них может содержать два пучка, кодирующих два целевых объекта — звук и свет. Наша сеть различала только два типа стимулов, но без этого свехупрощения мы не смогли бы отслеживать работу модели. Мы предположили попросту, что, если в систему ввести дополнительный обширный набор состояний, качественных изменений в ней не произойдет⁴⁶.

На периферии восприятие происходит параллельно: нейроны, кодирующие звук и свет, могут активироваться одновременно, не мешая друг другу. Однако на более высоких уровнях кортикальной иерархии они активно подавляют друг друга вплоть до того, что эти области могут заниматься лишь одним интегрированным видом нейронных импульсов — то есть одной «мыслью» — одновременно.

В нашей модели, как и в настоящем мозгу, кортикальные области периодически посылают друг другу сигналы по цепочке: первая область получает сенсорный импульс, пересылает его во вторую область, а та — в третью и четвертую. Следует отметить, что при отдаленной обратной связи данные замыкают цепь саму на себя, поскольку высшие области посылают импульсы поддержки в те самые сенсорные области, из которых получили их ранее. В результате мы имеем упрощенное глобальное рабочее пространство: сплетение прямых и обратных связей на разных уровнях: нейронов, пучков, областей и длинных связующих элементов между ними.

И вот, наконец, программирование осталось позади, мы радостно включили имитацию и принялись следить за тем, как будут раздражаться виртуальные нейроны. Чтобы имитировать восприятие, мы подали на зрительные нейроны таламуса небольшой электрический ток, грубо воссоздав процесс, который происходит, когда, к примеру, активируются рецепторы света на сетчатке — сначала активируются, а потом, после первичной обработки импульсов, возбуждают нейроны-ретрансляторы, расположенные в той части зрительного бугра, которая называется латеральным колленчатым телом. Далее процесс имитируется в соответствии с уравнениями. Как мы и надеялись, наша подделка, пусть и безмерно упрощенная, продемонстрировала множество физиологических свойств, которые наблюдались при экспериментах на настоящем мозге и истоки которых мы вдруг получили возможность изучить.

Первым из этих свойств была глобальная массовая активация. Поданный нами стимул медленно поднимался вверх в строгом соответствии с кортикальной иерархией, от первичной области ко вторичной, а затем к третьей и четвертой. Движущаяся вперед волна

имитировала хорошо знакомое нам перемещение нейронной активности по иерархии зрительных областей. Спустя некоторое время возбуждение начало охватывать все пучки, кодирующие свойства объекта восприятия. Благодаря множеству обратных связей нейроны, кодирующие одну и ту же сенсорную информацию, обменивались сигналами, поддерживая друг друга и таким образом вызывая массовую активацию. Одновременно с этим происходило активное подавление параллельных процессов восприятия. Активация продолжалась несколько сот миллисекунд. Ее длительность никак не была связана с длительностью воздействия исходного стимула: даже краткого сигнала извне уже было достаточно для того, чтобы поддерживать передающуюся в обоих направлениях активность. В этих экспериментах нам удалось уловить самую суть того, каким образом мозг создает долгоиграющие репрезентации увиденной мельком картины и поддерживает их в реальном времени.

Динамика модели воспроизводила свойства, которые мы наблюдали на электроэнцефалограммах и при записи данных с введенных в мозг электродов. У смоделированных нейронов по большей части наблюдалось запоздалое и резкое повышение количества получаемых синаптических импульсов. Возбуждение перекидывалось на новые и новые нейроны, но одновременно с этим возвращалось в исходные сенсорные области, с которых начиналось, — имитация позднего распространения сигнала, которое мы наблюдали в сенсорных областях в период доступа в сознательное восприятие. В нашей модели состояние массовой активации выливалось, кроме того, в обоюдонаправленную нейронную активность в многочисленных, как бы вложенных друг в друга петлях модели: в кортикальном пучке, от коры до зрительного бугра и обратно и на большие расстояния в коре. В итоге выросло количество осцилляционных колебаний на самых разных частотах с выраженным пиком на гамма-уровне (30 и более герц). В момент глобальной массовой активации пики нейронов, кодирующих сознательное восприятие, синхронизировались и происходили одновременно. Короче говоря, компьютер симитировал четыре автографа сознательного восприятия, которые мы выделили эмпирическим путем.

Имитация этого процесса позволила нам посмотреть на него с новой, математической точки зрения. Доступ в сознательный опыт соответствует тому, что физики-теоретики зовут фазовым переходом — внезапным переходом физической системы из одного состояния в другое. Как я уже объяснял в главе 4, фазовый переход происходит, к примеру, когда вода превращается в лед: молекулы H_2O внезапно складываются в жесткую

структуру с совершенно новыми свойствами. Во время фазового перехода физические характеристики системы могут меняться быстро и скачкообразно. В нашей компьютерной модели произошло то же самое: вялотекущая, низкая спонтанная активность на миг резко возросла, и тут же начался синхронизированный обмен импульсами.

Нетрудно понять, почему этот переход произошел так внезапно. Нейроны высшего уровня посылают импульсы тем самым участкам, которые первыми их подали, и потому система имеет два стабильных состояния с нестабильной границей между ними. Модель либо демонстрировала низкий уровень активности, либо, если входящий стимул усиливался и превышал критическое значение, стремительно и лавинообразно начинала активировать сама себя, заставляя подгруппы нейронов лихорадочно рассылать сигналы. Судьбу стимула средней интенсивности предсказать было невозможно — может, активность сойдет на нет, а может, вдруг перескочит на высокий уровень.

Этот аспект нашей модели прекрасно согласуется с психологической концепцией, созданной 150 лет назад и гласящей, что у сознания есть порог, четко отделяющий бессознательные (сублиминальные) мысли от сознательных (супралиминальных). Бессознательная обработка порождает возбуждение нейронов, активность охватывает одну область за другой, но глобальной массовой активации не происходит. А вот доступ в сознательное восприятие, напротив, согласуется с внезапным переходом к более высокому состоянию синхронизированной мозговой активности.

Правда, устройство мозга куда как сложнее снежного кома. На создание адекватной теории фазовых переходов в работе реальных нейронных сетей уйдет еще много лет⁴⁷. Собственно говоря, наша модель уже продемонстрировала два вложенных друг в друга фазовых перехода. Об одном из них я только что говорил — это глобальная массовая активация. Правда, возможность этой активации сама зависела от другого фазового перехода, вызывающего «пробуждение» всей сети. Каждый пирамидальный нейрон смоделированной коры получал сигнал активного внимания — небольшой разряд тока, крайне примитивную имитацию хорошо изученного активирующего эффекта ацетилхолина, норадреналина и серотонина, поступающего из различных ядер стволовой части мозга, базальных отделов передней части мозга и гипоталамуса и переводящего кору в положение «вкл». Так наша модель имитировала изменения в состоянии сознания, то есть переход от бессознательного состояния мозга к сознательному.

Когда сигнал активного внимания был слаб, спонтанная активность

падала в несколько раз, и массовая активация не прослеживалась: даже сильный входящий сенсорный сигнал, который активировал нейроны зрительного бугра и коры головного мозга в первичной и вторичной областях, и тот быстро сходил на нет, так и не преодолев порог глобальной массовой активации. В этом состоянии наша мозговая сеть была как бы сонной или словно под воздействием анестезии⁴⁸. Реакция на стимулы происходила, но только в периферийных сенсорных областях — как правило, активность не могла пройти по рабочему пространству весь путь снизу вверх, вызвать массовую активацию и создать обширную совокупность клеток. Но когда мы усиливали сигнал активного внимания, модель начинала выдавать структурную электроэнцефалограмму, и под воздействием внешних стимулов вдруг происходила массовая активация. Порог активации изменялся в зависимости от активности модели, позволяя нам пронаблюдать за тем, как усиление активного внимания увеличивает вероятность того, что мы заметим самое слабое сенсорное воздействие.

Беспокойный мозг

Я говорю вам: надо иметь в себе хаос, чтобы родить танцующую звезду. Я говорю вам: в вас пока еще есть хаос.

Фридрих Ницше. Так говорил Заратустра, 1883-1885 (пер. В. Рынкевича)

В нашей модели проявился еще один поразительный феномен, а именно спонтанная нейронная активность. Нам незачем было постоянно стимулировать получившуюся сеть. Даже в отсутствие каких-либо стимулов нейроны, под воздействием случайных процессов в синапсах выдавали спонтанные импульсы, и хаотические их сигналы самостоятельно выстраивались в узнаваемые структуры.

Когда параметр активного внимания достигал высоких показателей, на экранах наших компьютеров начинали появляться и исчезать сложные последовательности нейронных сигналов. В этих последовательностях периодически можно было наблюдать глобальную массовую активацию, возникавшую в отсутствие каких-либо стимулов. Так, целая группа кортикальных пучков, отвечающих за один и тот же стимул, могла пробудиться на короткое время, а потом успокоиться снова. Долю секунды спустя ее сменяла другая глобальная совокупность клеток. Сеть самостоятельно, без какого-либо стимула извне, создавала целую серию случайных массовых активаций, весьма напоминавших мозговую активность при восприятии внешних стимулов. Единственное различие заключалось в том, что спонтанная активность, как правило, начиналась на более высоком кортикальном уровне, в пределах рабочих пространств, и затем распространялась вниз, в сенсорные области, то есть повторяла все происходящее при восприятии, только в обратном порядке.

Случаются ли такие всплески эндогенной активности в настоящем мозгу? Да. На самом деле, упорядоченная спонтанная активность встречается в нервной системе повсеместно. Всякий, кто хоть раз видел запись электроэнцефалограммы, знает, что оба полушария генерируют множество высокочастотных электрических волн, причем постоянно и независимо от того, бодрствует человек или спит. Эта спонтанная активность отличается такой высокой интенсивностью, что явственно

выделяется на фоне всей прочей мозговой деятельности. Для сравнения заметим, что возбуждение в результате воздействия внешних стимулов едва различимо и, для того чтобы его зафиксировать, нужно повозиться с расчетами. Вызванная стимулом активность оттягивает на себя очень малую долю от потребляемой мозгом энергии — пожалуй, меньше 5 процентов. Нервная система действует в основном как автономный агрегат, генерирующий собственные последовательности мыслей. Даже если человек лежит в темноте и «ни о чем не думает», мозг его постоянно выдает сложный и все время меняющийся узор нейронной активности.

Впервые упорядоченные последовательности спонтанной кортикальной активности ученым удалось пронаблюдать на животных. Амирам Гринвальд и его коллеги из Института Вейцмана воспользовались электрочувствительными красителями, с помощью которых невидимый ток дает видимые изменения коэффициента отражения света, и в течение длительного периода времени фиксировали электрическую активность на большом участке коры⁴⁹. Интересно, что сложные последовательности возникали даже тогда, когда животное находилось под воздействием анестезии. В темноте, в отсутствие какой-либо стимуляции, зрительный нейрон мог внезапно выдать ряд более сильных сигналов. При этом он был не одинок: на экране было видно, что в тот же самый миг происходила спонтанная активность целой совокупности нейронов.

Аналогичный феномен наблюдается и в человеческом мозгу⁵⁰. Наблюдая за активностью мозга во время отдыха, ученые обнаружили, что мозг отнюдь не молчит, но постоянно выдает меняющиеся последовательности кортикальной активности. У разных людей глобальные сети, часто охватывающие оба полушария, действуют одинаково. Иногда их деятельность близко напоминает структуру мозговой активности при стимуляции извне. Так, например, крупная подгруппа языковых цепочек активируется, когда мы слушаем историю, но способна и к спонтанной активации в момент, когда мы лежим в темноте — такая вот иллюстрация к выражению «внутренний голос».

Смысл этой активности в период покоя продолжает вызывать споры в среде нейробиологов. Одни ученые указывают на то, что случайные сигналы мозга проходят по существующей сети анатомических связей — да и где бы им еще идти?⁵¹ Тем не менее, если человек не спит и концентрирует внимание, действовать начинает другая структура, непосредственно указывающая на то, о чем он думает. Так, в положении покоя у человека порой наблюдается сеть, называемая сетью по

умолчанию; она включается всякий раз, когда мы размышляем о положении собственных дел, вспоминаем случаи из своей жизни или сравниваем свои мысли с чужими⁵². Мы кладем пациента в сканер, ждем, пока его мозг войдет в режим по умолчанию, и спрашиваем, о чем он думает. И человек, гораздо чаще, чем в других ситуациях, отвечает, что отвлекся и погрузился в собственные мысли и воспоминания⁵³. Таким образом, наблюдая за спонтанной активностью той или иной сети, можно, по крайней мере, частично угадать, о чем думает человек.

Короче говоря, наши бесцельные раздумья возникают в результате постоянных нейронных импульсов. Более того, этот внутренний поток сигналов конкурирует с внешним миром. В периоды высокой активности по умолчанию неожиданная демонстрация такого, к примеру, стимула, как картинка, не вызывает большую волну РЗ, хотя у внимательного наблюдателя эта волна возникла бы⁵⁴. Эндогенные состояния сознания мешают нам воспринимать внешние события. Спонтанная мозговая активность охватывает глобальное рабочее пространство и, затопив его целиком, может в течение длительного времени блокировать доступ других стимулов. С одной из разновидностей этого явления мы встречались в главе 1 — там она называлась слепотой невнимания.

К нашему с коллегами величайшему удовольствию, тот же самый тип активности продемонстрировала и наша компьютерная модель⁵⁵. У нас на глазах происходили внезапные спонтанные активации, которые тем чаще оказывались согласованы на глобальном уровне, чем сильнее был параметр активного внимания у стимула. Важно, что, даже если на протяжении этого периода мы подавали в сеть внешний стимул, причем значительно превосходящий обычный порог подавления, стимул не получал доступа в сеть и не становился причиной глобальной массовой активации: внутренняя активность конкурировала с внешними стимулами. Наша модель могла имитировать слепоту невнимания и моргание внимания — явления, свидетельствующие о неспособности мозга осознанно воспринимать две вещи одновременно.

Кроме того, существование спонтанной активности объясняет, почему один и тот же поступающий стимул иногда вызывает полноценную массовую активацию, а иногда — едва заметное возбуждение. Все зависит от того, может ли наблюдавшаяся до появления стимула шумовая структура активности резонировать с пиками на входе или же она с ними несовместима. В нашей модели, как и в человеческом мозгу, восприятие слабого внешнего стимула зависело от случайных флюктуаций

активности⁵⁶.

Дарвин в мозгу

Спонтанная активность — одно из наиболее часто упускаемых свойств модели глобальной рабочей сети, однако я лично считаю спонтанную активность одной из важнейших и незауряднейших ее особенностей. Очень многие нейробиологи до сих пор придерживаются старомодного представления о рефлекторной дуге как о фундаментальной модели человеческого мозга⁵⁷. Идея эта известна со времен Рене Декарта, Чарльза Шеррингтона и Ивана Павлова и изображает мозг как механизм приема-передачи, транслирующий данные от органов чувств к мускулам (см. знаменитую схему Декарта, изображающую, как глаз управляет рукой, рис. 1). Сегодня нам известно, что это представление глубоко ошибочно. Главным свойством нервной системы является ее автономность. Естественная активность нейронов берет верх над стимулами извне. В результате наш мозг не отдается пассивно на милость окружающего мира, а создает собственные стохастические варианты активности. В процессе развития подходящие варианты сохраняются, а неподходящие — отбрасываются⁵⁸. Этот веселый творческий алгоритм, особенно хорошо заметный у детей помладше, наводит на мысли о дарвиновском естественном отборе.

На идее естественного отбора выстроил свое видение организма Уильям Джеймс. «Почему не предположить, — риторически вопрошал он, — что если спинной мозг есть машина с немногочисленным набором рефлексов, то головной мозг есть машина со множеством рефлексов, и в этом единственное между ними различие?» Потому что, отвечал он сам себе, развившиеся цепочки в мозгу действуют как «орган, естественным состоянием которого является неустойчивое равновесие», что позволяет его «обладателю приспособлять свое поведение к мельчайшим изменениям в окружающих обстоятельствах».

Основы этого счастливого свойства лежат в способности нервных клеток к возбуждению: на ранних этапах эволюции нейрон обрел способность активировать себя сам и спонтанно выдавать импульсы. Будучи отфильтровано и усилено цепочками мозга, возбуждение это превращается в целенаправленное исследовательское поведение. Любое животное, исследующее свою среду обитания отчасти наугад, делает это благодаря наличию у него иерархии «центральных генераторов шаблона» — нейронных сетей, спонтанная активность которых

обеспечивает ритмичные движения при ходьбе или плавании.

Я утверждаю, что в мозгу у приматов и, возможно, у представителей многих других видов аналогичный процесс исследования происходит и в самом мозгу, на чисто когнитивном уровне. Спонтанно генерируя сменяющие друг друга варианты активности даже в отсутствие внешних стимулов, глобальное пространство дает нам возможность свободно создавать новые планы, испытывать их и менять по собственному желанию, если они не удовлетворяют нашим ожиданиям.

В нашей системе глобального рабочего пространства идет дарвиновский процесс изменений и дальнейшего отбора⁵⁹. Спонтанная активность выступает в роли «генератора различий», и рисунок ее постоянно меняется под воздействием мозга, оценивающего будущие выгоды. Построенные на этой основе нейронные сети могут отличаться большим потенциалом. Мы с Жан-Пьером Шанжо показали на компьютерной модели, что эти сети способны решать сложные проблемы и головоломки, например классическую задачу про ханойские башни⁶⁰. Логика научения путем перебора в сочетании с классическими правилами синаптического обучения дает нам грубую конструкцию, способную учиться на собственных ошибках и вычленять абстрактные правила из задачи⁶¹.

В английском языке первые буквы словосочетания «генератор различий» — Generator of Diversity — складываются в слово «бог» (GOD), но на самом деле ничего волшебного в явлении спонтанной активности нет. Возбудимость — это естественное физическое свойство нервных клеток. Мембранный потенциал каждого нейрона постоянно меняет силу напряжения. Во многом это объясняется случайным выбросом пузырьков нейротрансмиттеров на подающих сигнал синапсах. Если пойти еще глубже, становится очевидно, что эти случайные выбросы связаны с тепловым шумом, который постоянно гоняет туда-сюда молекулы нашего организма. Можно было бы предположить, что эволюция сведет влияние этого шума к минимуму (как делают, например, разработчики цифровых чипов — задают очень точное напряжение для нулей и единиц, так чтобы тепловой шум не создавал помех в работе). Но в мозгу все иначе: нейроны не только терпят шум, но даже усиливают его — возможно, потому, что фактор случайности в определенной степени бывает полезен в самых разных ситуациях, требующих поисков оптимального решения для сложной задачи. (Эффективный источник шума требуется для множества алгоритмов, таких, например, как цепочки Монте-Карло или имитация

отжига.)

Всякий раз, когда флюктуации нейронной мембраны превышают пороговый уровень, возникает импульс. На нашей модели было видно, что эти случайные импульсы могут формироваться под влиянием огромного количества связей, объединяющих нейроны в пучки, совокупности и цепи, и так вплоть до возникновения глобального варианта активности. Начинается все с локального шума, а заканчивается упорядоченной лавиной спонтанной активности, связанной с нашими скрытыми мыслями и целями. Как же униженно сознавать, что «поток сознания», слова и образы, постоянно всплывающие у нас в мозгу и составляющие ткань нашей психической жизни, происходят от случайных импульсов, испущенных миллиардами синапсов, которые закладывались на протяжении всей нашей жизни и ни на миг не прекращающегося процесса созревания и обучения.

Каталог бессознательного

В последние годы теория глобального рабочего пространства успела превратиться в популярный инструмент для интерпретаций, в увеличительное стекло, сквозь которое мы пересматриваем свои эмпирические наблюдения. К успехам этой теории можно отнести то, что она позволила разобраться в различных типах бессознательных процессов, идущих в человеческом мозгу. Как шведский ученый Карл Линней составил «таксономию» (то есть упорядоченную классификацию растений и животных по видам и подвидам) всех живых существ, так и мы можем теперь составить собственную таксономию бессознательного.

Вспомним основную идею главы 2: преобладающая часть деятельности мозга происходит на бессознательном уровне. Мы не сознаем бóльшую часть того, что делаем и знаем, не осознаем, что дышим и держим равновесие, не замечаем мимолетно увиденного и точных движений собственной руки, подсчета букв и соблюдения грамматических правил, а в периоды слепоты невнимания можем не заметить даже переодетого гориллой юнца, который барабанит по груди прямо перед нами — и ведь наши глаза и зрительная кора при этом прекрасно работают. Бесчисленное множество бессознательных процессоров постоянно занято созданием того, что мы есть и что делаем.

Теория глобального рабочего пространства помогает привнести в эти джунгли некоторый порядок⁶². С ее помощью мы можем разложить нашу бессознательную деятельность по полочкам, каждой из которых соответствует собственный мозговой механизм, радикально отличный от всех прочих (см. рис. 28). Посмотрим сначала, что происходит во время слепоты невнимания. Вот перед нами зрительный стимул, который демонстрируется достаточно долго и может преодолеть порог восприятия. Но мы не замечаем его, поскольку наш мозг полностью занят другой задачей. Я пишу эти слова в доме, где родилась моя жена; он был построен в XVII веке фермером, а в прекрасно обставленной гостиной стоят огромные напольные часы. Прямо перед собой я вижу качающийся маятник и даже не прислушиваясь могу услышать тиканье. Но стоит мне сконцентрироваться на работе, и ритмичный шум исчезает из моего внутреннего мира — на что я не обращаю внимания, то и не сознаю.



Рисунок 28. Существует несколько причин, по которым знание может оставаться незамеченным. В каждый отдельный момент рабочее пространство активируется только одной мыслью. Другие объекты не получают доступа в сознание по одной из двух причин: либо они не восприняты и потому не могут достичь рабочего пространства (предсознательная информация), либо слишком слабы для того, чтобы вызвать полноценную лавину активности до самого уровня рабочего пространства (сублиминальная информация). Кроме того, мы не осознаем информацию, которая кодируется процессорами, отрезанными от рабочего пространства. И наконец, огромное количество бессознательной информации хранится в связующих структурах мозга и микропаттернах мозговой активности

Составляя каталог бессознательного, мы с коллегами предложили назвать такого рода неосознаваемую информацию специальным словом —

предсознательная⁶³. Сознание работает в режиме ожидания: информация уже закодирована активной совокупностью испускающих импульс нейронов и может быть осознана в любой момент, если на нее обратят внимание, но этого все не происходит. На самом деле мы позаимствовали термин у Зигмунда Фрейда. Во «Введении в психоанализ» он пишет, что «некоторые процессы... могут перестать быть сознательными, но способны вновь без всяких затруднений вернуться в сознание... Все бессознательное, которое действует именно так и может с легкостью сменить бессознательное состояние на сознательное, таким образом, лучше будет описать как способное к проникновению в сознание или предсознательное».

Модели глобального рабочего пространства указывают на возможность существования нейронного механизма предсознательного состояния⁶⁴. Когда в модель подается стимул, активность модели ширится и в конце концов охватывает все глобальное пространство. Эта сознательная репрезентация, в свою очередь, подавляет всяческую активность вокруг и не допускает, чтобы одновременно с ней в систему проник другой стимул. Конкуренции этой избежать. Как я уже замечал выше, для определения сознательной репрезентации надо знать не только что она собой представляет, но и что она собой не представляет. В соответствии с нашей гипотезой, для того чтобы определить границы текущего содержания сознания и сообщить, чем оно не является, следует активно подавлять сигналы некоторых нейронов рабочего пространства. Это обширное подавление создает в высших центрах коры головного мозга узкое «бутылочное горлышко». Молчащие нейроны, обязательные спутники любого сознательного состояния, не позволяют нам видеть две вещи одновременно и производить два целенаправленных действия одновременно. Впрочем, они не мешают активации тех сенсорных областей коры, которые первыми вступают в дело, — эти области явственно возбуждаются, причем почти так же, как всегда, даже когда рабочее пространство уже занято первым стимулом. Предсознательная информация оказывается во временных хранилищах памяти, за пределами глобального рабочего пространства, и начинает медленно таять и исчезать, если только мы не решим обратить на нее наше внимание. В течение короткого времени тающую предсознательную информацию еще можно восстановить и переместить в сознание — в этом случае мы овладеем ею в ретроспективе, спустя долгое время после реальных событий⁶⁵.

Предсознательное состояние не имеет ничего общего со второй

разновидностью бессознательного, которую мы коротко зовем сублиминальным состоянием. Представьте себе, что вам показывают картинку, но показывают так быстро (или картинка такая нечеткая), что вы ничего не видите. Тут ситуация будет совсем иная. Как бы мы ни старались, мы не сможем воспринять скрытый стимул. Замаскированное меж двух геометрических фигур слово навсегда ускользнет из нашего сознания. Подобный сублиминальный стимул способен вызывать видимую активность в зрительной, семантической и моторной областях мозга, однако эта активность продлится слишком недолго и не выльется в глобальную массовую активацию. Это состояние нам с коллегами тоже удалось отследить на модели. В компьютерном варианте краткий всплеск активности может не дотянуть до глобального массового возбуждения, потому что к моменту, как идущие сверху вниз сигналы вернутся из высших областей в первичные сенсорные и будут способны усилить входящий сигнал, исходная активность уже угаснет и на смену ей придет маска⁶⁶. Играя с мозгом, сметливый психолог легко создаст такой слабый, такой краткий или такой зашумленный стимул, что глобальная массовая активация раз за разом не будет наступать. Термин «сублиминальный» относится именно к ситуациям такого рода, когда входящая сенсорная волна угасает прежде, чем достигнет размеров цунами и обрушится на берега глобального нейронного рабочего пространства. Как бы мы ни пытались воспринять сублиминальный стимул, сознания ему не достичь — в отличие от предсознательного стимула, который доберется до сознания, если только мы выкроим немного внимания. В этом заключается основная разница между двумя типами стимулов, причем на уровне мозга она имеет массу последствий.

Неосознанная информация в мозгу не ограничивается предсознательной и сублиминальной опциями. Возьмем, к примеру, дыхание. В каждый миг вашей жизни из стволовой части мозга в мускулатуру грудной клетки поступают сигналы тысяч нейронов, которые управляют движениями ваших легких и тем поддерживают вашу жизнь. Благодаря элементарным петлям обратной связи они следят за уровнем кислорода и углекислого газа в вашей крови. И вся эта сложная нейронная машинерия работает абсолютно бессознательно. Как так? Нейронные импульсы сильны и происходят в течение длительного времени, поэтому их нельзя назвать сублиминальными; но и предсознательными они не являются, поскольку не будут восприняты сознанием, сколько внимания им ни уделяй. По нашей классификации здесь мы имеем дело с третьей категорией бессознательной репрезентации — несопряженными

структурами. Последовательности импульсов, исходящие из стволовой части мозга и контролирующие ваше внимание, не сопряжены с системой глобального рабочего пространства префронтальной и теменной коры.

Чтобы информация, которую несет в себе совокупность нейронов, стала осознанной, ее надо передать нейронам рабочего пространства префронтальной коры и на связанные с ними участки. Однако нейроны стволовой части мозга никогда и никуда не передают данные, связанные с дыханием. Последовательность импульсов, несущая информацию об уровне углекислого газа в крови, не может быть передана на другой участок коры головного мозга. В результате вы о ней ничего не знаете. Многие специализированные нейронные цепи нашего мозга работают в таком глубоком подполье, что попросту не имеют связей, посредством которых могли бы передать информацию для осознания. Интересно, что единственный способ, позволяющий ввести эту информацию в сознание, заключается в том, чтобы перекодировать ее с помощью другой сенсорной модальности — почувствовать дыхание мы можем лишь опосредованно, прислушавшись к движениям собственной грудной клетки.

Мы верим, что контролируем свое тело, однако в модулях нашего мозга постоянно скользят сотни нейронных сигналов, которые не достигают нашего внимания потому, что не имеют выхода в соответствующие высокоуровневые отделы коры. У некоторых пациентов, перенесших инсульт, дело может обстоять еще хуже. Если белое вещество мозга вместе с находящимися в нем связями будет повреждено, произойдет внезапное отключение специфических сенсорных или когнитивных систем, к которым сознание вдруг потеряет доступ. В качестве наглядного примера можно назвать синдром разъединения, который происходит, когда инсульт затрагивает мозолистое тело — тугой клубок связей, соединяющих полушария мозга. Пациент с пострадавшим мозолистым телом может утратить способность осознавать собственные движения. Он не в силах будет управлять даже собственной рукой и будет уверять, что ее движения случайны и ему неподвластны. А дело всего лишь в том, что управление движениями левой руки осуществляется в правой полушарии, в то время как способность связно комментировать коренится в левом полушарии. Разъединяем эти две системы — и у пациента появляется два самостоятельных рабочих пространства, каждое из которых не вполне сознает, чем занято другое.

Но и несопряженной структурой вопрос тоже не исчерпывается. В соответствии с теорией рабочего пространства четвертый вариант, в котором нейронная информация может оставаться неосознанной,

заключается в том, что информация растворяется в сложной последовательности импульсов. Возьмем конкретный пример: представьте себе изображение сетки, у которой такие маленькие ячейки или которая мерцает так быстро (от 50 герц), что вы ее не видите. Эксперименты показывают, что вы будете воспринимать лишь размытый серый цвет, однако образ сетки отпечатается в вашем мозгу: в зависимости от поворота сетки в мозгу будут включаться разные группы нейронов⁶⁷. Почему же эти импульсы не достигают сознания? Возможно, потому, что здесь используется крайне запутанная пространственно-временная последовательность импульсов первичной зрительной коры, то есть нейронный шифр, который слишком сложен и потому не может быть полноценно считан нейронами глобального рабочего пространства в высших областях коры головного мозга. Мы еще не вполне разобрались в нейронном коде, однако полагаем, что для того, чтобы попасть в сознание, фрагмент информации прежде всего должен быть перекодирован в развернутую форму с помощью небольшой совокупности нейронов. В передних областях коры головного мозга должны присутствовать особые нейроны, занимающиеся важной зрительной информацией прежде, чем сигналы о ней будут усилены и вызовут глобальную массовую активацию рабочего пространства, после чего информация поступит в сознание. Если же информация остается растворена в сигналах мириад не связанных между собой нейронов, в сознание ей не попасть.

Всякий раз, когда мы видим лицо или слышим слово, у нас в мозгу начинается именно этот неосознанный процесс с перепутанными и перемешанными пространственно-временными последовательностями импульсов миллионов нейронов, каждый из которых ощущает лишь крохотную долю общего образа. Каждый из поступающих блоков содержит практически бесконечный объем информации о говорящем, о том, что он говорит, об эмоциях, о размерах помещения... если бы только мы могли все это декодировать! Но мы не можем. Мы осознаем эту латентную информацию, лишь когда высокоуровневые области нашего мозга категоризируют ее и разбивают на осмысленные фрагменты. Одна из важных задач иерархической пирамиды сенсорных нейронов, последовательно выделяющих все более абстрактные фрагменты нашего переживания, сводится к тому, чтобы сделать сообщение полным и недвусмысленным. Потренировавшись, мы начинаем различать едва слышные звуки именно потому, что нейроны всех уровней перестраиваются и начинают работать на усиление сенсорной информации

такого рода⁶⁸. До тренировки нейроны наших сенсорных областей тоже улавливали эту информацию, но только неявно, в виде рассеянного рисунка импульсов, не достигающих сознания.

У этого факта есть удивительные последствия: в мозгу имеются сигналы, которые игнорирует даже владелец мозга, — вспомним те же мельком показанные решетки и незаметные побуждения⁶⁹. С помощью технологий нейровизуализации мы начинаем расшифровывать эти сложные коды. В ходе одной из военных американских программ специально обученному наблюдателю показывают фотографии со спутников, но показывают с немыслимой скоростью, по десять штук в секунду, следя при этом за электрическими токами его мозга, которые могут сигнализировать о том, что наблюдатель, сам того не осознавая, заметил на фотографии присутствие вражеского самолета. Наше бессознательное — это золотые горы, которые только и ждут, чтобы мы ими воспользовались. В будущем, когда мы научимся усиливать мельчайшие микроструктуры, замеченные ощущениями, но пропущенные сознанием, мозг в сочетании с компьютером может подарить нам своеобразные экстрасенсорные способности без единой капли мистики, за счет одного лишь обострившегося ощущения происходящего вокруг.

И наконец, неосознанная информация пятого типа спит в нашей нервной системе и имеет вид латентных связей. Как гласит теория рабочего пространства, мы осознаем структуры нейронных импульсов лишь в том случае, если они образуют активные совокупности клеток, охватывающие значительную часть мозга. Значительно большие объемы информации хранятся в немых синаптических связях мозга. Еще до рождения наши нейроны ведут статистику, собирают образчики окружающего мира и выстраивают соответствующие связи. Сотни тысяч миллиардов кортикальных синапсов человеческого мозга являются хранилищем спящих воспоминаний обо всей нашей жизни. Каждый день, а особенно в первые пять лет жизни человека, когда мозг его приспособляется к большей части окружающей среды, возникают и распадаются миллиарды синапсов. Каждый синапс хранит крохотную долю статистики: насколько вероятно, что пресинаптический нейрон подаст импульс непосредственно перед тем, как проснется постсинаптический нейрон?

В основе бессознательно-интуитивного знания лежат все те же усиленные связи, которые в мозгу встречаются повсеместно. На раннем этапе обработки зрительной информации кортикальные связи собирают статистические данные о том, как линии, соединяясь, образуют контуры

предмета⁷⁰. Связи в слуховой и моторной областях служат хранилищем наших скрытых знаний о музыке: многолетние упражнения на пианино влекут за собой заметные изменения в плотности серого вещества. Предполагается, что причиной тому — изменения в плотности синапсов, размерах дендритов, структуре белого вещества и в глиальных клетках, которые служат для поддержания работы нейронов⁷¹. В гиппокампе (это такой изогнутый орган пониже височных долей) синапсы собирают наши эпизодические воспоминания: где, когда, что и с кем.

Воспоминания могут спать годами. Их содержание плотно упаковано во встречающиеся тут и там синаптические шипики. Распоряжаться этим синаптическим знанием напрямую мы не можем, поскольку формат, в котором оно записано, очень отличается от тех последовательностей нейронных импульсов, с помощью которых мы осознанно мыслим. Для того чтобы пробудить воспоминания, мы должны перевести их из спящего состояния в активное. Во время обретения воспоминания наши синапсы способствуют повторному проигрыванию определенной последовательности нейронных импульсов — и лишь после этого к нам приходит воспоминание, которое мы осознаем. Сознательная память — это не более чем осознанный момент из прошлого, примерная реконструкция конкретной последовательности импульсов, которая некогда имела место быть. С помощью нейровизуальных технологий мы можем заметить, что, прежде чем мы осознанно вспомним то или иное событие нашей жизни, воспоминания должны быть трансформированы в определенную последовательность нейронных импульсов префронтальной коры и связанных между собой областей поясной коры⁷². Такого рода повторная активация удаленных кортикальных областей во время осознанного воспоминания вполне соответствует нашей теории рабочего пространства.

Взяв разницу между латентными связями и активными импульсами, можно объяснить, почему, говоря вслух, мы совершенно не задумываемся о правилах грамматики. Вот предложение: «Джон считает, что он умный». Может местоимение «он» означать самого Джона? Да. А в предложении «Он считает, что Джон умный»? Нет. А в предложении «Джону понравилось, что он быстро справился с задачей»? Мы даем ответы на эти вопросы, но понятия не имеем о правилах, на основании которых их выводим. Структуры, отвечающие за речь, устроены так, чтобы обрабатывать слова и фразы, но схема этого устройства скрыта от нашего сознания. Почему? Ответ дает глобальная теория рабочего пространства: потому что знание закодировано в неподходящем для доступа в

сознательный опыт формате.

Грамматика и арифметика — вещи совершенно разные. Умножая 24 на 31, мы действуем абсолютно осознанно. Любую промежуточную операцию, ее характер, порядок этих операций мы можем прокрутить в интроспекции. Но когда мы говорим — все наоборот: мы парадоксальным образом не можем сказать ни слова о том, что происходит у нас в голове. Задачи, которые решает синтаксический процессор, в сложности не уступают арифметическим, но мы понятия не имеем о том, как мы их решаем. Почему? Потому, что сложные арифметические вычисления мы производим пошагово, под непосредственным контролем главных центров сети рабочего пространства (префронтальной, поясной и теменной коры головного мозга). Эти простые последовательности можно точно и четко закодировать с помощью импульсов нейронов префронтальной коры. У нас есть специальные клетки для кодирования намерений, планов, отдельных шагов, их количества и даже ошибок и их исправления⁷³. Таким образом, и планируемые, и совершаемые арифметические действия полностью кодируются импульсами нейронной сети, поддерживающей сознание. Грамматикой же управляют пучки связей, соединяющих левую верхнюю височную долю и нижнюю лобную извилину, в то время как располагающиеся в дорсолатеральной префронтальной коре сети сознательной преднамеренной обработки данных остаются не задействованы⁷⁴. Даже под анестезией значительный участок темпоральной речевой коры продолжает автономно работать и обрабатывать речь без какого-либо участия сознания⁷⁵. Мы не знаем, каким образом нейроны кодируют грамматические правила, но когда узнаем, то увидим, что в данном случае схема кодирования ничем не будет походить на схему кодирования арифметических действий.

Субъективные агрегатные состояния

Итак, теория глобального нейронного рабочего пространства позволяет объяснить массу наблюдений относительно сознания и связанных с ним механизмов мозга. Она объясняет, почему мы осознаем лишь малую толику информации, хранящейся у нас в голове. Чтобы попасть в сознание, информация должна быть закодирована в виде упорядоченной последовательности нейронных импульсов в высших областях коры головного мозга, а эта последовательность, в свою очередь, должна вызывать массовую активацию внутреннего круга тесно связанных между собой областей, из которых складывается глобальное рабочее пространство. Свойствами этой массовой активации, преодолевающей большие расстояния, и объясняется появление автографов сознания, которые были обнаружены во время экспериментов с нейровизуализацией.

Созданные в нашей лаборатории компьютерные имитации позволяют воспроизвести некоторые свойства доступа в сознательный опыт, однако не идут ни в какое сравнение с реальным мозгом — ни о каком возникновении сознания не может быть и речи. Впрочем, я не сомневаюсь, что компьютерная программа в принципе способна воспроизвести элементы сознания. Чтобы имитация была ближе к реальности, у нее должны быть миллиарды определенных нейронных состояний. Такая имитация не только распространяла бы активацию, но и делала бы полезные статистические выводы относительно входящей информации, вычисляя, к примеру, вероятность того, что на картинке изображено лицо конкретного человека, или того, что движущаяся рука достигнет цели.

Мы начинаем понимать, как могут быть устроены нейронные сети, производящие статистические подсчеты такого рода⁷⁶. Элементарные решения в области восприятия возникают тогда, когда накапливаются шумные факты, поступающие от специализированных нейронов⁷⁷. Во время массовой активации сознания одна из подгрупп этих фактов перерабатывается в универсальную интерпретацию, на основании которой принимается внутреннее решение о дальнейших шагах. Вообразите себе большую внутреннюю арену, на которой борются за согласованность различные области мозга в образе, к примеру, демонов из пандемониума Селфриджа. Следуя правилам, они обязаны постоянно стремиться к единой адекватной интерпретации всех тех разнообразных сообщений, которые получают. Благодаря далеко протянувшимся связям они преодолевают

раздробленность информации и накапливают факты, на сей раз — на глобальном уровне, и так до тех пор, пока не будет получен адекватный ответ, который удовлетворит текущие цели организма.

Вся эта машина зависит от поступающей извне информации лишь отчасти. Ее девиз — автономность. Основываясь на спонтанной активности, она создает собственные цели, а эти цели, в свою очередь, распространяют свое влияние сверху вниз, затрагивая всю прочую деятельность мозга. Под их воздействием другие области удерживают долгосрочные воспоминания, генерируют ментальный отклик и трансформируют его в соответствии с правилами логики или языка. Нейронная активность во внутреннем пространстве течет потоком, задействуя миллионы параллельных процессоров. Каждый адекватный результат еще на шаг подводит нас к никогда не прекращающему работу ментальному алгоритму — потоку сознательной мысли.

Имитировать такую статистическую машину со множеством параллельных процессов и создать имитацию, основанную на реальных принципах работы нейронных сетей, было бы чрезвычайно интересно. Сегодня европейские ученые готовятся к проведению проекта *Human Brain* («Мозг человека») — серьезной попытке разобраться в кортикальных сетях человеческого мозга и создать полноразмерную их имитацию. У нас уже есть специальные «нейроморфные» кремниевые микросхемы, на основе которых возможно имитировать сети из миллионов нейронов и миллиардов синапсов⁷⁸. В следующие 10 лет эти инструменты позволят нам получить значительно более подробную картину того, как различные состояния мозга воздействуют на наш сознательный опыт.

6. Последнее испытание

Любая теория сознания в конце концов должна пройти главную проверку — проверку делом. Каждый год тысячи пациентов по всему миру впадают в кому. Многие из них теряют всякую способность реагировать на раздражители; называется это страшным термином «вегетативное состояние». Может ли зарождающаяся наука о сознании помочь этим людям? Пожалуй, мы можем осторожно сказать «да». До исполнения мечты об «измерителе сознания» — рукой подать. На основе сложного математического анализа сигналов мозга мы начинаем все увереннее отличать пациентов с сохранным сознанием от тех, у кого сознание отсутствует. Не за горами и клиническое применение наработанных методик. Стимулируем глубинные ядра мозга — возможно, ускорим восстановление сознания. Создадим интерфейсы «мозг — компьютер» — и, быть может, вернем возможность общаться тем, кто находится в сознании, однако полностью парализован. Под влиянием нейротехнологий будущего методы клинического лечения заболеваний сознания изменятся навсегда.

Как холоден и слаб я стал тогда,
Не спрашивай, читатель; речь — убоже;
Писать о том не стоит и труда.
Я не был мертв, и жив я не был тоже.

*Данте Алигьери. Божественная комедия, ок. 1307—
1321 (пер. М. Лозинского)*

После бесчисленных автомобильных аварий, инсультов, неудавшихся самоубийств, отравлений угарным газом и несчастных случаев на воде из года в год остаются тысячи искалеченных людей самого разного возраста, от взрослых до детей. Они пребывают в коме, скованы тетраплегией, не способны пошевелиться и заговорить — кажется, будто они лишены всякой искры разума. И все же где-то глубоко внутри в них может сохраняться сознание. В книге «Граф Монте-Кристо» Александр Дюма описывает, как трагична жизнь человека, который, обладая совершенно сохранным сознанием, оказывается заключен в гробницу собственного

парализованного тела:

«Неподвижный, как труп, он смотрел живым и умным взглядом на своих детей... Зрение и слух были единственными чувствами, которые, подобно двум искрам, еще тлели в этом теле, уже на три четверти готовом для могилы; да и то из этих двух чувств только одно могло свидетельствовать о внутренней жизни, еще теплившейся в этом истукане, и взгляд, выразивший эту внутреннюю жизнь, походил на далекий огонек, который ночью указывает заблудившемуся в пустыне страннику, что где-то есть живое существо, бодрствующее в безмолвии и мраке». (Пер. В. Строева, Л. Олавской)

Господин Нуартье — вымышленный персонаж, но его образ — это, вероятно, первое и очень точное литературное описание синдрома псевдокомы. Жан-Доминику Боби, издателю французского модного журнала *Elle*, было всего 43 года, когда его жизнь круто изменилась. «До того дня, — пишет он, — я не имел ни малейшего представления о стволовой части мозга. Однако после случившегося я узнал, что стволовой мозг является важной частью нашего внутреннего компьютера и неразрывно связывает головной мозг с позвоночником. Этот урок анатомии был преподнесен мне в тот день, когда цереброваскулярный инсульт вывел мой стволовой мозг из строя».

8 декабря 1995 года с Боби случился инсульт, за которым последовали 20 дней комы. Боби пришел в себя в больнице полностью парализованным, если не считать одного глаза и части головы. Он прожил 15 месяцев, осмысляя и запоминая случившееся, и успел надиктовать и издать целую книгу. Она называется «Скафандр и бабочка» и представляет собой описание внутренней жизни реального человека, пребывающего в псевдокоме. Книга сразу же стала бестселлером. Будучи заключен в собственном теле, современный Нуартье — Жан-Доминик Боби — диктовал книгу по букве: ассистент произносил подряд «E, S, A, R, I, N, T, U, L, O, M...», а Боби моргал левым глазом на нужной букве. Двести тысяч морганий познакомили нас с историей живого ума, павшего жертвой церебрального инсульта. Всего через три дня после выхода книги Боби умер от пневмонии.

В своей книге бывший редактор *Elle* сдержанно и порой с юмором описывает свои будни, со всей их безысходностью, с оторванностью от мира, невозможностью общаться и временами накатывающим отчаянием.

Боби заключен в неподвижное тело, которое метко сравнивает с водолазным колоколом, но его сдержанная изящная речь летит легко, словно бабочка — его собственная метафора, которую он использует для описания причудливых, ничем не стесненных извивов собственной мысли. Живое воображение и исполненная жизни речь Жан-Доминика Боби — лучшая иллюстрация к анатомии сознания. Даже будучи навеки заключен в тюрьме паралича, он испытывает всевозможные психические ощущения, от зрения до прикосновения, от приятного запаха до захлестывающих эмоций, текущих так же свободно, как и прежде.

К сожалению, у многих пациентов с тем же диагнозом наличие богатой психической жизни остается незамеченным¹. Как показали недавние исследования, проведенные Французской ассоциацией синдрома псевдокомы (ассоциация была основана Боби, а состоят в ней сами пациенты, общающиеся с миром с помощью сложнейших компьютерных интерфейсов), как правило, первым сохранное сознание у пациента подмечает не врач. Более чем в половине случаев открытие принадлежит члену семьи пациента². Хуже то, что в среднем от момента повреждения мозга до установления верного диагноза проходит в среднем 2,5 месяца. Тело парализованного человека время от времени невольно подергивается или демонстрирует стереотипные рефлексy, поэтому произвольные движения глаз и моргание если и оказываются замечены, то часто списываются на действие рефлексов. Даже в лучших больницах около 40 процентов больных, у которых было диагностировано полное отсутствие реакции и «вегетативное» состояние, при ближайшем рассмотрении демонстрируют признаки минимального сознания³.

Пациенты, неспособные проявить признаки сознания, остаются для нейробиологов загадкой, требующей скорейшего разрешения. С помощью хорошей теории сознания мы могли бы объяснить, почему одни пациенты могут проявлять признаки сознания, а другие — нет. Помимо всего прочего, разобравшись в этом, мы могли бы помочь пострадавшим. Если мы можем распознать автографы сознания, искать их следует у тех, кому это требуется больше всего, а именно у парализованных пациентов, для которых обнаружение признаков сознания в буквальном смысле слова является вопросом жизни или смерти. Половина всех смертей в отделениях интенсивной терапии всего мира происходит в результате решения врачей снять пациента с поддерживающих жизнь аппаратов⁴. Остается только гадать, сколько Нуартье и Боби умирают лишь только потому, что медицина не имеет возможности увидеть сохранившееся в них сознание или

определить, что в будущем они выйдут из комы и вновь смогут вести осмысленную жизнь.

Впрочем, сегодня будущее выглядит куда радужнее. Нейробиологи и ученые, занимающиеся нейровизуализацией, далеко продвинулись на пути выявления сознания. Идет разработка более простых и дешевых методик на основании старой доброй электроэнцефалографии (ЭЭГ), которую используют, чтобы выявлять наличие сознания и восстанавливать коммуникацию с пребывающими в сознании пациентами. Об интереснейших событиях, происходящих на переднем крае науки, медицины и технологии в этой области, мы и будем говорить.

Сто способов утратить разум

Для начала давайте разберемся, какие вообще бывают неврологические нарушения, связанные с сознанием или с коммуникацией с внешним миром (см. рис. 29)⁵. Начать можно со всем известного понятия «кома» (от др. гр. κῶμα, «глубокий сон»), поскольку именно с комы все нередко и начинается. Как правило, кома наступает в период от нескольких минут до нескольких часов после повреждения мозга. Причин комы может быть множество, в том числе травма головы (нередко в результате автомобильной аварии), инсульт (разрыв или закупорка артерии в мозгу), кислородное голодание (прекращение снабжения мозга кислородом, часто вследствие остановки сердца, отравления угарным газом или утопления) или отравление (иногда — чрезмерное потребление алкоголя). С медицинской точки зрения кома — это длительная утрата способности к пробуждению. Пациент остается в положении лежа, глаза закрыты, на раздражители не реагирует. Разбудить его невозможно, он не подает признаков того, что сознает себя или окружающую его действительность. Говоря о коме, медики подчеркивают, что это состояние должно длиться от часа и дольше (не путать с обмороком, контузией или ступором).

Выраженная травма мозга

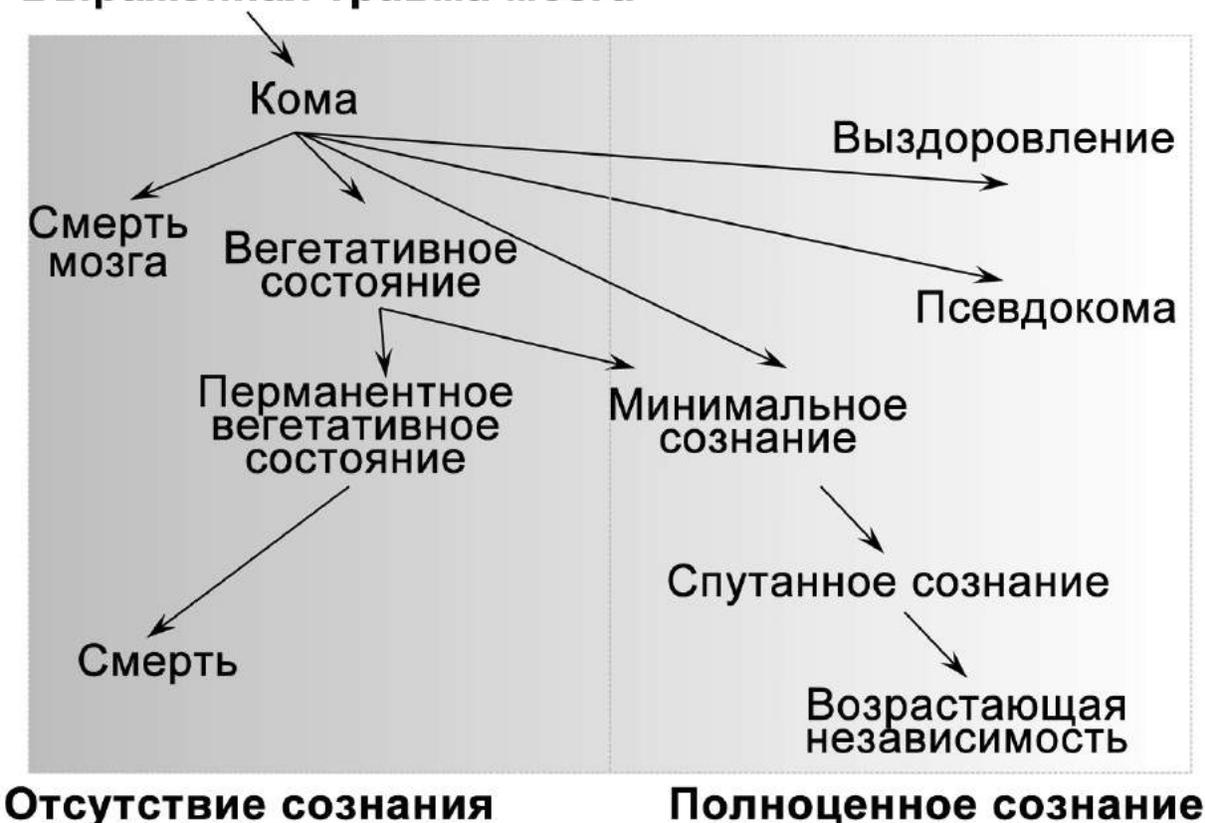


Рисунок 29. Травма мозга может стать причиной разнообразных нарушений сознания и способности к коммуникации. На рисунке отображены наиболее типичные категории пациентов, причем расположение этих категорий примерно соответствует степени наличия сознания и его стабильности в течение дня (слева — минимум, справа — максимум). Стрелки указывают на возможное изменение состояния пациента с течением времени. Пациенты в вегетативном состоянии, не демонстрирующие клинических признаков наличия сознания, очень мало отличаются от пациентов в минимальном сознании, которые могут сохранять способность к произвольным действиям

При этом мозг коматозного пациента жив. Смерть мозга — это вполне определенное состояние, при котором полностью отсутствуют стволовые рефлексы, электроэнцефалограмма не имеет пиков, дыхание отсутствует и не может быть восстановлено. Обследование пациентов в состоянии мозговой смерти с помощью позитронноэмиссионной томографии (ПЭТ) и других методов, например ультразвукографического исследования по Допплеру, показывает, что в коре головного мозга полностью

прекращаются метаболические процессы и останавливается кровообращение. Для установления факта смерти мозга требуется от шести часов до суток при условии отсутствия гипотермии, а также воздействия на мозг фармацевтических средств или токсичных веществ. Нейроны коры и зрительного бугра быстро дегенерируют и распадаются, навеки стирая все воспоминания, делающие человека тем, кто он есть. Таким образом, смерть мозга необратима: нет такой технологии, чтобы восстановить на молекулярном уровне утраченную информацию. В большинстве стран, в том числе в Ватикане⁶, смерть мозга считается смертью человека, и точка.

В чем же отличие комы от смерти мозга? Как нейробиологи отличают одно от другого? Во-первых, тело коматозного пациента демонстрирует определенные скоординированные реакции. Присутствует ряд рефлексов высокого уровня. Так, например, при стимуляции горла большинство пребывающих в коме демонстрируют рвотный рефлекс, а на ярком свете у них сужаются зрачки. Таким образом, можно утверждать, что часть цепочек бессознательного где-то в стволовой части мозга по-прежнему готова к работе.

Электрэнцефалограмма пациента в коме представляет собой отнюдь не прямую. На ней видны редкие флюктуации и низкочастотные волны, до некоторой степени схожие с волнами, наблюдаемыми у спящего или у человека под действием анестезии. Многие клетки коры и зрительного бугра живы и сохраняют активность, однако не способны объединиться в сеть. В редких случаях наблюдаются даже высокочастотные тета- и альфа-ритмы (альфа-кома), отличающиеся при этом необычной регулярностью, как будто большие участки мозга, вместо того чтобы выдавать характерные для исправно функционирующей таламо-кортикальной сети несинхронные ритмы, принимают генерировать все более и более синхронные волны⁷. Мой коллега, нейробиолог Андреас Кляйншмидт, сравнивает альфа-ритм с «дворниками на стекле мозга» — даже в здоровом, наделенном сознанием мозгу альфа-ритмы используются для того, чтобы отключать определенные области, например зрительные, если мы прислушиваемся к звуку⁸. В некоторых случаях комы состояние пациента напоминает состояние человека под воздействием анестезии или пропофола (успокоительного, которое убило Майкла Джексона)⁹ — корой завладевает гигантский альфа-ритм, исключающий всякую возможность наступления сознания. Но клетки мозга по-прежнему активны, и их обычные ритмы кодирования еще могут когда-нибудь восстановиться.

Таким образом, у пациентов в коме мозг явственно действует.

Подаваемые корой импульсы дают пики на ЭЭГ, но мозг не в состоянии очнуться от «глубокого сна» и прийти в сознательное состояние. К счастью, кома обычно длится недолго. Если удастся избежать осложнений медицинского характера, например инфекции, то пациент, как правило, начинает постепенно восстанавливаться. Первым признаком восстановления обычно является возникновение цикла «сон — бодрствование». После этого большинство коматозных пациентов приходят в сознание, обретают способность общаться и совершать целенаправленные действия.

Но бывают неудачные случаи, когда восстановление останавливается именно на этой странной стадии — человек пробуждается, но в себя не приходит¹⁰. Он каждый день просыпается, но в моменты бодрствования не отвечает и не демонстрирует явной реакции на окружающую среду, пребывая, видимо, в аду, каким описал его Данте — «я не был мертв, и жив я не был». Этот восстановившийся цикл «сон — бодрствование» при полном отсутствии признаков сознания является отличительной чертой вегетативного состояния, которое еще называют «бодрствованием без реагирования». В таком состоянии человек может пребывать много лет подряд. Он спонтанно дышит и живет, если его кормят с помощью специальных средств. Американские читатели могут помнить случай с Терри Шайво, которая пребывала в вегетативном состоянии 15 лет кряду, пока ее семья, штат Флорида и даже президент Джордж У. Буш ломали копья в суде. В марте 2005 года суд постановил, что Терри следует отключить от аппарата искусственного питания, после чего она смогла наконец умереть.

Что такое «вегетативный»? Это не вполне удачное слово, оно напоминает о «вегетации», а отсюда уже недалеко до «растения» или даже «овоща» — к сожалению, именно так зовет между собой подобных пациентов невоспитанный персонал. Слово это придумали нейробиологи Дженнет и Плам, взяв за основу глагол *vegetate*, который, согласно Оксфордскому словарю английского языка, значит «вести исключительно физическую жизнь в отсутствие какой-либо интеллектуальной деятельности или общения с окружающими»¹¹. Как правило, автономная нервная система у пациента в вегетативном состоянии действует исправно — управляет частотой сердечных сокращений, тонусом сосудов, температурой тела. Пациент не лишен способности двигаться и время от времени может случайно совершать медленные, явственно выраженные движения телом или глазами. Лицо его может беспричинно улыбаться,

морщиться, хмуриться. Семью пациента такое поведение может вводить в заблуждение. (Так, на основании этих признаков родители Терри Шайво решили, что ей еще можно помочь.) Однако любой нейробиолог знает, что подобные реакции могут носить чисто рефлекторный характер. Спинной мозг и ствол головного мозга часто заставляют человека совершать произвольные движения, не имеющие никакой конкретной цели. При этом пациент, что важно, не реагирует на вербальные распоряжения и не говорит ни слова, хотя может постанывать без какой-либо связи с происходящим вокруг.

Если с момента травмы мозга проходит месяц, врачи говорят о «стабильно вегетативном состоянии», а спустя еще некоторое время, от трех до двенадцати месяцев, ставят диагноз перманентного вегетативного состояния, учитывая при этом, было ли изначальное повреждение мозга следствием дефицита кислорода или травмы головы. Правда, в настоящее время эта терминология вызывает споры, поскольку подразумевает невозможность восстановления, указывает на стабильность бессознательного состояния и, следовательно, может побудить окружающих к преждевременному отключению пациента от поддерживающей жизнь аппаратуры. Ряд врачей-клиницистов и исследователей предпочитает нейтральное выражение «бодрствование без реагирования» — этот термин полностью соответствует действительности и абсолютно точно описывает характер нынешнего и будущего состояния пациента. Как мы еще увидим, в категорию «вегетативных» относят множество самых разных плохо изученных состояний организма, в том числе даже редкие случаи, когда пациент находится в сознании, но не способен общаться.

У некоторых пациентов с тяжелыми поражениями мозга сознание может появляться и затем исчезать в течение нескольких часов подряд. Часть времени эти пациенты отчасти сохраняют контроль над своими действиями, поэтому их относят к особой категории пребывающих в «минимальном сознании». Этот термин ввела в 2005 году рабочая группа нейробиологов, описавшая пациентов с редкой, непостоянной и ограниченной реакцией, говорящей о наличии частичного восприятия и воли¹². Пациенты в состоянии минимального сознания могут реагировать на вербальные команды морганием или следить взглядом за зеркалом. С ними можно установить общение в той или иной форме: пациент может вслух сказать «да» или «нет» или просто кивнуть. В отличие от человека в вегетативном состоянии, который смеется и плачет без всякой связи с происходящим, пациент в минимальном сознании проявляет эмоции,

непосредственно связанные с окружающим контекстом.

Правда, для верного диагноза одного такого эпизода недостаточно: признаки сознания должны наблюдаться явственно и неоднократно. Тем не менее, как это ни парадоксально, пациенты в минимальном сознании пребывают в состоянии, которое может помешать им последовательно излагать свои мысли. Один и тот же пациент может вести себя очень по-разному. В какой-то день он не будет выказывать ни единого признака наличия сознания либо будет выказывать их утром, а во второй половине дня перестанет. Кроме того, наблюдатель тоже субъективен, когда определяет, в нужный ли момент смеялся или плакал пациент. Чтобы повысить надежность диагностики, нейропсихолог Джозеф Джиаchino создал «шкалу посткоматозного восстановления» — ряд объективных тестов, проводимых прямо у постели больного и использующихся под жестким контролем¹³. С помощью этих тестов врачи проверяют сохранность таких простых функций, как способность распознавать и перемещать предметы, спонтанно или в ответ на команду переводить взгляд, реагировать на неожиданный шум. Медицинский персонал обучен тому, как задавать пациенту последовательные вопросы и тщательно следить за любыми поведенческими реакциями, как бы замедленны и малозаметны они ни были. Тест проводится несколько раз, в разное время дня.

С помощью этой шкалы медики могут гораздо точнее отличать пациента в минимальном сознании от пациента в вегетативном состоянии¹⁴. Это, конечно, нужно не только для того, чтобы решать, продлевать ли ему жизнь, но и для оценки вероятности восстановления. С точки зрения статистики пациенты с диагностированным состоянием минимального сознания возвращаются в стабильное состояние сознания чаще, чем те, кто годами пребывает в вегетативном состоянии (хотя предсказать исход для каждого отдельного человека медикам по-прежнему очень сложно). Восстановление зачастую идет невыносимо медленно: неделя за неделей, и реакция пациента постепенно становится более адекватной и выраженной. В нескольких примечательных случаях сознание внезапно возвращалось к человеку спустя всего несколько дней. После того как пациент становится стабильно способен к общению, диагноз состояния минимального сознания снимается.

Каково приходится человеку в состоянии минимального сознания? Можно ли утверждать, что он ведет сравнительно нормальную внутреннюю жизнь, наполненную воспоминаниями о прошлом, надеждами

на будущее и, что еще важнее, полноценным осознанием настоящего, исполненного, быть может, страданием и отчаянием? Или же бóльшую часть времени он пребывает словно в тумане и не может напрячь силы, чтобы продемонстрировать выраженную реакцию на окружающее? Мы этого не знаем, однако сильные изменения в способности к реагированию заставляют заподозрить, что последнее предположение может оказаться близко к истине. Возможно, уместно будет сравнить это состояние с путаностью и вязкостью мыслей, какую испытываешь после сильного удара по голове, анестезии или большой дозы алкоголя.

В этом отношении состояние минимального сознания серьезно отличается от следующего состояния в нашем списке — состояния псевдокомы, в котором пребывал Жан-Доминик Боби. Как правило, состояние псевдокомы наступает в результате повреждения строго определенной области, обычно — в утолщении стволовой части мозга. Травма с жестокой точностью перерезает пути, по которым идут сигналы от коры головного мозга в спинной мозг. Саму кору и зрительный бугор она не затрагивает, поэтому зачастую сознание остается совершенно неповрежденным. Пациент выходит из комы лишь затем, чтобы обнаружить, что он лишен возможности двигаться, лишен речи и заключен в парализованном теле. Взгляд его неподвижен. Единственным оставшимся каналом общения с внешним миром становятся глаза — зрачки могут слегка двигаться вверх-вниз, а веки — моргать, поскольку отвечающие за эти действия нейронные цепи обычно остаются неповрежденными.

В «Терезе Ракен» (1867) французский романист Эмиль Золя, мастер натуралистических описаний, очень точно изобразил умственную жизнь мадам Ракен — пожилой женщины, разбитой параличом и пребывающей в состоянии псевдокомы. Золя особо отметил, что единственным окном в разум страдальцы были ее глаза:

«Лицо старухи казалось разложившимся лицом покойницы, которому приданы живые глаза; только глаза у нее и были в движении; они стремительно вращались в глазницах, зато щеки, губы как бы окаменели, их неподвижность наводила ужас... Ее глаза с каждым днем становились все ласковее, свет их — все проникновеннее. Со временем она стала пользоваться ими как рукой, как губами — чтобы просить или благодарить. Таким необычным и трогательным приемом она возмещала недостающие ей органы. На ее перекошенном лице с дряблой, обвисшей кожей светились глаза небесной красоты» (пер. Е.

Гунста).

Лишенные возможности общаться с внешним миром, пациенты в состоянии псевдокомы тем не менее нередко сохраняют полную ясность мышления и сознают, чего лишены, на что способен их разум, как за ними ухаживают. Если специалисты сумеют правильно диагностировать состояние такого пациента и облегчить его боль, он сможет вести насыщенную жизнь. Мозг человека в псевдокоме по-прежнему воспринимает жизненный опыт во всей его полноте, тем самым доказывая, что здоровой коры и зрительного бугра вполне достаточно для генерирования автономных психических состояний. В романе Золя мадам Ракен испытывает всю сладость мести, наблюдая, как племянница, которую она ненавидит за убийство ее, мадам Ракен, сына, вместе с любовником совершают двойное самоубийство на глазах у парализованной наблюдательницы. В «Графе Монте-Кристо» парализованный Нуартье изыскивает способ предупредить внучку о том, что она собирается выйти за человека, отца которого Нуартье убил много лет назад.

Пожалуй, в реальности жизнь пациентов в состоянии псевдокомы может оказаться не столь насыщенной, но тем не менее она будет ничуть не менее необычна. С помощью компьютеризированных приспособлений, управляемых движениями глаз, некоторые такие пациенты могут отвечать на электронные письма, руководить некоммерческими организациями или даже, как французский топ-менеджер Филипп Виган, написать две книги и стать отцом. В отличие от пациентов в коме, в вегетативном состоянии и в состоянии минимального сознания эти люди имеют полноценное неповрежденное сознание. Они даже могут сохранять бодрость духа: недавние исследования их субъективной оценки собственного качества жизни показали, что после первых, исполненных ужаса месяцев пациенты в состоянии псевдокомы становятся так же счастливы, как средний здоровый человек¹⁵.

Cortico ergo sum

Классификация, согласно которой состояния неспособных общаться с миром людей делились на кому, вегетативное состояние, состояние минимального сознания и псевдокому, успела устояться, но в 2006 году престижный журнал *Science* опубликовал поразительную статью, которая взбудоражила клиницистов и нарушила статус-кво. Автор статьи, британский нейробиолог Адриан Оуэн описал пациента, который проявлял все клинические признаки вегетативного состояния, однако данные об активности его мозга указывали на достаточно высокий уровень сознания¹⁶. Автор выдвигал страшное предположение: существуют люди, которым приходится еще хуже, чем находящимся в псевдокоме. Эти люди сохраняют сознание, но не имеют никакой возможности дать знать об этом окружающим — хоть бы даже просто моргнуть. Исследование Оуэна рушило устоявшиеся клинические правила, но при этом несло и надежду: уже сегодня технологии нейровизуализации достаточно развиты и позволяют установить наличие сознания и даже, как мы сейчас увидим, вновь установить связь между человеком и миром вокруг него.

В статье рассказывается о пациентке, с которой работал Адриан Оуэн и его коллеги. Это была женщина двадцати трех лет; она попала в аварию и получила двустороннюю травму передних отделов мозга. С момента аварии прошло пять месяцев, но, хотя цикл сна и бодрствования у пациентки сохранялся, она абсолютно ни на что не реагировала, то есть вполне соответствовала определению человека в вегетативном состоянии. Даже группа опытных клиницистов не сумела обнаружить у нее никаких признаков остаточного сознания, способности к коммуникации или сохранившихся механизмов волевого контроля.

Но затем врачи пронаблюдали за активностью мозга пациентки и были поражены. Согласно исследовательскому протоколу для мониторинга состояния коры головного мозга у вегетативных пациентов последним делают серию фМРТ. Каково же было удивление исследователей, когда они обнаружили, что в случаях, когда пациентка слушала произносимые предложения, у нее активно начинала работать кортикальная языковая сеть. Достаточно сильные импульсы исходили из верхней и средней височных извилин, где располагаются цепочки, отвечающие за слух и за понимание речи. Когда же предложения становились сложнее и содержали слова, которые могли иметь разное значение (например, «потерял очки и не

прошел в финал»), выраженная активность наблюдалась даже в левой нижней лобной коре (центре Брокá).

Эта выраженная активность коры головного мозга заставляет предположить, что мозг пациентки обрабатывал речь, в том числе анализировал слова и объединял их в предложения. Но понимала ли сама пациентка, что ей говорили? Сама по себе активность языковой сети не является однозначным доказательством наличия сознания; предыдущие исследования уже показали, что эта сеть в значительной степени сохраняется и тогда, когда человек спит или находится под воздействием анестезии¹⁷. Чтобы выяснить, понимает ли пациентка сказанное, Оуэн провел еще серию исследований со сканированием мозга. Предложения, запись которых проигрывали пациентке, содержали сложные указания. Ей было предложено «вообразить, будто она играет в теннис», «вообразить, что она входит в комнаты у себя дома» и «просто расслабиться». Согласно инструкции, пациентка должна была воображать все предложенное в строго определенное время. За тридцатью секундами активного воображения (после инструкции, содержащей слова «теннис» или «парусный спорт») должны были следовать тридцать секунд покоя («расслабиться»).

Если бы не сканер, Оуэн ни за что не смог бы понять, понимает ли безгласная и бездвижная пациентка его команды, и уж тем более — может ли она им следовать. Но фМРТ немедленно дала ответ: активность мозга пациентки говорила о том, что она следует данным ей инструкциям. Когда ее просили представить, будто она играет в теннис, каждые тридцать секунд, в полном соответствии с указаниями, у нее активировалась вспомогательная моторная область. Когда же пациентка вообразила себе, что входит в квартиру, на мониторе засветилась явственно видимая мозговая сеть, объединявшая части мозга, ответственные за репрезентацию различных мест и пространств, а именно парагиппокампальная извилина, задняя теменная доля и премоторная зона коры. Поразительным образом пациентка активировала именно те участки мозга, которые активируются у здоровых людей, выполняющих те же самые задания.

Но значит ли это, что пациентка находилась в сознании? Роль адвоката дьявола взяли на себя несколько ученых¹⁸. Что, если эти области могут активироваться без какой-либо помощи сознания, без осознанного восприятия пациентом инструкций? Может, существительного «теннис» уже достаточно, чтобы активировать моторные области, ведь действие является составной частью значения этого слова. Точно так же слово

«ориентирование» могло стать спусковым крючком и включить механизм ориентации в пространстве. Очень может быть, что в этом случае мозг активируется автоматически, в отсутствие сознания. Зададим более философский вопрос: может ли вообще любое изображение мозга подтвердить или опровергнуть наличие в нем разума? Американский невролог Аллан Ропер ответил на этот вопрос отрицательно, сопроводив свои пессимистические выводы остроумной насмешкой: «Ни врачи, ни общество не готовы к тому, чтобы поверить в максимум “имею мозговую активность — следовательно, существую”. Сказать так значило бы поставить Декарта впереди лошади»¹⁹.

Шутки шутками, а вывод этот неверен. Сегодня техники нейровизуализации вступили в пору расцвета, и даже такие сложные задачи, как выявление остаточного сознания на основании исключительно объективных изображений мозга, вот-вот будут решены. Оуэн поставил элегантный контрольный эксперимент, потрясший даже самых логичных и уверенных в себе критиков. Он просканировал мозг здоровых добровольцев в тот момент, когда они слышали слова «теннис» и «ориентация»; при этом добровольцы не получили никаких инструкций относительно того, что им следует при этом делать²⁰. Стоит ли удивляться, что активность, вызванная этими двумя словами, была практически идентична как для одного, так и для второго слова. Картина мозговой активности у этих пассивных слушателей явственно отличалась от сети, которая активировалась у пациентки Оуэна или у представителей контрольной группы, когда те получали инструкции относительно того, что им следовало вообразить в связи с услышанным. Адвокаты дьявола были посрамлены. Активируя премоторную, теменную и гиппокампальную области в соответствии с полученными инструкциями, пациентка Оуэна действовала отнюдь не бессознательно — она, по всей видимости, и впрямь думала о поставленной задаче.

Как отметили Оуэн и его коллеги, одного услышанного слова явно мало для того, чтобы поддерживать мозговую активность в течение целых тридцати секунд — если только пациент не использует это слово как сигнал к выполнению того или иного задания для мозга. Согласно моей теории о глобальном нейронном рабочем пространстве, в случае если слово запустило только бессознательную активацию, следовало ожидать, что она быстро сойдет на нет и максимум через несколько секунд активность вернется на исходный уровень. И наоборот, если мы в течение тридцати секунд наблюдаем устойчивую активность конкретных областей

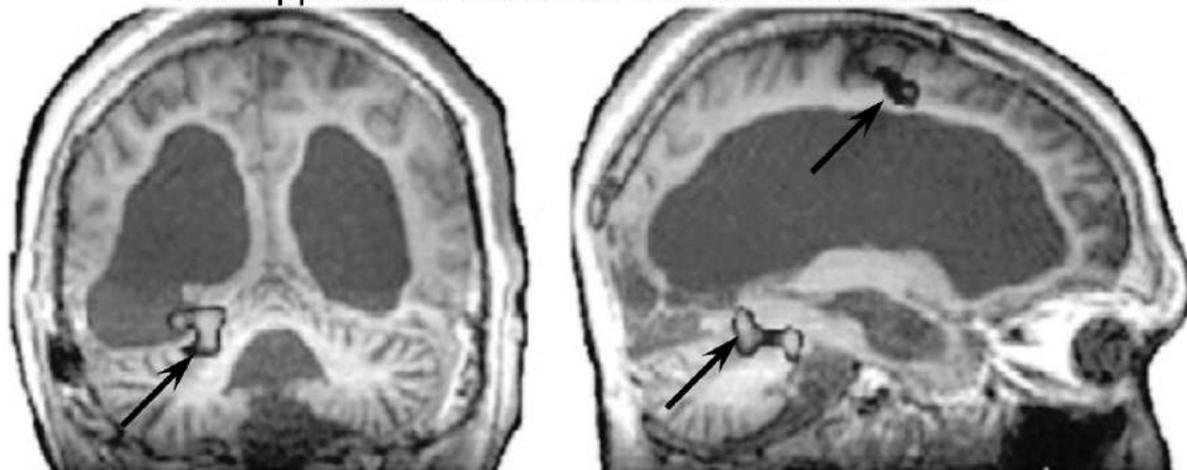
префронтальной и теменной коры, это почти наверняка свидетельствует о присутствии в рабочей памяти сознательных мыслей. Конечно, можно покритиковать Оуэна и его коллег за достаточно произвольно выбранное задание, однако выбор их был вполне разумен и практичен: пациенту нетрудно выполнить задание и что-либо вообразить, а вызванная этим активность мозга не может происходить без появления сознания.

Освободить внутреннюю бабочку

Если у кого-либо и оставались сомнения относительно того, могут ли пациенты в вегетативном состоянии иметь сознание, следующая статья, опубликованная в весьма уважаемом журнале *New England Journal of Medicine*, полностью эти сомнения развеяла²¹. Авторы статьи доказали, что с помощью нейровизуализации можно создать канал связи с пациентом, пребывающим в вегетативном состоянии. Весь эксперимент был удивительно прост. Вначале исследователи повторили опыт Оуэна с воображением. Пятидесяти четырем пациентам с нарушениями сознания предложили вообразить, что они играют в теннис или приходят к себе домой. Пятеро из пятидесяти четырех продемонстрировали при этом выраженную активность мозга. Четверо из этих пациентов находились в вегетативном состоянии. Одного из них пригласили на второй сеанс МРТ. Перед каждым сканированием пациенту задавали личный вопрос, например: «У вас есть брат?» Пациент не мог ни двигаться, ни говорить, однако Мартин Монти и его сотрудники просили дать ответ в уме. «Если вы хотите сказать “да”, — говорили они, — вообразите, что играете в теннис. Если хотите сказать “нет”, вообразите тогда свою квартиру. Начинайте, когда мы скажем “отвечайте”, и заканчивайте, когда услышите “расслабьтесь” ».

Эта хитроумная стратегия дала отличные плоды (рис. 30). После пяти вопросов из шести наблюдалась выраженная активность в одной из двух прежде выявленных сетей мозга. (После шестого вопроса активности не было, поэтому ответ не был засчитан.) Исследователи не знали верных ответов, однако, сравнив данные мозговой активности с информацией, полученной от семьи пациента, они очень обрадовались, увидев, что ответы на все пять вопросов были даны правильные.

Внешне кажется, что этот пациент находится в вегетативном состоянии



Контрольный испытуемый

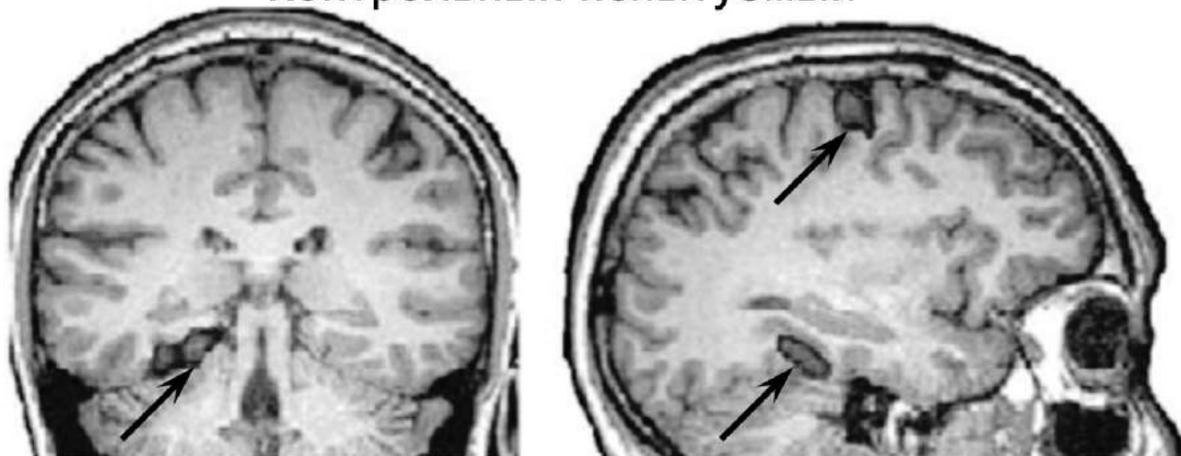


Рисунок 30. Некоторые пациенты, внешне демонстрирующие признаки вегетативного состояния, при выполнении сложных умственных задач показывают практически нормальную активность мозга, а следовательно, можно предположить, что они находятся в сознании. Пациент в верхней части рисунка не мог ни двигаться, ни говорить, однако корректно отвечал на заданные ему вопросы, активизируя для этого различные участки мозга. Чтобы ответить «нет», он должен был представить, будто входит к себе в квартиру, а «да» — вообразить, что играет в теннис. Когда пациента спросили, звали ли его отца Томас, участки мозга, отвечающие за пространственное ориентирование, активировались так же, как у здорового человека, то есть ответ (соответствующий действительности) был «нет». При этом пациент не демонстрировал никаких признаков способности к коммуникации, а также

признаков сознания, и потому считалось, что он пребывает в вегетативном состоянии. На снимке хорошо видны имеющиеся у него обширные поражения мозга

Прервемся на секунду и вообразим себе все, что следует из этих поразительных открытий. В мозгу пациента сохранилась в целости длинная цепь психических процессов. Во-первых, пациент понял вопрос, выбрал правильный ответ и в течение нескольких минут перед сканированием держал его в уме. Для этого у него должно было сохраниться полноценное понимание речи, долгосрочная и рабочая память. Во-вторых, пациент по собственной воле следовал инструкциям, полученным от исследователя, то есть в качестве «да» воображал себе игру в теннис, а в качестве «нет» — ориентацию в воображаемом пространстве. Следовательно, пациент по-прежнему был способен перенаправлять информацию по произвольно выбранному набору модулей мозга, а это само по себе может означать, что глобальное нейронное рабочее пространство осталось незатронуто. И наконец, пациент последовал полученным инструкциям в требуемый момент и с готовностью отвечал «да» или «нет» пять сканирований подряд. Способность к целенаправленному вниманию и переключению с одной задачи на другую говорит о сохранении центральной системы управления. Фактов, конечно, пока маловато, и какой-нибудь требовательный статистик мог бы сказать, что вопросов должно было быть не пять, а двадцать, однако вывод о том, что пациент обладает сознанием и волевым разумом, напрашивается сам собой.

Этот вывод ставит под угрозу принятое сегодня среди клиницистов деление пациентов на категории и заставляет нас взглянуть в глаза непростой правде: некоторые пациенты в вегетативном состоянии имеют лишь соответствующие внешние признаки. Бабочка сознания все еще бьется о стены скафандра, даже если дотошные исследователи-клиницисты ее не замечают.

Новости об исследованиях Оуэна быстро были подхвачены средствами массовой информации. К сожалению, сделанные им открытия зачастую бывали неверно поняты. Один из глупейших выводов, сделанных журналистами, был таков: коматозные пациенты находятся в сознании. Да ничего подобного! Исследователи работали только с пациентами в вегетативном состоянии и в состоянии минимального сознания, а пациентов, пребывающих в коме, не трогали. Но даже и тогда результаты теста были удовлетворительны лишь для малой доли опрошенных (10—20 процентов), то есть, по-видимому, состояние «суперпсевдокомы»

встречается сравнительно редко.

На самом деле точных цифр мы не знаем, ведь тесты с использованием нейровизуализации асимметричны. Когда мы получаем положительный ответ, то почти наверняка можем говорить о наличии сознания; если же ответ был дан отрицательный, это может означать, что пациент находился в сознании, но не смог дать правильный ответ по целому ряду причин, в том числе из-за глухоты, речевых нарушений, низкого уровня активного внимания или неспособности к удержанию внимания. Интересно, что отвечали на вопросы исследователей только пациенты, страдавшие от травмы мозга. Все прочие пациенты, лишившиеся сознания в результате серьезного инсульта или дефицита кислорода, не выказывали способности выполнить задание — возможно, потому, что у них, как в случае с Терри Шайво, массово и необратимо пострадали нейроны коры головного мозга. Короче говоря, «чудо» обнаружения сохранного сознания в теле пациента в вегетативном состоянии происходило в очень ограниченном количестве совершенно определенных случаев. Использовать его как довод в пользу неограниченного искусственного поддержания жизни всех пребывающих в коме пациентов было бы крайне неразумно.

Еще больше удивления вызывает тот факт, что тест не смогли пройти тридцать из тридцати одного пациента в состоянии минимального сознания. При тестировании без применения средств нейровизуализации все эти пациенты время от времени демонстрировали признаки сохранной волевой сферы и сознания, однако по какой-то жестокой иронии все, кроме одного, не смогли ясно доказать их наличие во время теста с нейровизуализацией. Почему? Кто знает... Быть может, тест пришелся на момент, когда активное внимание у них было снижено. Быть может, оказавшись в странном шумном аппарате МРТ, они не смогли сконцентрироваться. Быть может, их когнитивные функции были слишком слабы для такой сложной задачи. Выводов можно сделать как минимум два: во-первых, клинический диагноз «состояние минимального сознания» ни в коем случае не означает, что разум пациента совершенно сохранен; во-вторых, тест Оуэна на воображение, по всей вероятности, оставляет за бортом значительные проявления сознания.

Все это означает, что теста, с помощью которого можно будет точно проверить наличие сознания, у нас не будет никогда. Этичнее всего будет разработать целый ряд таких тестов, а потом посмотреть, какие из них позволят установить связь со внутренней бабочкой пациента. В идеальном мире эти тесты должны быть значительно проще, чтобы пациентам не приходилось представлять себе игру в теннис. Кроме того, тесты следовало

бы повторять множество раз в разные дни, чтобы не упустить ускользающей искры сознания пациента в псевдокоме. К сожалению, фМРТ для этих целей совершенно не подходит, потому что требует использования сложного и дорогого оборудования, которое, как правило, используют один-два раза максимум. Как заметил сам Адриан Оуэн, «очень тяжело открыть канал коммуникации с пациентом, но не иметь возможности немедленно дать ему и его семье возможность общаться на постоянной основе»²². Даже второго пациента Оуэна, подававшего явные признаки произвольного реагирования, удалось проверить на томографе всего один раз, после чего он вновь вернулся в тюрьму закованного в псевдокому тела.

Понимая всю необходимость скорейшего разрешения этой тяжелой задачи, несколько исследовательских команд принялись за разработку интерфейсов «мозг — компьютер», чтобы можно было использовать значительно более простую технологию электроэнцефалограммы, аппаратура для которой дешева, имеется во всех клиниках и требует лишь усиления электрических сигналов с поверхности головы²³.

К сожалению, на ЭЭГ трудно уловить, когда человек в своем воображении играет в теннис, а когда будто бы входит в собственную квартиру. Поэтому в ходе одного исследования ученые предложили пациентам гораздо более простую инструкцию: «Всякий раз, как услышите сигнал, вообразите, будто вы сжимаете правую руку в кулак, а затем расслабляете ее. Вообразите себе все ощущения, связанные с работой мускулов, как если бы вы на самом деле совершали это движение»²⁴. В ходе другого исследования пациенты должны были вообразить, что шевелят пальцами ног. Пока пациенты воображали эти движения, исследователи искали на ЭЭГ выраженные колебания активности моторной коры. Для каждого пациента с помощью компьютеризированного алгоритма машинного обучения вычленились сигналы, связанные именно с воображаемым сжатием кулака или именно с шевелением пальцев ног. И для трех из шестнадцати пациентов в вегетативном состоянии техника сработала, хотя при этом она слишком ненадежна и не позволяет полностью исключить вероятности случайного попадания²⁵. (Даже при исследовании здоровых, находящихся в сознании участников метод сработал лишь в девяти случаях из двенадцати.) Нью-йоркская группа исследователей под руководством Николаса Шиффа провела еще один тест, в ходе которого пятеро здоровых волонтеров и трое пациентов должны были вообразить, будто плавают либо входят в свою квартиру²⁶. И снова

тест дал вроде бы надежные результаты, однако на слишком малых числах, не позволивших дать окончательный ответ.

Несмотря на все свои недостатки, коммуникация на основе ЭЭГ на сегодня является наиболее многообещающим направлением дальнейших исследований²⁷. Многие инженеры охотно примут вызов и предпримут попытку состыковать компьютер с мозгом. Для этого создаются все более сложные системы. В большинстве своем они пока основаны на направлении взгляда и на зрительном внимании (для многих пациентов это представляет трудности), однако в настоящее время разработчики достигли определенного прогресса в декодировании слухового внимания и моторных образов. Бок о бок с ними шагает игровая индустрия, использующая облегченные беспроводные средства записи. Парализованным пациентам можно хирургически ввести электроды прямо в кору головного мозга. С помощью присоединенного к электродам аппарата пациент с квадриплегией сумел усилием мысли управлять рукой робота²⁸. Возможно, если электроды будут размещены в языковой области коры, в один прекрасный день речевой синтезатор преобразует то, что хотел бы сказать пациент, в самую настоящую речь²⁹.

Перед исследователями открылось множество путей. Теперь ученые могут разрабатывать не только более совершенные коммуникационные устройства для пациентов в псевдокоме, но и новые средства для выявления остаточного сознания. В таких передовых клинических исследовательских центрах, как, например, *Coma Science Group* (Льеж, Бельгия) под руководством Стивена Лори, интерфейсы «мозг — компьютер» уже всю используют в ходе стандартных тестов, проводимых над всеми поступающими в центр пациентами в вегетативном состоянии. Могу предположить, что через двадцать лет никого не удивит парализованный человек в псевдокоме, усилием воли управляющий своей инвалидной коляской.

Новые методы выявления сознания

Несмотря на то что я отдаю должное передовым исследованиям Адриана Оуэна, как теоретик я пребываю в печали. Для того чтобы пройти предложенный Оуэном тест, пациент, безусловно, должен находиться в сознании, однако методы проверки трудно увязать с какой-либо конкретной теорией сознания. Тест требует использования языка, памяти и воображения, однако есть множество вариантов, при которых наделенный сознанием пациент его все же не пройдет. Нельзя ли придумать тест попроще, эдакую лакмусовую бумажку, которая сразу покажет, есть у человека сознание или нет? Благодаря развитию технологий нейровизуализации мы выявили целый ряд автографов сознания. Нельзя ли следить за их появлением и на основании этого говорить о наличии или отсутствии сознания у пациента? Вдобавок ко всему этот простейший тест, основанный на четкой теории, мог бы помочь в решении другой сложной задачи — выяснить, обладают ли какой-нибудь разновидностью сознания маленькие дети, недоношенные новорожденные и даже крысы или обезьяны.

В 2008 году мы с моими коллегами Тристаном Бекинштайном, Лайонелом Наккашем и Мариано Сигманом обедали на юге Парижа, в Орсе. На этом достопамятном обеде я задал один простой вопрос: если бы нам нужно было создать простейший детектор сознания, с чего бы мы начали? Мы быстро пришли к выводу, что в основе детектора должен лежать электроэнцефалограф — самый простой и дешевый инструмент нейровизуализации. Кроме того, мы решили, что детектор должен использовать звуковые стимулы, поскольку слух у большинства пациентов сохранен, в то время как зрение нередко страдает. Решение использовать слуховой канал оказалось сопряжено с некоторыми проблемами, поскольку найденные нами автографы сознания проявлялись в первую очередь при экспериментах со зрением. Тем не менее мы были уверены, что на основании уже открытых принципов доступа в сознательный опыт мы сможем сделать выводы и для слуха.

Мы решили использовать наиболее очевидный автограф, проявлявшийся практически в каждом эксперименте, а именно большую волну РЗ, указывающую на синхронизированную массовую активацию мозговой сети корковых областей. Вызвать волну РЗ с помощью слуха необычайно просто. Представьте себе, что вы слушаете негромкую

симфоническую музыку, и тут вдруг у кого-то звонит телефон. При этом неожиданном звуке ваше внимание переключается, вы осознаете произошедшее, и в мозгу у вас поднимается большая волна РЗ³⁰.

В нашей разработке мы решили использовать серию регулярно повторяющихся звуков: бип-бип-бип-бип... В какой-то момент на смену этим звукам внезапно приходил резкий и низкий гудок: у-у-у. Если слушатель бодрствует и при этом сохраняет внимание, внезапный гудок неизменно вызывает у него волну типа РЗ — наш автограф сознания. Для того чтобы убедиться, что мозг реагирует не на силу или какую-либо иную характеристику звука, мы отдельно провели ряд тестов, в которых использовали звуки наоборот — гудение, «у-у-у», было фоновым звуком, а «бип» вторгался внезапно. Таким образом мы доказали, что волна РЗ была связана исключительно с появлением маловероятного в сложившемся контексте звука.

Правда, тут у нас возникает одна трудность. Внезапный и нетипичный звук вызывает не только волну РЗ, но и серию более ранних реакций мозга, свидетельствующих, как нам известно, о бессознательной обработке стимула. Всего через 100 миллисекунд после появления нежданного звука слуховая зона коры уже генерирует обширную реакцию на неожиданность. Эта реакция известна как «реакция на рассогласование» или «негативность рассогласования» (сокращенно НР), поскольку она проявляется в виде отрицательного напряжения в верхней части головы³¹. Проблема заключается в том, что НР не относится к автографам сознания; это всего лишь автоматическая реакция на неожиданный звук, который раздается, когда человек уделяет внимание чему-то иному, погружен в собственные мысли, читает, смотрит кино или даже спит или пребывает в коме. В нашу нервную систему встроен бессознательный детектор всего нового. Чтобы быстро засечь непохожий на другие звук, он без помощи сознания сравнивает имеющийся стимул с прогнозами, построенными на основании предыдущих звуков. Такого рода прогнозированием мозг занимается постоянно: практически в каждом участке коры, вероятно, имеется простая цепочка нейронов, занятых прогнозированием и сравнением³². Действуют они автоматически, а включение нашего внимания и сознания зависит только от результатов их работы.

Получается, что в качестве автографа сознания парадигма выявления нетипичного не годится: мозг может прореагировать на новый звук, даже если хозяин мозга при этом пребывает в коме. Реакция НР указывает лишь на то, что слуховая зона коры достаточно функциональна, чтобы

зафиксировать новое явление, но не позволяет сделать выводы о наличии сознания³³. Она принадлежит к числу ранних сенсорных операций, сложных, однако не требующих наличия сознания. Следовательно, нам с коллегами предстояло проверить дальнейшую деятельность мозга, а именно: начнется ли затем указывающее на наличие сознания лавинообразное нарастание нейронной активности?

Мы придумали новую разновидность теста на неожиданность, в которой специально провоцировали появление более поздней и сознательной реакции на новизну. Для этого мы попробовали поменять местами локальную и глобальную новизну. Представьте себе, будто слышите последовательность из пяти звуков, последний из которых не похож на другие: бип-бип-бип-бип-у-у-у. Реагируя на последний, отличный от всех прочих звук, ваш мозг выдаст сначала НР, а затем РЗ. Теперь повторим эту последовательность звуков еще и еще раз. Ваш мозг быстро привыкнет к тому, что после нескольких «бип» идет «у-у-у» — на уровне сознания всякая неожиданность исчезнет. Тем не менее последний, отличный от прочих звук все равно будет вызывать реакцию НР. Очевидно, встроенное в слуховую зону коры устройство распознавания новизны большим умом не отличается и, не замечая общих закономерностей, близоруко ожидает после каждого «бип» еще один «бип», всякий раз удивляясь, когда вместо этого вдруг звучит «у-у-у».

Интересно, что волна РЗ в этом плане куда умнее. Она внимательно следит за осознанием, и, как только человек замечает, что за четвертым «бип» всегда следует «у-у-у», и перестает удивляться несоответствию, — волна РЗ исчезает. Когда сознательное ожидание будет сформировано, мы можем нарушить его, изредка подавая пять одинаковых звуков подряд: бип-бип-бип-бип-бип. Это редкое отклонение от плана опять-таки вызовет волну РЗ. И смотрите, как интересно получается: мозг воспринимает цепочку из абсолютно одинаковых звуков как нечто новое и необычное, но только потому, что эта последовательность отличается от последовательности, которая была зарегистрирована в рабочей памяти.

Цель достигнута: мы можем получить чистую волну РЗ без примеси ранних бессознательных реакций. Мы можем даже усилить РЗ, если попросим испытуемого считать последовательности, которые не похожи на остальные. Намеренные подсчеты значительно усиливают наблюдаемую волну РЗ и превращают ее в легко различимый маркер (рис. 31). Увидев эту волну, мы можем достаточно уверенно заключить, что пациент находится в сознании и способен следовать данным ему инструкциям.

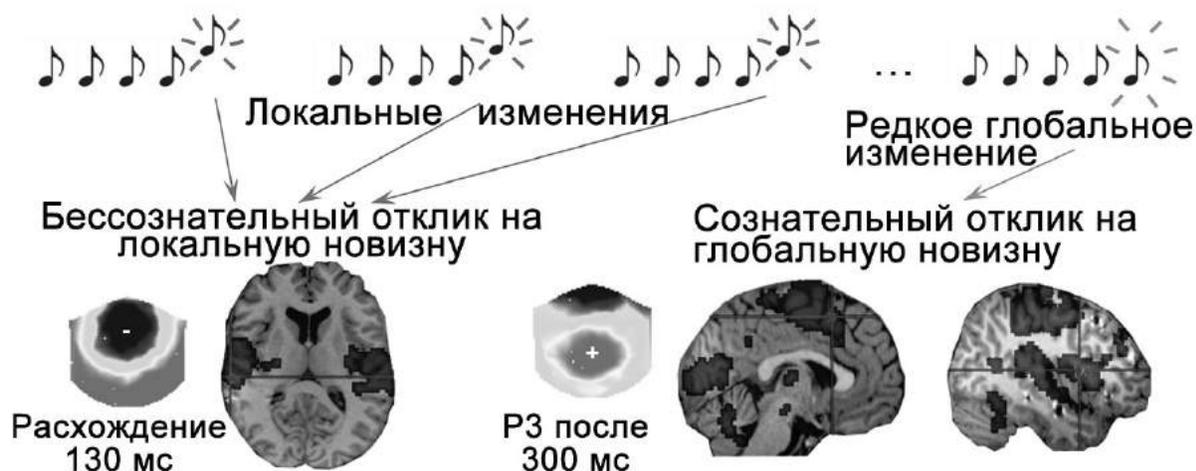


Рисунок 31. С помощью локально-глобального теста можно выявить наличие остаточного сознания у травмированных пациентов. Тест заключается в том, что испытуемому много раз подряд проигрывают одну и ту же последовательность из пяти звуков. Если пятый звук отличается от предыдущих четырех, слуховые области выдают «сигнал несоответствия» — автоматическую реакцию на новизну, причем реакция эта происходит бессознательно и даже в тех случаях, когда пациент пребывает в глубоком сне или в коме. Если же человек находится в сознании, мозг быстро приспосабливается к повторяющейся мелодии, и, когда привыкание будет сформировано, реакция на новизну возникает в случае отсутствия непохожей на все остальные ноты в конце. Важно отметить, что такого рода высокоуровневая реакция возникает только у пациентов, находящихся в сознании. Она несет с собой все автографы сознания, в том числе волну P3 и синхронную активацию обширных теменной и префронтальной областей коры

На практике этот локально-глобальный тест вполне справляется с задачей. Мы с моей командой без труда фиксировали глобальную волну P3 у всех здоровых людей даже после очень краткой записи. Похоже, волна возникает лишь в случаях, когда участник эксперимента собран и осознает правила проведения эксперимента³⁴. Когда его отвлекают, предложив выполнить одновременно другое, связанное со зрением задание, слуховая волна P3 пропадает. Когда участник раздумывает о своем, волна P3 наблюдается лишь у тех, кто по окончании эксперимента может сообщить, какова была последовательность звуков и каким образом она была нарушена. Участники, не заметившие последовательности, волны P3 не имели.

Сеть областей, активируемых при глобальном нарушении последовательности, также указывает на массовую активацию сознания. С помощью ЭЭГ, фМРТ и внутричерепных записей эпилептических пациентов мы пришли к выводу, что сеть глобального рабочего пространства включается всякий раз при появлении глобального нарушения последовательности. Когда мы слышим нарушенную последовательность, активность мозга выходит за пределы слуховой зоны коры и перекидывается на обширные рабочие цепи билатеральной префронтальной коры, передней поясной коры, теменной и даже затылочной областей. Это означает, что информация об изменении звуковой последовательности передается в рамках глобальной нейронной рабочей сети и далее, а следовательно, поступает в сознание.

Будет ли этот тест работать в клинических условиях? Станут ли пациенты, обладающие сознанием, реагировать на глобальную новизну в слуховой области? Первоначальные наши исследования, в которых принимали участие восемь пациентов, оказались достаточно успешны³⁵. У всех четырех пациентов в вегетативном состоянии реакция на глобальное нарушение последовательности отсутствовала, зато у троих из четверых обладателей минимального сознания она наличествовала (позже к этим трем пациентам вернулось сознание).

После этого мой коллега Лайонел Наккаш принялся на потоке применять этот тест в больнице Сальпетриер (Париж), и результаты у него были весьма неплохие³⁶. Если аппаратура фиксировала глобальную реакцию, пациент, по-видимому, обладал сознанием. Из двадцати двух пациентов в вегетативном состоянии только двое продемонстрировали глобальную волну РЗ, причем в последующие несколько дней у этих пациентов произошло некоторое восстановление минимального сознания. Таким образом, можно предположить, что во время теста они уже обладали сознанием, так же как обладали им пациенты Оуэна, реагирующие на полученные инструкции.

В отделении интенсивной терапии наш локально-глобальный тест порой помогает спасти жизни. Так, однажды в больнице находился некий молодой человек, который впал в кому в результате страшной автомобильной аварии и пребывал в этом состоянии три недели подряд. Он ни на что не реагировал и имел столько осложнений, что врачи задумались над тем, не прекратить ли им лечение. При этом мозг пациента по-прежнему демонстрировал сильную реакцию на глобальные нарушения последовательности. Что, если молодой человек застрял в какой-то

переходной псевдокоме и оказался не в состоянии дать знать о том, что у него сохранилось сознание? Лайонел убедил врачей в том, что в течение нескольких дней у пациента может произойти улучшение состояния... и что же — спустя некоторое время сознание к нему вернулось полностью. Более того, общее состояние молодого человека улучшилось настолько, что в настоящее время он ведет практически нормальный образ жизни.

Объяснить принципы работы этого теста позволяет глобальная теория рабочего пространства. Для того чтобы зафиксировать повторяющуюся последовательность, участник теста должен сохранить эти пять звуков у себя в памяти и сравнить их со следующей последовательностью, которая прозвучит более чем секунду спустя. Как мы уже говорили в главе 3, способность удерживать информацию в памяти на протяжении нескольких секунд — отличительная черта наделенного сознанием разума. В ходе нашего теста эта функция проявляется дважды: мозг должен объединить отдельные звуки в общий рисунок, а затем сравнить несколько таких рисунков.

Кроме того, наш тест затрагивает следующий уровень обработки данных. Какие нужно проделать операции, чтобы решить, что последовательность совершенно одинаковых звуков «бип» является на самом деле чем-то неожиданным? Слыша стандартную последовательность «бип-бип-бип-бип-у-у-у», наш мозг привыкает к тому, что последний звук отличается от других. В слуховых областях после этого звука поступает сигнал первого порядка, сообщающий о чем-то неожиданном, однако система второго порядка прогнозирует именно вариант с «у-у-у»³⁷. В тех редких случаях, когда вместо этого звучит пять «бип» подряд, система второго порядка очень удивляется. Неожиданность заключается в отсутствии неожиданности. Наш тест выполняет свои функции потому, что с его помощью мы обходим детектор неожиданности первого порядка и переходим сразу на этап второго порядка, тесно связанный с глобальной массовой активацией, префронтальной корой, а следовательно, с сознанием.

На связи — кора головного мозга

Сегодня у нашей исследовательской группы накопилось достаточно историй об успехах, чтобы утверждать, что наш локально-глобальный тест действительно выявляет наличие сознания. Тем не менее тест этот еще далеко не совершенен. У нас было слишком много ложных отрицательных результатов — тест не показывал наличия сознания у пациентов, которые позже выходили из комы и к которым возвращалось полноценное сознание. Мы немного выиграли за счет обработки наших данных посредством сложного алгоритма машинного обучения³⁸. Этот инструмент напоминает Гугл и позволяет проверять мозг на наличие любых реакций на глобальную неожиданность, даже если эти реакции необычны и прежде нигде не встречались. И все-таки примерно у половины пациентов, которые находятся в состоянии минимального сознания или к которым вернулись коммуникативные способности, мы не смогли зафиксировать какую-либо реакцию на нестандартные последовательности.

Статистика называет это случаем высокоспецифичности при слабой чувствительности. Проще говоря, наш тест так же асимметричен, как тест Оуэна: если мы получаем положительный результат, то можем почти наверняка сказать, что у пациента сознание сохранилось; если же результат оказывается отрицательным, мы не можем сделать вывод о том, что сознание отсутствует. Объяснить эту низкую чувствительность можно несколькими возможными причинами. Не исключено, что наши записи ЭЭГ содержат слишком много шумов — в конце концов, не так-то легко получить четкий сигнал, когда пациент лежит на больничной койке в окружении всевозможных электронных приборов или не может стоять спокойно или смотреть в одну точку. Вполне вероятно, что некоторые наши пациенты находятся в сознании, но не могут понять, что от них требуется. Их мозг поражен так тяжело, что они не в силах сосчитать нарушения звука или заметить их — или даже просто сконцентрироваться на этих звуках более чем на несколько секунд.

Тем не менее психическая жизнь этих пациентов не прекращается. Если наша теория верна, это значит, что их мозг по-прежнему способен распространять глобальную информацию в коре на большие расстояния. Как же это отследить? В конце первого десятилетия XXI века Марселло Массимини из Университета Милана пришла одна хитроумная идея на сей счет³⁹. В нашей лаборатории для выявления сознания использовался

мониторинг проникновения сенсорного сигнала в мозг, а Массимини предложил использовать внутренний стимул. А давайте запустим электрическую активность прямо в коре головного мозга, подумал он. Это будет как импульсный сигнал локатора — интенсивный стимул проникнет в кору и в зрительный бугор, а сила и длительность порожденного им эха покажут нам, сообщаются ли между собой области, через которые он проходит. Если активность достигнет отдаленных областей и если сигнал долгое время будет блуждать туда-обратно, можно будет говорить о возможном наличии у пациента сознания. При этом, что примечательно, самому пациенту не придется даже обращать внимание на стимул или в чем-то разбираться. Пациент может даже не знать, что кто-то с помощью импульса проверяет состояние отдаленных участков коры его мозга.

Для реализации своей идеи Массимини воспользовался сложным сочетанием двух технологий: ТМС и ЭЭГ. Как уже говорилось в главе 4, при транскраниальной магнитной стимуляции кору головного мозга стимулируют с помощью магнитного потока, направляя разряд на помещенную возле головы катушку. ЭЭГ, как уже известно читателю, представляет собой старый добрый способ записи волн мозга. Фокус, произведенный Массимини, заключался в том, чтобы «пощупать импульсом» кору с помощью ТМС, а потом использовать ЭЭГ, чтобы записать распространение активности мозга, которая начнется в результате импульса. Для этого требовались особые усилители, которые быстро восстанавливаются после интенсивного тока, генерированного с помощью ТМС, и спустя всего несколько миллисекунд отобразят точную картину распространения активности.

В настоящее время метод Массимини дает потрясающие результаты. Поначалу Массимини исследовал с его помощью здоровых людей, находившихся в состоянии бодрствования, сна и под анестезией. В период отсутствия сознания импульс ТМС вызывал лишь краткую очаговую активность, которая прекращалась спустя примерно 200 миллисекунд. Когда же участник эксперимента находился в сознании или даже предавался мечтам, тот же самый импульс вызывал в мозгу сложную цепочку активности. Место подачи стимула, по-видимому, роли не играло: в какой бы точке он ни попал в кору, в мозгу сразу же начиналась сложная и длительная реакция, явственно свидетельствовавшая о наличии сознания⁴⁰. Это наблюдение вполне согласуется с тем, что наблюдали мы с моей командой во время сенсорной стимуляции: если сигналы распространяются по охватывающей весь мозг сети более 300 миллисекунд, это говорит о наличии сознания.

Затем Массимини перешел к наиболее важной части эксперимента и испытал свою аппаратуру на пяти пациентах в вегетативном состоянии, пяти — в состоянии минимального сознания и двух — в псевдокоме⁴¹. Цифры невелики, но результат был стопроцентный: все находящиеся в сознании пациенты продемонстрировали длительную и сложную реакцию на поданный в кору импульс. За состоянием пяти пациентов в вегетативном состоянии следили в течение нескольких месяцев после эксперимента. В течение этого времени трое из них перешли в категорию минимального сознания и постепенно вернули себе часть коммуникативных возможностей. Это были те самые три пациента, у которых наблюдались сложные сигналы мозга. В полном соответствии с моделью глобального рабочего пространства, характер продвижения этих сигналов по префронтальной и височной коре служил особенно достоверным индикатором уровня сознания пациента.

Поймать спонтанную мысль

Так ли полезен тест Массимини, станет ли он стандартным клиническим средством для проверки наличия сознания у пациентов — покажет будущее. Пока что самое удивительное в этом тесте то, что он всегда срабатывает. Правда, он опять-таки требует сложной аппаратуры, а далеко не у каждой больницы имеется ЭЭГ-система высокой плотности, способная поглотить мощные сигналы, генерируемые транскраниальным магнитным стимулятором. Теоретически здесь должно быть гораздо более простое решение. Если гипотеза глобального рабочего пространства верна, тогда даже в темноте, в отсутствие какой-либо внешней стимуляции, находящийся в сознании человек продемонстрирует явственно различимый автограф церебральных коммуникаций через большие расстояния. Постоянный поток активности мозга должен охватить префронтальную и теменную доли и генерировать периоды синхронных колебаний в отдаленных уголках мозга. Эта активность должна сопровождаться повышенной электрической активностью, особенно на средних (бета) и высоких (гамма) частотах. При такой трансляции на большие расстояния должно потребляться большое количество энергии. Нельзя ли просто засечь эту энергию?

На самом деле нам давно уже известно, что, когда человек теряет сознание, скорость обмена веществ в тканях мозга падает — это можно измерить с помощью позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ). Сканер ПЭТ — это сложный детектор высокоэнергетических гамма-лучей, который можно использовать для того, чтобы измерить, сколько глюкозы (химического источника энергии) поглощается в той или иной части тела. Делается это так: пациенту вводят помеченные радионуклидом частицы глюкозы, а затем с помощью сканера отслеживают пики распада радиоактивного вещества. Пики возникают именно там, где мозг потребляет глюкозу. Результаты поражают: у здорового человека под воздействием анестезии или глубокого сна потребление глюкозы в коре головного мозга падает на 50 процентов. Аналогичное снижение потребления энергии характерно также для комы и для вегетативного состояния. В начале 1990-х команда Стивена Лори в Льеже получила поразительные изображения аномалий мозгового метаболизма, наблюдающихся у пациентов в вегетативном состоянии (рис. 32)⁴².

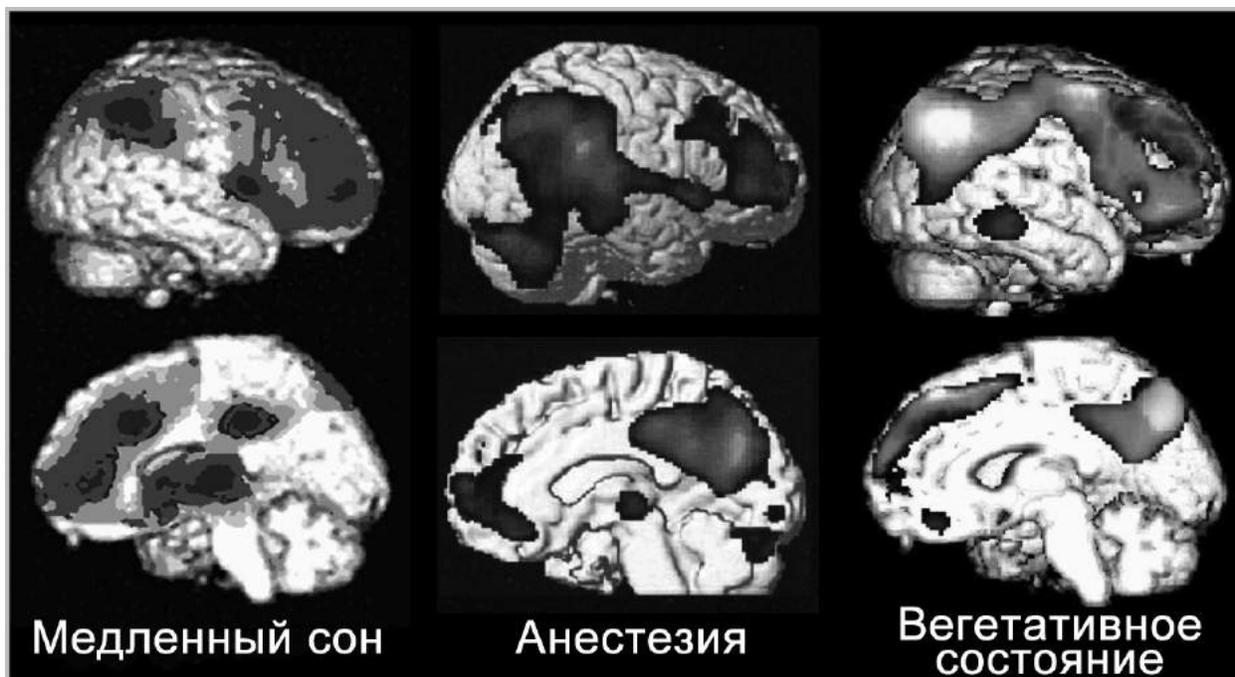


Рисунок 32. Бессознательному состоянию, сопряженному с медленным сном, анестезией или вегетативным состоянием, соответствует снижение скорости обмена веществ во фронтальной и теменной коре. Активность может снижаться и в других областях, однако именно в областях, составляющих глобальное нейронное рабочее пространство, потребление энергии при потере сознания резко падает, причем опыт можно воспроизвести

Следует заметить, что в разных областях мозга усвоение глюкозы и кислородный обмен веществ падают по-разному. Потеря сознания, по всей видимости, влечет за собой подавление активности билатеральных областей префронтальной и теменной коры, а также таких средних структур мозга, как поясная область и предклинье. Эти области почти полностью совпадают с нашей сетью глобального рабочего пространства и имеют наибольшее количество кортикальных проекций — еще одно подтверждение того, что эта система рабочего пространства особенно важна для сознательного опыта. На строение и обмен веществ в других областях сенсорной и моторной коры потеря сознания, даже полная, может никак не повлиять⁴³. Так, если у пациента в вегетативном состоянии случайным образом меняется выражение лица, в передних моторных зонах его мозга при этом наблюдается обычная для таких случаев активность. За прошедшие двадцать лет был зафиксирован случай, когда пациент произносил случайные слова, делая это явно неосознанно и без какой-либо

связи с происходящим вокруг. Нейронная активность и метаболизм наблюдались у него лишь в небольших изолированных областях коры в языковой зоне левого полушария. Конечно, случайной активности такого рода было недостаточно для достижения сознательного состояния — тут потребовалась бы более обширная сеть.

К сожалению, одного наличия процессов обмена веществ в мозгу мало, чтобы с уверенностью говорить о наличии или отсутствии остаточного сознания. У некоторых вегетативных пациентов сохраняется практически нормальный кортикальный метаболизм; по всей видимости, в их случае травма затрагивает лишь верхние структуры промежуточного мозга, но не кору. И наоборот (что еще важнее), у многих пациентов в вегетативном состоянии после частичного восстановления и перехода в состояние минимального сознания нормальный обмен веществ оказывается нарушен. Сравнивая изображения мозга до и после восстановления, мы можем видеть, что в областях рабочего пространства потребление энергии возросло, но ненамного. Возможно, обмен веществ не может восстановиться из-за необратимого повреждения коры. Но даже самые подробные изображения травм, полученные с помощью лучших аппаратов для МРТ, не дают полного ответа⁴⁴ и не позволяют вычлнить абсолютно надежные признаки наличия сознания. Одних лишь отображений обмена веществ или строения мозга недостаточно для того, чтобы точно зафиксировать лежащий в основе сознания нейронный обмен информацией.

Стремясь получить более совершенный детектор наличия остаточного сознания, мы с моими коллегами Жаном Реми Кингом, Джакобо Ситтом и Лайонелом Наккашем вернулись к идее использования элементарного ЭЭГ в качестве маркера кортикальной коммуникации⁴⁵. Команда Наккаша сделала почти 200 записей с высокой плотностью, сняв данные с 256 электродов, следящих за электрической активностью мозга вегетативных пациентов, пациентов в состоянии минимального и полного сознания. Можно ли использовать эти данные для того, чтобы точно определить, какие объемы информации циркулируют в коре? Порывшись в научных работах, Ситт — гениальный физик и одновременно компьютерщик и психиатр — предложил великолепную идею. Он разработал программу для быстрого получения численного показателя под названием «взвешенный показатель символической трансформации», который был разработан для оценки количества информации, которой обмениваются между собой два участка мозга⁴⁶.

Когда в эту программу ввели данные наших пациентов, пациенты в вегетативном состоянии оказались выделены в совершенно отдельную от всех группу (рис. 33). По сравнению с пациентами, находящимися в сознании, у вегетатиков обнаружилось значительное снижение информационного обмена. Это особенно ярко проявилось, когда мы стали использовать для проведения анализа пары электродов, введенных на расстоянии минимум 7—8 сантиметров друг от друга, — как мы уже знаем, передача информации на большие расстояния является отличительным свойством наделенного сознанием мозга. С помощью еще одного направленного критерия мы обнаружили, что обмен информацией идет в двух направлениях: специализированные области в задней части мозга передавали информацию в универсальные области теменной и префронтальной коры и получали от них ответные сигналы.



Рисунок 33. Наличие информационного обмена на больших расстояниях в пределах коры — отличный показатель наличия сознания у пациентов с мозговыми нарушениями. Чтобы получить это изображение, мы произвели электроэнцефалографическое исследование и записали сигналы мозга с 256 электродов почти у 200 пациентов, находившихся как в сознании, так и в бессознательном состоянии. Для каждой пары электродов (на рисунке они отображены в виде дуги) мы вычислили математический показатель объема информационного обмена между соответствующими областями мозга. У пациентов в вегетативном состоянии наблюдался значительно более низкий объем информационного обмена, нежели у пациентов в сознании и контрольных субъектов. Это открытие вполне соответствует основному положению теории глобального рабочего пространства: важнейшей функцией сознания является информационный обмен. Дальнейшие исследования показали, что те немногие пациенты, которые, пребывая в вегетативном сознании, демонстрировали большие

объемы информационного обмена, имели больше шансов прийти в сознание в течение нескольких дней или месяцев

На наличие у пациентов сознания указывали и другие проявлявшиеся на ЭЭГ характеристики⁴⁷. Математический подсчет количества энергии различных частотных диапазонов показал вполне предсказуемое: что утрата сознания ведет к исчезновению высоких частот, появляющихся при нейронном кодировании и обработке информации; преобладают начинают крайне низкие частоты, характерные для состояния сна или анестезии⁴⁸. Критерии синхронности в этих мозговых колебаниях подтверждают, что в состоянии сознания области коры, как правило, налаживают гармоничный информационный обмен.

Каждый из этих численных показателей поворачивает сознание новой стороной, мы наблюдаем за сознанием с разных ракурсов и получаем все новые и новые его образы. Чтобы объединить их в целостную картину, Жан Реми Кинг создал программу, которая почти автоматически определяла, какое сочетание критериев позволяет оптимально спрогнозировать ситуацию в каждом конкретном случае. Двадцать минут записи ЭЭГ (пациенту даже не задают вопросов) — и готов точный диагноз. Мы почти ни разу не перепутали вегетативного пациента с пациентом, наделенным сознанием. В большинстве случаев ошибка если и случалась, то заключалась в том, что пациента в состоянии минимального сознания относили к категории пациентов с вегетативным состоянием, причем мы даже не можем с уверенностью утверждать, что это была именно ошибка: за те двадцать минут, что длилось исследование, пациент в состоянии минимального сознания мог выйти из сознательного состояния. Вероятно, повтор теста в другой день помог бы дополнительно уточнить диагноз.

Ошибка могла быть и в другую сторону: наша программа изредка относила к категории минимального сознания пациентов, которых в результате клинического обследования относили к категории пребывающих в вегетативном состоянии. Но была ли это ошибка? Что, если эти пациенты парадоксальным образом выглядели так, будто находятся в вегетативном состоянии, а на самом деле сохраняли сознание и пребывали в псевдокоме? Посмотрев, чем кончилось дело для наших вегетативных пациентов через несколько месяцев после записи ЭЭГ, мы обнаружили весьма обнадеживающие результаты. В двух третях случаев наша программа согласилась с клиническим диагнозом вегетативного состояния — и из этих пациентов восстановились и перешли в категорию минимального

сознания лишь 20 процентов. Что же до оставшейся трети, то у этих пациентов наша система обнаружила проблески сознания там, где клиницисты их не видели, — и из этих пациентов в последующие несколько месяцев 50 процентов восстановились до того, как наличие у них сознания было зафиксировано врачами.

Из такой разницы в прогнозах можно сделать очень важные выводы. Получается, что с помощью автоматизированных средств оценки мозга мы можем выявлять признаки сознания задолго до того, как они видимым образом проявятся в поведении. Автографы сознания, которые мы выявили с помощью нашей теории, позволяют сделать вывод более точный, чем у опытного врача-клинициста. Молодая наука о сознании пожинает первые плоды своих трудов.

О клиническом вмешательстве

*Придумай,
Как исцелить недужное сознание,
Как вылопотить из памяти печаль,
Как письма тоски стереть в мозгу
И снадобьем ей дать забвенья, сняв
С ее груди отягощенной тяжесть,
Налегшую на сердце.*

Шекспир. Макбет (пер. Ю. Корнеева)

Но заметить проблеск сознания — это еще даже не полдела. Пациенты и их семьи могли бы сказать врачам словами из Шекспира: «Придумай, как исцелить недужное сознание». В силах ли мы вернуть сознание пациентам, пребывающим в коме или в вегетативном состоянии? Иногда их психика восстанавливается внезапно, много лет спустя после травмы. Можем ли мы ускорить процесс восстановления?

Когда родственники больных задают этот вопрос, медики обычно дают пессимистический ответ. Если по прошествии целого года пациент так и не приходит в сознание, ему ставят диагноз «перманентное вегетативное состояние». Подтекст ясен: как ни стимулируй процесс, на улучшение шансов остается совсем немного. И для многих пациентов это печальная истина.

Однако в 2007 году Николас Шифф и Джозеф Джиачино опубликовали в естественно-научном журнале *Nature* весьма примечательную статью, в которой предлагали пересмотреть бытующее мнение на сей счет⁴⁹. Они продемонстрировали первую в истории методику, позволяющую медленно возвращать пациентов с минимальным сознанием в более стабильное состояние. Предложенный ими метод заключался в следующем: в мозг вводили длинные электроды и через них стимулировали наиболее важную область, так называемый центральный зрительный бугор и окружающие его интраламнарные ядра.

Благодаря исследованиям, проведенным в 1940-е годы пионерами этой области Джузеппе Моруччи и Хорасом Магуном, нам известно, что эти области представляют собой важные узловые пункты высшей системы, управляющей всем уровнем активного внимания в коре⁵⁰. Центральные

таламические ядра содержат массу плотно расположенных проекционных нейронов, содержащих особый белок (кальций-связывающий протеин). Мы знаем, что эти нейроны передают информацию в самые отдаленные уголки мозга, в частности в передние доли. Интересно, что их аксоны избирательно нацелены на пирамидальные нейроны верхних слоев коры, в частности на нейроны дальней передачи, лежащие в основе глобального нейронного рабочего пространства. У животных активация центрального зрительного бугра может влиять на активность мозга в целом, стимулировать моторную деятельность и резко усиливать способность к обучению⁵¹.

В мозгу здорового человека активностью центрального зрительного бугра управляют префронтальная и поясная области коры. По-видимому, благодаря этой петле обратной связи мы способны оперативно регулировать возбуждение коры в зависимости от стоящих перед нами задач: задача, требующая внимания, включает возбуждение, и рабочая мощность мозга подскакивает⁵². Однако если мозг серьезно поврежден, глобальное снижение общего уровня циркулирующей нейронной активности может разрушить эту важнейшую петлю, от которой зависит степень возбуждения. Поэтому Шифф и Джиачино предсказали, что стимулирование центрального зрительного бугра может вновь «пробудить» мозг, восстановив через воздействие извне тот уровень возбуждения, который мозг пациента не в состоянии вызвать сам.

Как мы уже говорили, активное внимание и доступ в сознательный опыт — это разные вещи. У пациентов в вегетативном состоянии нередки случаи частичного сохранения системы активного внимания: они просыпаются по утрам и открывают глаза, но уже не могут запустить кору мозга работать в режиме сознания. Большинству пациентов в устойчивом вегетативном состоянии стимуляция зрительного бугра не помогает. У Терри Шайво такой стимулятор стоял, но никаких длительных улучшений не наблюдалось — возможно, потому, что кора ее мозга и в особенности находящееся под ней белое вещество были серьезно повреждены. В некоторых случаях стимулятор вроде бы срабатывал, но и здесь мы не можем исключить версию спонтанного выздоровления.

Будучи прекрасно осведомлены о столь мрачном положении дел, Шифф и Джиачино решили не сдаваться и составили план, который мог бы повысить их шансы на успех. Первым делом они нацелились на центральное латеральное ядро зрительного бугра, участвующее в петле прямой связи с префронтальной корой. Во-вторых, они выбрали пациента,

которому, по их мнению, могли помочь, поскольку он уже находился на грани прихода в сознание. Вспомним, что Джозеф Джаачино сам помогал создать определение состояния минимального сознания: у пациентов в этом состоянии наблюдаются мимолетные признаки сознательной обработки данных и попытки преднамеренной коммуникации, однако они не способны демонстрировать эти свойства систематически и произвольно. Команда Шиффа отыскала пациента в подобном состоянии — нейровзуализация показала, что кора головного мозга у него практически не пострадала. Он пребывал в стабильном состоянии минимального сознания уже много лет, однако оба полушария реагировали активностью на речь. Правда, общий уровень обмена веществ в коре головного мозга у него был значительно снижен, то есть возбуждение было практически неконтролируемым. Не могла ли стимуляция зрительного бугра стать тем недостающим толчком, который вытолкнул бы пациента в стабильно сознательное состояние?

Шифф и Джаачино работали осторожно, поэтапно. Перед имплантацией электродов они несколько месяцев тщательно следили за состоянием пациента, снова и снова тестируя его (по шкале посткоматозного восстановления), и так до тех пор, пока не получили точное представление о его состоянии и возможных колебаниях этого состояния. Важно отметить, что в некоторых случаях тест давал промежуточные результаты: пациент демонстрировал несколько признаков произвольной деятельности и даже иногда произносил слово, однако происходили такие случаи без какой-либо системы. Это означало, что пациент пребывает в состоянии минимального сознания и до здорового человека ему еще далеко.

Опираясь на проделанные наблюдения, Шифф и Джаачино принялись вводить в мозг пациента электроды. Во время операции они аккуратно и точно направили два длинных провода через кору левого и правого полушарий прямо в центральный зрительный бугор. Сорок восемь часов спустя на электроды подали ток. Результат последовал поразительный: пациент, шесть лет пребывавший в состоянии минимального сознания, открыл глаза, сердце его забило быстрее, он спонтанно обернулся, услышав голоса. Правда, реакции его были ограничены: когда его попросили сказать, как называется тот или иной предмет, он говорил «неразборчиво, и все сказанное сводилось к эпизодам непонятного бормотания»⁵³. Как только стимуляция была прекращена, все эти признаки тут же исчезли.

Чтобы пациент вновь вернулся в исходное состояние, исследователи в

течение двух месяцев воздерживались от стимуляции. За это время никаких улучшений в состоянии пациента не произошло. Каждые два месяца проводилось двойное слепое исследование: стимуляцию либо включали, либо нет, случайным образом. Состояние пациента резко улучшалось. Показатели возбуждения, коммуникации, моторного контроля и способности называть предметы при включенном стимуляторе увеличивались. Что еще важнее, после выключения стимулятора эти показатели падали совсем ненамного, отнюдь не до исходного состояния. Эффект медленно накапливался, и шесть месяцев спустя пациент уже способен был самостоятельно поднести ко рту чашку и выпить. Члены его семьи отметили значительное улучшение, произошедшее в области социальных коммуникаций. Пациент все еще страдал серьезными нарушениями, однако уже мог активно влиять на собственную жизнь и даже обсуждать применяемые методы лечения.

История этого успеха вселяет большие надежды. Повышая уровень кортикального возбуждения и таким образом выводя нейронную активность на уровень, близкий к нормальному, глубокая стимуляция может способствовать восстановлению автономного функционирования мозга.

Пластичность мозга и возможность спонтанного восстановления сохраняется даже у пациентов, долгое время находившихся в вегетативном состоянии или в состоянии минимального сознания. Один человек пребывал в состоянии минимального сознания девятнадцать лет, после чего к нему внезапно вернулись речь и память. Изображения его мозга, полученные с помощью метода диффузионно-тензорной томографии, показали, что у него вновь отросли некоторые длинные связи в мозгу⁵⁴. У другого пациента в вегетативном состоянии была нарушена коммуникация между фронтальной корой и зрительным бугром, однако после его спонтанного выздоровления связь восстановилась⁵⁵.

Мы не предполагаем, что выздороветь таким образом может каждый пациент, но можно ли хотя бы выяснить, почему одни выздоравливают, а другие — нет? Понятно, что, если было разрушено слишком большое число префронтальных нейронов, восстановить их не удастся никакой стимуляцией. Однако в некоторых случаях нейроны остаются нетронутыми, лишаясь при этом множества связей. А бывает, что все дело оказывается в самоподдерживающейся динамике мозговых цепочек: связи есть, но циркулирующей информации недостаточно для того, чтобы поддерживать постоянный уровень активности, и мозг отключается. Если

цепочка не пострадала и ее удастся включить, выздоровление пациента с подобной проблемой может быть удивительно быстрым.

Но как же нам перевести кортикальный выключатель в положение «вкл»? Первым кандидатом на выполнение этой задачи являются фармакологические средства, воздействующие на дофаминовые цепочки мозга. Дофамин — это нейротрансмиттер, активно присутствующий в первую очередь в цепочках вознаграждения мозга. Нейроны, использующие дофамин, отправляют множество модулирующих сообщений в префронтальную кору и в глубоко лежащие серые ядра, под контролем которых находится волевая деятельность; возможно, таким образом они восстанавливают нормальный уровень возбуждения. Трое пациентов, находившихся в устойчивом вегетативном состоянии, внезапно пришли в себя после введения им препарата под названием «леводопа» — предшественника дофамина. Как правило, леводопа применяется при лечении болезни Паркинсона⁵⁶. Еще одним стимулятором дофаминовой системы является амантадин, который в ходе контролируемых клинических тестов продемонстрировал способность слегка ускорять процесс восстановления пациентов в вегетативном состоянии и в состоянии минимального сознания⁵⁷.

Другие зафиксированные случаи выглядят еще более странно. Самый парадоксальный эффект дает амбиен — это снотворное, как ни странно, может способствовать восстановлению сознания. Медики наблюдали пациента с неврологическим синдромом акинетического мутизма, то есть с полной потерей речи и возможности двигаться в течение многих месяцев. Чтобы пациенту лучше спалось, ему дали таблетку амбиена, распространенного снотворного, — и пациент вдруг пришел в себя, начал двигаться и заговорил⁵⁸. Был и другой случай: женщина, перенесшая инсульт левого полушария и лишившаяся речи, могла произнести разве что отдельные слоги невпопад. Ей трудно было заснуть, поэтому врач прописал ей амбиен. Впервые приняв лекарство, женщина вдруг на несколько часов обрела возможность говорить. Она отвечала на вопросы, считала и даже могла называть разные предметы. Затем она уснула, и на следующее утро, конечно, проснулась с афазией. Случившееся повторялось каждый вечер после того, когда родные давали ей снотворное⁵⁹. Женщина не только не засыпала — снотворное парадоксальным образом будило уснувшие языковые цепочки в коре.

Мы еще только начинаем понимать, в чем причина этого феномена. По всей видимости, он связан с множественными петлями, увязывающими

сети рабочего пространства коры, зрительный бугор и два базальных ядра (стриатум и паллидум). При помощи этих петель кора опосредованно возбуждает сама себя, поскольку активация идет по кругу, от фронтальной коры в стриатум, паллидум, зрительный бугор и обратно в кору. Тем не менее связь между этими участками в двух случаях построена не на возбуждении, а на подавлении: стриатум оказывает угнетающее действие на паллидум, а паллидум, в свою очередь, аналогичным образом воздействует на зрительный бугор. Когда мозг лишается притока кислорода, в числе первых от этого страдают блокирующие клетки стриатума. В результате угнетения паллидума почти не происходит, его активность разворачивается без помех, отрубает зрительный бугор и кору и лишает их возможности вести деятельность, способствующую появлению сознания.

При всем при том существующие связи по большей части хоть и угнетены, но остаются в целости. Если мы разорвем сложившийся порочный круг, то схема включится в работу снова. Сделать это можно множеством способов. Можно ввести глубоко в зрительный бугор электрод, который будет противодействовать излишнему угнетению нейронов бугра, и они включатся снова. Можно использовать дофамин или амантадин — эти препараты возбуждают кору напрямую либо через оставшиеся нейроны стриатума. Можно, наконец, подавить угнетающее воздействие с помощью таких препаратов, как амбиен: он связывается с большим количеством ингибиторных рецепторов паллидума и заставляет излишне возбужденные подавляющие клетки отключаться, в результате чего кора головного мозга и зрительный бугор вновь обретают возможность действовать. Все это, конечно, теории, но с их помощью мы можем объяснить, почему в итоге все препараты подобного толка в конце концов действуют одинаково и возвращают кортикальную активность на более-менее нормальный уровень⁶⁰.

Впрочем, все это возможно лишь в случае, если кора головного мозга не слишком пострадала. Хорошо, если префронтальная кора при нейровизуализации выглядит неповрежденной, однако уровень обмена веществ в ней значительно ниже нормы. Это значит, что кора, возможно, просто была отключена, и ее вполне можно разбудить снова. Включившись, она медленно вернется в прежнее саморегулируемое состояние. В норме многие синапсы мозга отличаются пластичностью и могут наращивать влияние с тем, чтобы содействовать стабилизации активных совокупностей нейронов. Благодаря подобной пластичности мозга связи, возникающие в рабочем пространстве пациента, могут постепенно крепнуть, и периоды

сознательной деятельности при этом будут понемногу увеличиваться.

Впрочем, мы можем вообразить возможные в будущем способы лечения даже для тех, у кого пострадали сами цепочки коры головного мозга. Если гипотеза рабочего пространства верна, сознание — это не более чем гибкая циркуляция информации в плотном операционном поле нейронов коры. Нельзя ли тогда предположить, что некоторые узлы и соединения в этом поле можно заменить внешними петлями? Так, интерфейсы «мозг — компьютер», а особенно те из них, которые основаны на работе с имплантатами, потенциально способны восстанавливать дальние связи в мозгу. Вскоре мы сможем получать спонтанные сигналы мозга в префронтальной или премоторной коре и перенаправлять их в другие удаленные области — как напрямую, в виде электрических разрядов, так и более простым образом, перекодируя их в зрительные или слуховые сигналы. Такого рода сенсорные заменители мы используем уже и сегодня, чтобы научить слепых «видеть», — для этого их учат распознавать звуковые сигналы, с помощью которых кодируется изображение с видеокамеры⁶¹. Построенные по тому же принципу сенсорные заменители могут вновь закольцевать мозг на самого себя и восстановить более плотную внутреннюю коммуникацию. Возможно, благодаря более плотным петлям мозг сможет возбуждать себя сам достаточно сильно, чтобы поддерживать должный уровень активности и сохранять сознание.

Не слишком ли мы самонадеянны? Время покажет. Одно можно сказать наверняка: интерес к коме и вегетативному состоянию вновь пробуждается и, будучи подкреплен надежной теорией сознания как порождения нейронных цепочек, повлечет за собой крупные прорывы в медицине. Революция в области лечения нарушений сознания уже совсем не за горами.

7. Будущее сознания

Нарождающейся науке о сознании предстоит преодолеть немало трудностей. Сможем ли мы точно определить момент зарождения сознания у новорожденного младенца? Сможем ли узнать, сознают ли происходящее вокруг себя обезьяна, собака, дельфин? Сможем ли решить загадку самосознания — удивительной способности думать о том, что мы думаем? Уникален ли в этом отношении человеческий мозг? Существуют ли в человеческом мозгу характерные только для него цепочки, и если да, то можно ли объяснить их дисфункцией такое чисто человеческое заболевание, как шизофрения? И наконец, сможем ли мы, проанализировав эти цепочки, продублировать их на компьютере и создать таким образом искусственный интеллект?

Не по вкусу мне как-то, чтоб наука совала нос в мои дела, — какое ее дело? Наука уже подмяла под себя добрую долю всего вокруг — не хватит ли? Так ли уж ей нужно добраться и до неосязаемого, невидимого, сокровенного нашего «я»?

Дэвид Лодж. Думают... (2001)

По сути, чем величественнее наука, тем сильнее ощущение тайны.

Владимир Набоков. Strong Opinions (1973)

Итак, черный ящик сознания открыт. Используя разнообразные экспериментальные парадигмы, мы научились делать видимыми или невидимыми одни и те же изображения, а затем фиксировать рисунок нейронной активности, возникающий лишь при доступе в сознательное восприятие. В том, как мозг обрабатывает видимые и невидимые изображения, мы разобрались куда лучше, чем предполагали первоначально. Мы отыскали множество электрофизиологических автографов, свидетельствующих об активации сознания. Эти автографы сознания оказались настолько надежны, что теперь их используют в больницах для поиска остаточного сознания у пациентов с серьезными травмами мозга.

Все это, конечно, только начало. На многие вопросы у нас по-

прежнему нет ответов. В этой, последней главе я хочу рассказать о будущем исследований в области сознания, как я его вижу, — о тех интереснейших вопросах, над которыми нейробиологам предстоит трудиться еще много-много лет.

Некоторые эти вопросы можно считать чисто эмпирическими, и мы имеем уже некоторое представление о том, каким может быть ответ. Вот, например, когда возникает сознание — как в процессе развития отдельного человека, так и в ходе эволюции? Есть ли сознание у новорожденного? А у недоношенного младенца? А у еще неродившегося? Есть ли у обезьян, мышей и птиц рабочее пространство, подобное нашему?

Некоторые проблемы граничат с философией, однако я твердо убежден, что в конце концов и на них будут даны эмпирические ответы — нужно лишь понять, с какой стороны их следует атаковать экспериментами. Например, что такое самосознание? Ведь в человеческом разуме явно есть какое-то особенное свойство, под воздействием которого разум обращает луч сознания на самого себя и думает о том, как он сам думает. Но только ли человек на это способен? Почему человек так силен и одновременно так уязвим перед лицом психических заболеваний, той же шизофрении? Сможем ли мы, ответив на эти вопросы, создать искусственное сознание робота, наделенного способностью чувствовать? Будут ли у него чувства, опыт и даже ощущение свободы воли?

Ответа на эти загадки не знает пока никто. И я не буду притворяться, будто способен его отыскать. И все же я хочу показать вам возможные варианты, с которых можно было бы начать работу.

Есть ли сознание у младенца?

Начнем с вопроса о сознании у детей. Есть ли сознание у младенца? А у новорожденного? Недоношенного? Нерожденного, пребывающего в материнском чреве? Да, для появления сознания требуется определенная степень организации мозга, но какая именно?

Этот неоднозначный вопрос десятилетиями выбивал почву из-под ног у защитников святости человеческой жизни, которые противостояли рационалистам. И те и другие не раз делали провокационные заявления. Так, например, философ Майкл Тули из Университета Колорадо прямо пишет, что «новорожденный младенец — не личность и даже не подобие личности, поэтому в том, чтобы его уничтожить, нет ничего объективно дурного»¹. Тули полагает, что до того, как ребенку исполняется три месяца, инфантицид морально оправдан, поскольку новорожденный младенец «обладает концепцией длящегося «я» в той же степени, что и новорожденный котенок», а следовательно, «не имеет права на жизнь»². Ему вторит профессор биоэтики Питер Зингер из Принстона, который говорит, что «жизнь в морально значимом смысле начинается лишь с осознанием собственного существования во времени»:

«Принадлежность существа к роду человеческому, к виду *Homo sapiens*, не имеет никакого отношения к тому, правильно или неправильно убивать это существо; ответ зависит от того, наделено ли оно разумом, самостоятельностью и самосознанием. У младенца ничего этого нет. Следовательно, убийство младенца нельзя приравнять к убийству нормального человека или любого другого существа, наделенного самосознанием»³.

Заявления, подобные этим, преждевременны по ряду причин. Они идут вразрез с моралью и интуицией, которые твердят нам, что права на полноценную жизнь заслуживает любой, от нобелевского лауреата до ребенка-инвалида. Кроме того, они не соответствуют нашему интуитивному ощущению наличия сознания — спросите любую мать, которая гулила со своим новорожденным младенцем и ловила его взгляд. Самое возмутительное в заявлениях Тули и Зингера — то, что их безапелляционные суждения не подтверждены никакими доказательствами. Откуда им знать, что у младенца отсутствует опыт переживания? Какие для

этого есть научные основания? Да никаких — все эти заявления сделаны *a priori*, не основываются ни на каких экспериментах и часто оказываются неверны. Так, Зингер пишет, что «[пациенты в коме и вегетативном состоянии] ничем не отличаются от детей-инвалидов. Они не сознают себя, не способны мыслить рационально или автономно... их жизнь не имеет подлинной ценности. Их жизненный путь подошел к концу». В главе 6 мы видели, что такая позиция в корне неверна: при нейровизуализации исследователям удалось обнаружить у некоторых пациентов в вегетативном состоянии остатки сознания. Тот, кто делает такие безапелляционные утверждения, самым оскорбительным образом отрицает сложность жизни и сознания. Мозг заслуживает лучшего отношения.

Я предлагаю простой альтернативный вариант: давайте научимся ставить правильные эксперименты. Младенческий разум — это *terra incognita*, но о состоянии сознания можно судить по поведению человека, по строению его мозга, по данным нейровизуализации. Мы можем и должны искать в человеческих младенцах самых ранних возрастов все те автографы сознания, которые некогда нашли у взрослых людей.

Стратегия эта, разумеется, несовершенна, поскольку построена на аналогии. Мы надеемся, что на каком-то этапе развития младенца в первые годы жизни обнаружим те же самые объективные маркеры, которые, как нам известно, указывают на наличие субъективного восприятия у взрослых. Если мы их найдем, то сможем сказать, что в данном возрасте ребенок обладает субъективной точкой зрения на окружающий мир. Конечно, природа могла устроить все гораздо сложнее, и не исключено, что с возрастом автографы сознания меняются. Да и однозначный ответ получить удастся не всегда. При наличии нескольких признаков они могут указывать на разные ответы, а рабочее пространство, у взрослого человека представляющее собой единую систему, у младенца может состоять из фрагментов или кусочков, каждый из которых развивается в собственном темпе. Тем не менее экспериментальный метод имеет одну уникальную черту: он позволяет увидеть объективную сторону дебатов. Любые научные знания стоят больше, чем утверждения *a priori* известных философов и религиозных лидеров.

Так есть ли у младенцев рабочее пространство сознания? Как у них со строением мозга? В прошлом веке многие педиатры полагали, что кора мозга ребенка, изобилующая крошечными нейронами, дендритами-недоростками и хиленькими аксонами без защитной миелиновой оболочки, чересчур незрела и потому в момент рождения ребенок не имеет разума. Считалось, что достаточно развиты лишь несколько островков зрительной,

слуховой и моторной коры, снабжающие младенцев примитивными чувствами и рефлексамии. Сенсорные стимулы сливаются и, говоря словами Уильяма Джеймса, возникает «единая, сбивающая с толку вспышка цвета и звука». Распространено было мнение, согласно которому высшие мыслительные центры префронтальной коры младенца бездействуют как минимум в течение первого года жизни и лишь затем начинают созревать. Этой воображаемой фронтальной лоботомией специалисты объясняли систематическую неспособность младенцев проходить тесты на моторное планирование и общий контроль (например, знаменитый тест Пиаже «А-не-Б»)⁴. Многие педиатры считали само собой разумеющимся, что дети не чувствуют боли — зачем им тогда анестезия? Детям делали уколы и даже операции, ничуть не задумываясь о возможности наличия у ребенка сознания.

Но последние достижения в области поведенческих тестов и нейровизуализации не оставили от этой пессимистической позиции камня на камне. Величайшая ошибка заключалась в том, что незрелость путали с дисфункцией. Кора головного мозга ребенка формируется и приобретает привычный вид еще в период внутриутробного развития, примерно в шесть с половиной месяцев гестационного возраста. Удаленные друг от друга области коры новорожденного уже связаны между собой прочной сетью длинных волокон⁵. Волокна эти не покрыты миелином, но информацию уже обрабатывают, пусть и гораздо медленнее. Самоорганизация спонтанной нейронной активности в функциональные сети начинается сразу после рождения⁶.

Возьмем обработку речевой информации. Младенцев звуки речи просто зачаровывают. По-видимому, узнавать речь они начинают еще во внутриутробном периоде, поскольку даже новорожденные отличают предложения, произнесенные на родном языке их матери, от предложений на иностранном языке⁷. Ребенок усваивает речь так быстро, что многие величайшие ученые, от Дарвина до Хомски и Пинкера, утверждали, что у человека имеется особый орган, «устройство усвоения речи», который развивается только у человека и отвечает за изучение языка. Мы с моей женой Гислейн Деан-Ламберц проверили эту идею самым непосредственным образом, с помощью МРТ заглянув в мозг младенцам, слушавшим разговор на родном языке матери⁸. Мы делали снимки активности мозга каждые три секунды, а спеленутые двухмесячные малыши в это время лежали на удобных матрасах и слушали речь из наушников, блокировавших исходивший от машины шум.

Мы поразились, обнаружив, насколько активен был их мозг, причем первичными слуховыми областями дело не ограничивалось. В работу вступала вся сеть, объединявшая различные области коры головного мозга (рис. 34). Рисунок активности складывался в хорошо известную нам схему и очерчивал классические языковые области, которые у младенцев находились в точности там же, где и у взрослых. Восприятием речи занимались височная и фронтальная языковые области левого полушария, а другие стимулы аналогичной сложности, например музыка Моцарта, поступали в области правого полушария⁹. На язык реагировал даже центр Брокá, располагающийся в левой части нижней префронтальной коры. Уже у двухмесячных детей эта область была достаточно зрелой, чтобы проявлять активность. Позже обнаружилось, что она относится к числу наиболее рано созревающих областей префронтальной коры головного мозга ребенка и наряду с некоторыми другими областями отличается наилучшими связями¹⁰.

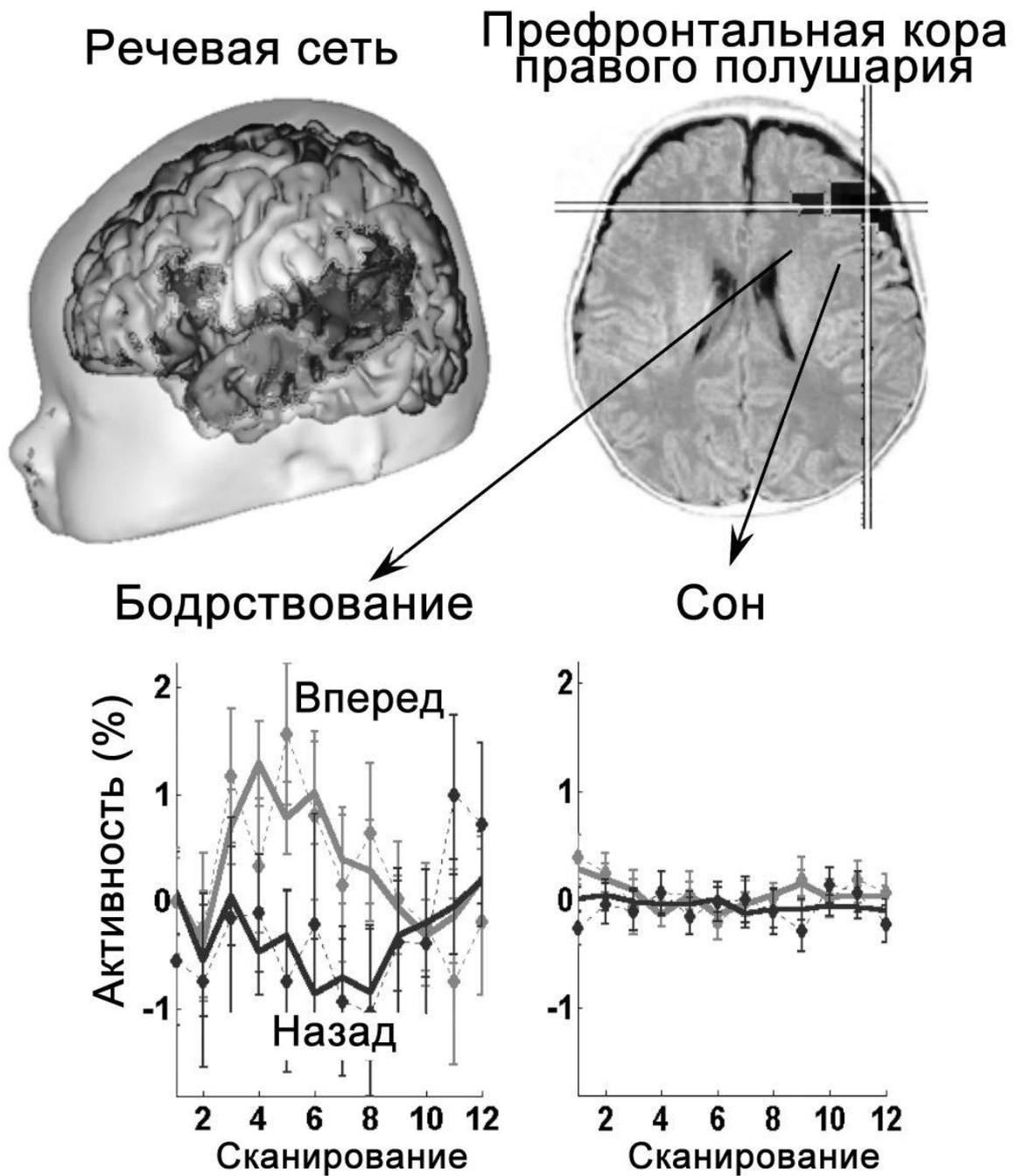


Рисунок 34. У бодрствующего маленького ребенка префронтальная кора уже проявляет активность. Двухмесячные младенцы слушали предложения, произнесенные на языке матери, а деятельность их мозга в это время подвергалась сканированию с помощью фМРТ. Звуки речи активировали обширную речевую сеть, в том числе заднюю нижнюю фронтальную область, известную как центр Брокá. Когда запись проигрывали задом наперед и речь становилась мало узнаваема, активность заметно падала. В период бодрствования у детей также активировалась

префронтальная кора правого полушария. Деятельность этой области также связана с сознанием, поскольку, когда ребенок засыпал, активность падала

Измерив скорость активации с помощью МРТ, мы подтвердили, что языковая сеть ребенка работает, но только гораздо медленнее, чем сеть взрослого человека, особенно в области префронтальной коры¹¹. Быть может, именно эта замедленность и мешает возникновению сознания? Что, если ребенок обрабатывает речь в «зомби-режиме» или как человек в коме — бессознательно реагируя на новые звуки? Тот факт, что у внимательно слушающего двухмесячного младенца при восприятии языка активируются те же корковые сети, что и у взрослого человека, еще ни о чем не говорит, поскольку мы знаем, что значительная часть этой сети (за исключением, возможно, центра Брокá) способна активироваться без участия сознания, например во время анестезии¹². Но вместе с тем мы своим экспериментом доказали, что у младенцев имеются зачатки вербальной кратковременной памяти. Когда мы повторяли одно и то же предложение через четырнадцать секунд, двухмесячные участники эксперимента демонстрировали узнавание¹³: при втором прослушивании центр Брокá становился значительно активнее, чем при первом. Детям было всего по два месяца, но в мозгу у них уже закрепился один из основных признаков сознания: способность в течение нескольких секунд удерживать информацию в кратковременной памяти.

Не менее важно было и то, что реакция младенцев на речь различалась в зависимости от того, бодрствовали они или спали. Слуховая область зрительной коры включалась всегда, однако дорсолатеральную префронтальную кору активность захватывала, только когда ребенок не спал; у спящих детей мы в этой области наблюдали лишь сглаженную кривую (рис. 34). Таким образом, можно заподозрить, что префронтальная кора, этот важнейший узел рабочего пространства у взрослых, уже играет важнейшую роль в работе сознания у бодрствующих младенцев.

Еще более выраженное свидетельство того, что дети нескольких лет от роду обладают сознанием, можно получить с помощью локально-глобального теста, о котором шла речь в главе 6, — теста, который используется для поисков остаточного сознания у взрослых пациентов в вегетативном состоянии. Он прост: пациенты слушают повторяющиеся последовательности звуков, например «бип-бип-бип-бип-у-у-у», а мы фиксируем активность их мозга с помощью ЭЭГ. Изредка последовательность нарушается, и в конце вместо «у-у-у» появляется

другой звук, например «бип». Если эта неожиданность вызывает глобальную волну РЗ, которая охватывает всю префронтальную кору и связанные с ней зоны рабочей области, весьма вероятно, что у пациента наличествует сознание.

Участнику теста не нужно ничего знать, не нужно уметь говорить или следовать инструкциям. Тест так прост, что его можно проводить на детях (или на любых животных). Выслушать цепочку звуков способен любой ребенок, и, если его мозг достаточно умен, он уловит соответствующие закономерности. Связанные с различными событиями импульсы фиксируются у детей первых месяцев жизни. Беда только в том, что от слишком однообразного теста дети устают и начинают нервничать. Чтобы проверить наличие у них этого автографа сознания, моя жена Гислейн, по профессии нейропедиатр и специалист по вопросам младенческого познания, адаптировала наш локально-глобальный тест для своих задач. У нее получилось мультимедийное шоу, в котором симпатичные рожицы произносили последовательности гласных: «аа-аа-аа-ээ». Дети с удовольствием следили за болтливыми меняющимися рожицами, а мы, завладев детским вниманием, с радостью обнаружили, что уже в два месяца от роду мозг младенца выдает глобальную сознательную реакцию на неожиданные изменения — то есть нашли еще один автограф сознания¹⁴.

Большинство родителей не удивятся тому, что их двухмесячный ребенок уже показывает высокие результаты тестов на наличие сознания, однако наши тесты показывают, что детское сознание имеет одно важное отличие от взрослого: мозг младенца работает значительно медленнее, чем мозг взрослого человека. Каждый этап обработки информации занимает непропорционально много времени. На то, чтобы зафиксировать смену гласной и выдать неосознанную реакцию на несоответствие, мозгу младенцев, которых мы исследовали, требовалась треть секунды. На крупные изменения их префронтальная кора реагировала целую секунду — втрое-вчетверо медленнее, чем у взрослого человека. Следовательно, мозг ребенка первых недель жизни представляет собой функциональное глобальное рабочее пространство, только очень уж медленное.

Мой коллега Сид Куидер повторил наш опыт и обнаружил все то же, что и мы, но с новыми подробностями. Куидер экспериментировал со зрением и выбрал для эксперимента способность к распознаванию лица — еще одну область, в которой даже новорожденный младенец демонстрирует врожденные способности¹⁵. Маленькие дети обожают лица и с самого

рождения волшебным образом норовят к ним повернуться. Этот естественный тропизм Куидер использовал для того, чтобы выяснить, действует ли на детей визуальная маска и совпадает ли их порог сознательного восприятия с аналогичным порогом у взрослых. Маскировочную парадигму, которую мы использовали при изучении осознанного зрения у взрослых, он адаптировал для пятимесячных детей¹⁶. Детям то быстро, то медленно показывали симпатичное лицо, а сразу после этого — некрасивый почерканный рисунок, игравший роль маски. Видели ли младенцы лицо? Сознавали ли они увиденное?

Из главы 1 вы можете помнить, что при использовании маски взрослые сообщают, что не видели ничего, за исключением случаев, когда цель остается видна более одной двадцатой доли секунды. Конечно, не умеющий говорить ребенок не может рассказать о том, что видел, но за него говорят его глаза (точно как у пациента в псевдокоме). Куидер обнаружил, что, когда детям максимально быстро показывали лицо, они не смотрели на него, то есть, по-видимому, не видели. Но как только лицо оставалось на экране достаточно долго, чтобы стимул преодолел порог, дети тотчас же к нему поворачивались. Маска действовала на них так же, как на взрослых, и лицо они воспринимали, только когда его изображение было «супралиминальным» и преодолеvalo порог восприятия. Важно заметить, что для того, чтобы изображение пересекло порог детского восприятия, оно должно было демонстрироваться в два-три раза дольше, чем в случае со взрослыми. Пятимесячные дети замечали лицо только тогда, когда его показывали дольше 100 миллисекунд, в то время как для взрослых маска перестает работать между 40 и 50 миллисекундами. Особенно интересен тот факт, что пороговые показатели у детей падают и становятся равны показателям взрослых тогда, когда ребенок достигает 10-12 месяцев от роду, то есть именно в тот момент, когда у него начинает проявляться поведение, зависящее от префронтальной коры¹⁷.

Продемонстрировав существование порога сознательного восприятия у младенцев, мы с Сидом Куидером и Гислейн Деан-Ламберц решили записать реакцию детского мозга на мимолетно демонстрируемые лица. Этапы обработки информации в коре и их последовательность совпали с тем, что мы наблюдали у взрослых: сначала сублиминальная линейная фаза, а за ней внезапное нелинейное массовое возбуждение (рис. 35). На первом этапе активность в задней части мозга постепенно нарастает независимо от того, было ли изображение показано выше или ниже порога восприятия: мозг ребенка явственно накапливает всю имеющуюся

информацию о показанном лице. На втором этапе изображение, продемонстрированное выше порога восприятия, запускает медленную отрицательную волну в префронтальной коре. Функционально и топографически эта поздняя активность во многом напоминает наблюдающуюся у взрослых волну РЗ. Разумеется, если сенсорной информации достаточно, то даже младенческий мозг способен донести ее до префронтальной коры, хоть и значительно медленнее. Процесс этот делится на два этапа и у находящихся в сознании взрослых, которые могут сообщить о том, что видели, а потому мы можем предположить, что младенцы уже видят сознательно, пусть даже и не могут сказать об этом вслух.

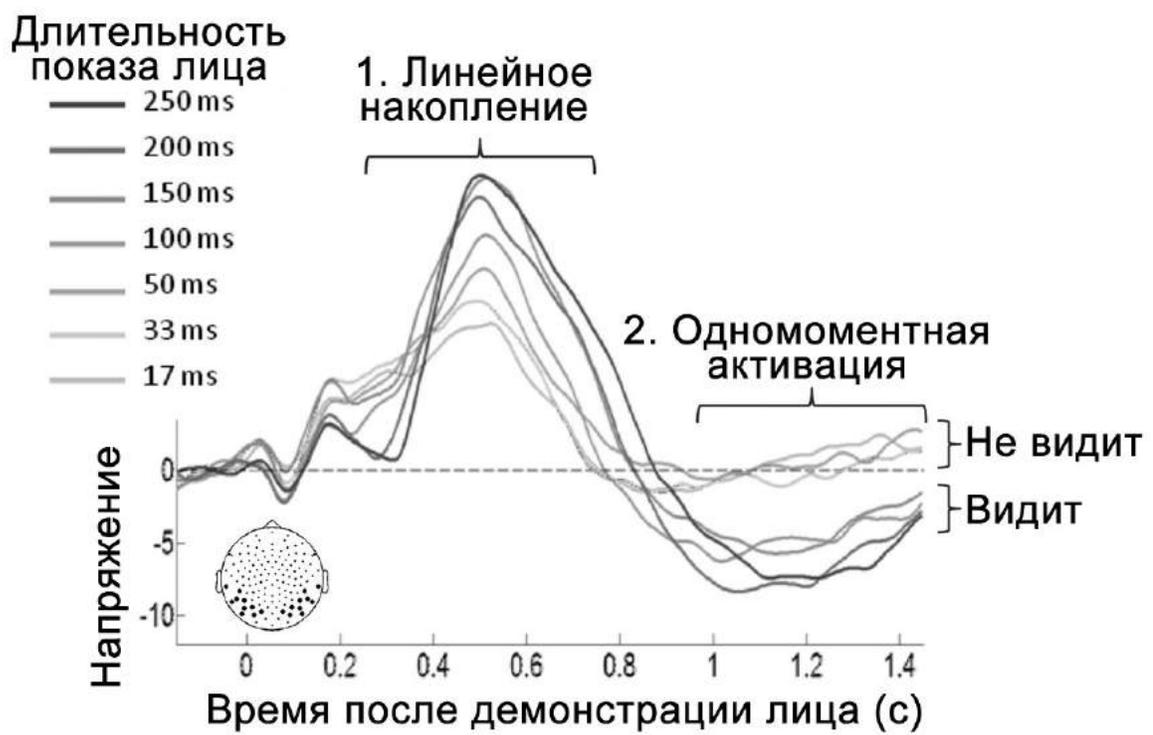


Рисунок 35. У детей наблюдаются те же автографы сознательного восприятия, что и у взрослых, однако дети обрабатывают информацию значительно медленнее. В этом эксперименте детям 12-15 месяцев быстро показывали привлекательные лица, которые были замаскированы и становились то видимы, то невидимы. Мозг ребенка обрабатывал информацию в два этапа: поначалу происходило линейное накопление сенсорной информации, а затем резкая нелинейная активация. Эта активация может служить признаком сознательного восприятия, поскольку происходила она, только когда лицо демонстрировалось в течение 100 миллисекунд или более — именно столько нужно младенцу, чтобы сфокусировать взгляд. Заметим, что активация сознания наступала через 1

секунду после появления лица, а это примерно втрое превышает тот же самый показатель у взрослых

На самом деле очень медленная фронтальная негативная волна наблюдается всякий раз, когда мы экспериментируем с детьми и привлекаем их внимание к новому стимулу, как к слуховому, так и к зрительному¹⁸. Другие исследователи указывают на сходство этой волны с волной РЗ у взрослых¹⁹, которая возникает всякий раз при открытии доступа в сознательный опыт, независимо от того, какие задействованы чувства. Так, фронтальная негативная волна возникает, когда ребенок внимательно прислушивается к не вписывающимся в последовательность звукам²⁰, но только при условии, что он бодрствует, а не спит²¹. Мы экспериментировали снова и снова, и всякий раз эта медленная фронтальная реакция становилась чем-то вроде маркера сознательной обработки данных.

В целом мы можем с уверенностью утверждать, что доступ в сознательный опыт имеется как у взрослых, так и у детей, но у детей он идет гораздо медленнее, зачастую в четыре раза. Откуда взялась эта медлительность? Вспомним, что мозг ребенка отличается незрелостью. Основные волокна, передающие сигнал на большие расстояния и складывающиеся у взрослого в глобальное рабочее пространство, имеются у ребенка уже при рождении²², однако изолирующим слоем еще не покрыты. Миелиновые оболочки — жировые мембраны, окутывающие аксон, — созревают на протяжении всего детства и даже подросткового периода. В первую очередь они создают электрическую изоляцию, обеспечивая таким образом повышенную скорость и точность распространения нейронных импульсов в отдаленные точки. Мозговая сеть сознания у ребенка уже собрана, но еще не заизолирована, поэтому интеграция идет гораздо медленнее. Медлительность детского мозга чем-то напоминает медлительность мозга пациента, очнувшегося от комы. В обоих случаях можно добиться адаптивной реакции, однако улыбаться, хмуриться или издавать запинаящиеся звуки человек начинает лишь через одну-две секунды. Сознание у него затуманено, заторможено и все же однозначно присутствует.

Самые младшие участники нашего эксперимента были двух месяцев от роду, поэтому мы до сих пор не знаем, в какой именно момент у ребенка возникает сознание. Наделен ли сознанием младенец? Или для того, чтобы его корковые структуры должным образом заработали, нужно несколько

недель? Не имея полных данных, гадать не буду, однако не удивлюсь, если мы обнаружим, что ребенок рождается уже снабженный сознанием. У новорожденного в мозгу есть длинные связующие волокна, оплетающие весь мозг, и недооценивать их возможности было бы неразумно. Спустя несколько часов после рождения младенцы уже демонстрируют сложное внимание, в частности способность различать группы предметов, исходя из примерного количества этих предметов²³.

Шведский педиатр Хьюго Лангеркранц и французский нейробиолог Жан-Пьер Шанжо предложили очень интересную гипотезу, согласно которой момент рождения совпадает с первым эпизодом доступа к сознанию²⁴. По их мнению, плод в чреве матери фактически пребывает под действием седативных веществ — к нему постоянно поступают, например, «нейростероидный анестетик прагнанолон и снотворное вещество простагландин D2; все они вырабатываются плацентой». При родах происходит массовый выброс гормонов стресса и стимулирующих нейротрансмиттеров, например катехоламинов; в следующие несколько часов новорожденный, как правило, просыпается, широко открывает глаза и ощущает прилив энергии. Возможно, в этот момент у него впервые происходит сознательный опыт? Если эта фармакологическая теория верна, тогда мы недооценивали важность родов: именно в них рождается сознательный разум.

Сознание у животных?

Тот, кто понимает бабуина, в метафизике способен превзойти Локка.

Чарльз Дарвин, из записных книжек, 1838

Вопрос, которым мы задались, когда речь зашла о детях, можно задать и применительно к нашим безгласным двоюродным братьям — животным. Животные не могут описать собственных мыслей, но значит ли это, что мыслей у них нет? Животных на земле огромное множество, и разных: одни терпеливо поджидают добычу (гепарды, орлы, мурены), другие тщательно планируют свои маршруты (слоны, гуси), любят поиграть (кошки, выдры), умеют решать задачи (сороки, осьминоги), мастерски подражают голосам (попугаи) и обладают отличными социальными навыками (летучие мыши, волки). Было бы удивительно, если бы ни у одного из этих животных не наблюдалась хоть какая-то доля нашего сознательного опыта. Моя теория гласит, что архитектура сознательного пространства играет особо важную роль, способствуя информационному обмену между областями мозга. Таким образом, сознание — это полезный инструмент, который развился много лет назад в ходе эволюции и, возможно, возникал не однажды.

И правда, не наивность ли — полагать, будто система рабочего пространства есть только у человека? Да ничего подобного. Плотная сеть длинных связей, соединяющих префронтальную кору с другими ассоциативными участками коры, есть у макака, и система рабочего пространства такого рода вполне может отыскаться у всех млекопитающих. У мыши и у той есть крошечная префронтальная и поясная кора, которая активизируется, когда мышь в течение секунды удерживает в мозгу зрительную информацию²⁵. Интересно было бы знать, нет ли цепочек с аналогичными функциями и у некоторых птиц, особенно у тех из них, кто способен к вокальной коммуникации и имитации²⁶.

Мнение о наличии у животных сознания не должно основываться исключительно на особенностях строения их мозга. Обезьяны не могут говорить, но их можно научить при помощи кнопок на компьютере. Этот подход позволяет нам получить множество фактов, свидетельствующих о том, что обезьяны имеют субъективный опыт, очень схожий с нашим. Так,

применяя поощрение, можно научить обезьяну нажимать одну клавишу, если она, обезьяна, увидит свет, и другую — если света не видно. Затем это моторное действие можно приравнять к простейшему «отчету»: невербальному жесту, с помощью которого обезьяна как бы говорит: «Кажется, я видела свет» или «Я ничего не видела». Можно обучить обезьяну классифицировать увиденные образы: пусть нажимает на одну кнопку, когда видит лицо, и на другую, — когда видит что-то иное. Затем обученное животное можно протестировать с помощью тех же зрительных парадигм, которые используются для исследования сознательной и бессознательной обработки данных у людей.

Результаты подобных поведенческих исследований указывают на то, что у обезьян бывают такие же зрительные иллюзии, как и у нас. Если мы покажем обезьяне два разных изображения, по одному на каждый глаз, она сообщит о бинокулярном соперничестве — начнет нажимать то на одну, то на другую клавишу, давая понять, что в один момент времени видит лишь одно изображение. Изображения будут постоянно сменять друг друга в ее сознании, и происходить это будет в том же ритме, что и у любого человека²⁷. Маскирующие техники на обезьянах тоже работают. Когда мы показываем обезьянам картинку, за которой следует случайная маска, макаки сообщают, что не видели скрытого изображения, хотя в зрительной коре у них наблюдаются избирательные и неустойчивые нейронные импульсы²⁸. Следовательно, обезьяны, так же как и мы, имеют некую разновидность сублиминального восприятия, а также явственно выраженный порог, за которым изображение становится видимым.

И наконец, при травме зрительной коры у обезьян также развивается слепозрение. Несмотря на травму, они по-прежнему способны точно указать на источник света, расположенный так, что травма не позволяет его видеть. Тем не менее если обучить обезьян сообщать о наличии или отсутствии света, то при появлении светового стимула в пострадавшей части поля зрения они дают сигнал «нет света», то есть, по-видимому, так же, как и люди со слепозрением, не осознают воспринимаемого²⁹.

Практически нет сомнений в том, что макаки способны использовать свое рудиментарное рабочее пространство для того, чтобы думать о прошлом. Они с легкостью проходят тест на отложенный ответ, хотя для этого им приходится держать информацию в голове в течение длительного времени после исчезновения стимула. Обезьяны, как и мы, делают это за счет поддержания постоянной подачи импульсов нейронов префронтальной и теменной коры³⁰. Когда они пассивно смотрят фильм, то

префронтальная кора у них активируется сильнее, чем у человека³¹. Возможно, мы превосходим обезьяну по способности подавлять отвлечение, и, когда мы смотрим кино, префронтальная кора нашего мозга отстраняется от поступающего потока данных и позволяет мозгу свободно блуждать³². При всем при том у макак имеется сеть областей, срабатывающих спонтанно, «по умолчанию». Эта сеть активируется в периоды покоя³³, а входят в нее те самые области, которые бывают задействованы, когда мы занимаемся самоанализом, вспоминаем или думаем ни о чем³⁴.

А что же с нашей лакмусовой бумажкой сознательного слухового восприятия, с локально-глобальным тестом, который мы использовали для того, чтобы выявить остаточное сознание у пациентов, восстанавливающихся после комы? Мои коллеги Бешир Джаррайя и Линн Уриг проверили, замечают ли обезьяны, что последовательность «бип-бип-бип-бип» аномальна на фоне более частых «бип-бип-бип-у-у-у». Замечают. При проведении функциональной МРТ видно, что префронтальная кора мозга у обезьян активируется лишь при отчетливом нарушении последовательностей³⁵. Под воздействием анестезии эта реакция префронтальной коры у обезьян сходит на нет так же, как у людей. Вот и еще один автограф сознания, который, по-видимому, имеется и у обезьян.

В пилотном исследовании под руководством Карима Бенченана этот элементарный тест успешно прошли даже мыши. В будущем, когда мы займемся систематическим тестированием представителей разных видов, я не удивлюсь, если обнаружится, что у всех млекопитающих, а возможно, и у многих видов птиц и рыб наблюдаются признаки возникшего в ходе эволюции сознательного рабочего пространства, схожего с нашим.

Осознает ли обезьяна себя?

У макак глобальное рабочее пространство, во многом схожее с человеческим, однозначно наличествует. Но можно ли сказать, что оно совпадает с нашим полностью? В этой книге я говорил о наиболее важном аспекте сознания: доступе в сознательный опыт, или способности осознавать отдельные сенсорные стимулы. Эта базовая способность наблюдается даже у обезьян, а может, и у многих других видов. Однако когда дело доходит до высших когнитивных функций, человек стоит особняком. Вопрос следует задать так: есть ли у сознательного рабочего пространства человека какие-либо дополнительные свойства, радикально отличающие нас от всех других животных.

Первым кандидатом в уникальные, исключительно человеку свойственные черты является самосознание. Мы ведь — *sapiens sapiens*, единственный вид, который знает, что он знает. Разве способность размышлять о собственном существовании — не чисто человеческая черта? В книге *Strong Opinions* (1973) великолепный писатель и страстный энтомолог Владимир Набоков говорит именно об этом:

«Осознанность осознанности бытия... если я не просто осознаю, что существую, но также знаю, что я это знаю, то я принадлежу к роду человеческому. Все остальное следует за этим — величественная мысль, поэзия, виденье вселенной. И в этом плане пропасть между обезьяной и человеком неизмеримо глубже, чем между амебой и обезьяной».

Но Набоков ошибался. «Познай себя» — знаменитый призыв, высеченный на пронаосе храма Аполлона в Дельфах, — касается не одного лишь человека. В последние годы исследователи обнаружили у животных поразительно сложную умственную деятельность, связанную с самопознанием. Может показаться, что в задачах, требующих суждений второго порядка — например, когда мы замечаем свои ошибки или взвешиваем успех или поражение, — животные окажутся совершенно беспомощны, однако это совсем не так.

Этот домен компетентности называется «метапознание», то есть способность думать о том, что мы думаем. Его очень точно охарактеризовал Доналд Рамсфелд, министр обороны при Джордже У.

Буше, когда на брифинге в министерстве обороны произнес ставшие знаменитыми слова об известных известностях («когда мы что-то знаем»), известных неизвестностях («когда мы знаем, что мы чего-то не знаем») и неизвестных неизвестностях («когда мы чего-то не знаем и об этом не знаем»). Метаконнание — это способность знать границы собственных знаний, определять меру веры или уверенности в собственных мыслях. И факты указывают на то, что у обезьян, дельфинов и даже крыс и голубей зачатки этой способности имеются.

Откуда мы знаем, что животные знают, что они знают? Возьмем Натуга — дельфина, который свободно резвится в коралловом бассейне Центра исследования дельфинов г. Марафон (Флорида)³⁶. Дельфина обучили классифицировать раздающиеся под водой звуки в зависимости от их высоты. С этим он прекрасно справляется — при низком звуке нажимает панель на левой стене, а при высоком — на правой.

Границу между высокими и низкими звуками экспериментатор установил на высоте в 2100 герц. Когда звук далек от этого значения, дельфин быстро плывет в нужную сторону. Но когда частота звука приближается к 2100 герц, Натуга начинает реагировать очень медленно, трясет головой и только после этого неуверенно плывет в ту или иную сторону, причем нередко ошибается.

Означает ли это его неуверенное поведение, что он «знает», что ему трудно принять решение? Нет. Само по себе усложнение задачи на короткой дистанции не представляет собой ничего особенного. И у людей, и у животных время принятия решения и количество совершаемых ошибок увеличивается всякий раз, когда разница, на основе которой следует принять решение, становится малозаметна. Важно, правда, отметить, что у людей выраженная высота звука пробуждает чувство уверенности в собственных силах — чувство второго порядка. Когда же звук становится слишком близок к граничному значению, мы понимаем, что столкнулись с трудностями. Мы испытываем неуверенность, зная, что наше решение может оказаться неверным. При возможности мы просто выходим из ситуации, открыто говоря, что понятия не имеем, каков будет правильный ответ. Это и есть типичное метакогнитивное знание: «я знаю, что не знаю».

Но знает ли Натуга о собственной неуверенности в ответе? Может ли он сказать, что знает правильный ответ или что в ответе не уверен? Способен ли он вообще испытывать уверенность в собственной правоте? Чтобы ответить на эти вопросы, Дж. Дэвид Смит из университета штата Нью-Йорк разработал хитроумный фокус: «ответ избегания». Потренировав дельфина с различными стимулами, он установил в бассейне

третью панель для ответов. Путем проб и ошибок Натуа узнает, что всякий раз, когда он нажимает на панель, звук-стимул немедленно сменяется отчетливо низким звуком (1200 герц), а дельфин получает за это награду. Если третья панель на месте, Натуа всегда может избежать выполнения главного задания. Правда, уходить от ответа во всех тестах подряд нельзя: если дельфин использует третью панель слишком часто, вознаграждение резко уменьшается.

Этот эксперимент принес интереснейший результат: когда Натуа приходится делить звуки на высокие и низкие, возможность ухода от ответа он использует, только когда задание оказывается слишком трудным. Он нажимает на третью панель, только когда частота звука приближается к порогу в 2100 герц, то есть именно тогда, когда он с большой вероятностью может ошибиться. Выглядит это так, словно он использует третью панель как «комментарий» второго порядка к собственной деятельности первого порядка. Нажимая на эту панель, он «сообщает», что выполнить задание ему слишком трудно и что он предпочитает задачу полегче. Дельфин достаточно умен, чтобы распознать собственную неуверенность. Он как Румсфелд — знает, чего не знает.

Некоторые исследователи оспаривают эту эксцентрическую интерпретацию. Они отмечают, что бихевиористическое описание задачи может быть куда более простым: дельфин демонстрирует выученное моторное поведение, позволяющее получить максимальное вознаграждение. Единственное отличие этого эксперимента от прочих — три варианта ответа вместо двух. Произошла самая обычная вещь, которая часто случается в ходе обучения с подкреплением: животное точно знает, при каком стимуле ему выгоднее всего нажимать на третью панель — собственно, и все, обычное механическое поведение.

Жертвой этой примитивной интерпретации пали многие эксперименты прошлого, однако новые исследования на обезьянах, крысах и голубях позволяют ученым поспорить с критиками и с большей уверенностью говорить о наличии у животных настоящей способности к метапознанию. Животные нередко используют ответ с отказом куда разумнее, чем это можно было бы объяснить, если бы они руководствовались только вознаграждением³⁷. Так, если животное имеет возможность уйти от ответа после того, как сделает выбор, но до того, как узнает, был ли выбор правильным или нет, оно отлично начинает разбираться в том, какие задания для него сложны, а какие — нет. Нам это известно потому, что задания, от которых животные уклоняются, оказываются выполнены хуже, чем задания, когда животное придерживается первоначально данного

ответа, даже если в обоих случаях использовался один и тот же стимул. Похоже, животные внутренне отслеживают свое психическое состояние и уходят от ответа именно тогда, когда по той или иной причине отвлеклись, а сигнал был не так очевиден, как раньше. Выглядит все так, словно они действительно способны отслеживать степень собственной уверенности при выполнении каждого задания и отказываться, только когда эта уверенность отсутствует³⁸.

Насколько абстрактно это самопонимание у животных? Недавние эксперименты показывают, что как минимум у обезьян оно связано не только с заученностью поведения; макаки начинают спонтанно использовать вариант избегания ответа и в ситуациях, не имеющих никакого отношения к ситуации обучения. Поняв, что означает эта клавиша при исполнении задания на сенсорное восприятие, они тут же начинают использовать ее и в совершенно новом для себя контексте задания на память. Научившись сообщать «я не расслышал», они обобщают это заявление и переходят к «я не запомнил»³⁹.

Самосознание той или иной степени у животных явно наличествует, но может ли оно все лежать в сфере бессознательного? Здесь нам следует быть осторожными, потому что, как мы помним из главы 2, наше поведение в значительной степени основано на деятельности бессознательных механизмов. Механизмы отслеживания собственных действий и те могут действовать бессознательно. Когда я нажимаю не ту клавишу на клавиатуре или когда мои глаза смотрят не туда, мозг автоматически регистрирует и исправляет эти ошибки, а я могу этого и не заметить⁴⁰. Правда, есть несколько фактов, на основании которых можно заподозрить, что самопознание у обезьян построено не на подсознательном автоматизме. Когда обезьяна решает улизнуть от выполнения задания, она действует гибко и обобщает свой навык, используя его там, где не учили. Она несколько секунд обдумывает принятое решение — это много, и бессознательные процессы едва ли способны обеспечить такую длительность. Для уклонения от задачи требуется подать специально назначенный сигнал, нажав соответствующую клавишу. На нейрофизиологическом уровне это значит, что в мозгу происходит медленное накопление фактов и подключаются высокоуровневые зоны теменной и префронтальной коры⁴¹. Экстраполируя наши познания в области человеческого мозга, можно предположить, что такого рода медленные и сложные суждения второго уровня едва ли могут происходить без участия сознания.

Если наши выводы верны (впрочем, тут требуются дополнительные исследования), тогда в поведении животного прослеживаются отличительные признаки сознательного и рефлексивного разума. Получается, что мы не единственные, кто знает, что он знает, и звание *sapiens sapiens* представитель рода *Homo* должен будет разделить с другими видами животных, которые также способны размышлять о состоянии собственного разума.

Сознание — только ли у человека?

Итак, у обезьян явно имеется сознательное нейронное рабочее пространство, обезьяны могут использовать его для того, чтобы раздумывать о себе и об окружающем мире, зато люди, несомненно, демонстрируют превосходно развитое свойство интроспекции. Но чем таким особенным отличается человеческий мозг? Банальными размерами? Развитой речью? Навыками в области социального взаимодействия? Длительной пластичностью? Способностью к обучению?

Поиск ответов на эти вопросы станет одной из самых увлекательных задач будущих исследований в области когнитивной нейробиологии. Здесь и сейчас я могу дать только очень осторожный ответ: хотя большинство структур мозга у нас с другими животными одинаковы, человеческий мозг может быть уникален своей способностью сочетать эти структуры с помощью сложного «языка мысли». Рене Декарт был совершенно прав: один лишь *Homo sapiens* «использует слова или иные знаки, составляя их вместе, как делаем это мы, когда хотим сообщить свою мысль окружающим». Способность составлять мысли может быть важнейшим фактором, который благотворно влияет на наши внутренние мысли. Человеческая уникальность кроется в том, как тонко и точно мы формулируем наши идеи, употребляя для этого составные или рекурсивные символьные структуры.

В соответствии с этим я вслед за Ноамом Хомски полагаю, что язык развивался не как система коммуникации, а как средство репрезентации и главным его достоинством является то, что он позволяет обдумывать новые идеи, а не просто делиться ими с окружающими. Наш мозг постоянно и непрерывно назначает символы для всех ментальных репрезентаций, а потом составляет из этих символов совершенно новые комбинации. Глобальное нейронное рабочее пространство человека может быть уникально своей способностью формулировать такие сознательные мысли, как, например, «выше Тома», «слева от красной двери» или «то, чего не дали Джону». В каждом из этих примеров сочетается несколько элементарных концепций, лежащих в совершенно разных доменах компетенций: размер (высокий), человек (Том, Джон), пространство (слева), цвет (красный), предмет (дверь), логика (не) или действие (дать). Каждая из этих концепций изначально кодируется отдельной цепочкой в мозгу, однако затем мозг собирает их произвольным образом, причем не

только за счет ассоциации — на это способны и животные, — но и за счет того, что складывает их в сложные структуры, наделяя каждую собственным значением и никогда не путая, к примеру, «жену брата» и «брата жены» или «собака кусает человека» и «человек кусает собаку».

Я могу предположить, что этот составной язык мышления лежит в основе множества человеческих способностей, от способности создавать сложные инструменты до создания высшей математики. Когда же речь заходит о сознании, то именно владение языком мышления может стать причиной, объясняющей происхождение нашей сложной способности к самосознанию. У человека необычайно развит рассудок разума — то, что психологи зовут «теорией сознания», экстенсивный набор интуитивных правил, позволяющих нам воображать и обдумывать то, что думают окружающие. И в самом деле, в любом человеческом языке имеется богатый словарь для описания психических состояний. Из десяти наиболее часто употребляемых глаголов английского языка шесть относятся к знаниям, чувствам или целям (*find, tell, ask, seem, feel, try* — находить, говорить, спрашивать/просить, казаться, чувствовать/ощущать, пытаться). Важно заметить, что употребляем мы эти слова как по отношению к себе, так и по отношению к другим, используя идентичные конструкции с местоимениями (I — «я» — десятое по частоте использования слово английского языка, а you — «ты» — занимает восемнадцатое место). Таким образом, то, что знаем мы, будет выражено точно в том же формате, что и то, что знает другой («я считаю так, а ты считаешь эдак», тем более что в английском языке форма глагола в обоих случаях будет одинаковой — *I believe X, but you believe Y*). Телепатия такого рода присуща нам с самого начала: даже семимесячный младенец уже отличает то, что знает он, от того, что знают другие⁴². Не исключено, что свойством этим обладает только человек: дети двух с половиной лет уже лучше шимпанзе и других приматов понимают смысл социальных ситуаций⁴³.

Рекурсивная функция человеческого языка вполне может оказаться двигателем сложных составных мыслей, которые недоступны представителям других видов. Не вооружись мы синтаксисом, смогли бы мы хотя бы просто вообразить такую составную конструкцию, как «Он думает, что я не знаю, что он лжет»? Такого рода мысленные построения выходят далеко за пределы возможностей наших двоюродных братьев-приматов⁴⁴. У тех уровень метапознания состоит всего из двух этапов (мысль и степень убежденности в ее истинности), мы же, благодаря рекурсивности языка, располагаем потенциально бесконечным набором

концепций.

Точно так же человек может быть единственным из приматов, нейронное рабочее пространство которого уникальным образом приспособилось к внутреннему манипулированию составными мыслями и убеждениями. Это подтверждается и фактами нейробиологии, пусть и немногочисленными. Как уже говорилось в главе 5, префронтальная кора, важнейший коммуникационный узел рабочего пространства сознания, составляет значительную часть мозга любого примата, но поистине огромных размеров достигает лишь у человека⁴⁵. Нейроны префронтальной коры человека имеют самые крупные дендритные структуры, превосходящие структуры в мозгу у других приматов⁴⁶. В результате префронтальная кора человеческого мозга, по всей вероятности, значительно динамичнее собирает и интегрирует информацию, поступающую от процессоров мозга; тем и может объясняться наша уникальная способность к интроспекции и самоанализу — действиям, никак не связанным с окружающим миром.

Различные области срединной линии мозга и передней фронтальной доли мозга систематически активируются всякий раз, когда мы задействуем свою способность мыслить и задумываемся о вещах социальных или о самих себе⁴⁷. Одна из этих областей — фронтополярная кора, или поле Бродмана 10, — у *Homo sapiens* значительно больше, чем у любого другого примата. (Специалисты даже сомневаются в том, что это поле имеется у некоторых видов макак.) Расположенное ниже белое вещество, способствующее осуществлению связей на дальние расстояния, у человека непропорционально велико, больше, чем у других приматов, даже если учесть значительную разницу в размере мозга вообще⁴⁸. В свете всех этих открытий передняя префронтальная кора становится главным кандидатом на звание участка, отвечающего за характерную для человека способность к интроспекции.

Еще одной особой областью можно назвать центр Брокá в левой нижней фронтальной части коры мозга. Этот центр играет важнейшую роль в речевой деятельности человека. Его нейроны третьего слоя, занятые распространением информации на большие расстояния, расположены более свободно и потому между ними существует больше связей⁴⁹. В центре Брокá, а также в передней части поясной извилины, отвечающей за самоконтроль, Константин фон Экономо обнаружил гигантские нейроны, которые вполне могут оказаться присущи только мозгу человека и человекообразных приматов (например, шимпанзе и бонобо), поскольку в

мозгу у других приматов, например макак, они найдены не были⁵⁰. Имея большие размеры и длинные аксоны, эти клетки, по всей видимости, весьма активно участвуют в передаче сознательных сообщений в мозгу человека.

Все перечисленные адаптивные механизмы указывают на одну и ту же тенденцию развития. В процессе эволюции сети префронтальной коры мозга будущего человека становились все плотнее и плотнее — во многом это повлияло на увеличение размеров мозга. Цепочки, занятые в рабочем пространстве, тоже разрастались сверх меры, однако это, вероятно, лишь верхушка айсберга. Мы не просто приматы с большим мозгом. Не удивлюсь, если в будущем нейробиологи-когнитивисты обнаружат в человеческом мозгу уникальные микроцепочки, благодаря которым мозг получает доступ к рекурсивным речеподобным операциям следующего уровня. Пусть у наших кузенов-приматов есть своя внутренняя жизнь вкупе со способностью сознательно оценивать окружающее — наш внутренний мир неизмеримо богаче, и, возможно, объясняется это уникальной способностью к формированию составных мыслей.

В целом человеческое сознание уникально, оно — результат двух явлений эволюции, одно из которых следует из другого. У всех приматов сознание изначально развивалось в качестве средства коммуникации, префронтальная кора и связанные с ней длинные цепочки выбивались из привычной модульной структуры локальных нейронных цепей и передавали информацию в самые дальние уголки мозга. Но только у человека это средство коммуникации подверглось дальнейшей эволюции, приведшей к появлению «языка мышления», с помощью которого мы формулируем сложные утверждения и делимся ими с окружающими.

Болезни сознания?

Два последовательных скачка развития рабочего пространства в человеческом мозгу должны были быть связаны с действием определенных биологических механизмов, в основе которых лежат конкретные гены. Следовательно, мы вполне можем спросить: могут ли какие-либо заболевания влиять на машинерию человеческого сознания? Способны ли генетические мутации или поражения мозга повернуть эволюцию вспять и стать причиной избирательной несостоятельности глобального нейронного рабочего пространства?

Лежащие в основе сознания длинные кортикальные связи могут оказаться очень уязвимыми. По сравнению с любыми другими клетками нейроны — это просто монстры, их аксоны имеют в длину по сантиметру и более. Необходимость сохранять такой длинный аппендикс, более чем в тысячу раз превышающий размерами саму клетку, связана с нестандартными проблемами в области экспрессии генов и молекулярного трафика. Копирование ДНК всегда происходит в ядре клетки, однако конечный результат должен быть передан на синапсы, расположенные в нескольких сантиметрах от этой точки. Для решения этой сложной логистической проблемы требуется непростая биологическая машинерия. Следовательно, можно предположить, что возникшая система связей на большие расстояния в рамках рабочего пространства может быть уязвима для специфических проблем.

Мы с Жан-Пьером Шанжо выдвинули предположение о том, что на этом уровне можно объяснить появление загадочного кластера психиатрических симптомов, сегодня называемого шизофренией⁵¹. Шизофрения — распространенное психическое заболевание, наблюдающееся примерно у 0,7 процента взрослого населения Земли. Шизофреник — подросток или молодой человек — утрачивает связь с реальностью, страдает бредом и галлюцинациями (так называемые «позитивные» симптомы); одновременно с этим у него резко снижаются интеллектуальное и эмоциональное развитие, наблюдается бессвязная речь и патологически циклические действия («негативные» симптомы).

Ученым долгое время не удавалось отыскать единую общую сущность, способную породить столь разнообразные проявления. Поразительно, впрочем, что все перечисленные нарушения, как правило, поражают функции, которые могут относиться к области глобального рабочего

пространства человеческого сознания: социальные убеждения, самонаблюдение, метакогнитивные суждения и даже элементарный доступ к информации, получаемой посредством восприятия⁵².

В соответствии с клинической картиной больные шизофренией демонстрируют крайнюю уверенность в истинности самых странных своих убеждений. Метакогнитивные процессы и теория сознания могут быть поражены так сильно, что пациент оказывается не способен отличить собственные мысли, знания, действия и воспоминания от мыслей, знаний, действий и воспоминаний окружающих. При шизофрении серьезно страдает способность сознательной интеграции информации в целостную сеть убеждений — это нарушение приводит к появлению бреда и непоследовательного поведения. Так, например, могут быть серьезно нарушены сознательные воспоминания пациентов — рассмотрев картинки или слова, спустя несколько минут они уже не помнят, что видели некоторые из них. Нередко наблюдаются сильнейшие нарушения метакогнитивного знания о том, когда и где пациент получил ту или иную информацию и получил ли ее вообще. Живительно, что скрытые бессознательные воспоминания при этом могут оставаться в целости⁵³.

Учитывая все вышесказанное, мы с коллегами задумались о том, не связана ли шизофрения с базовым дефицитом сознательного восприятия. Мы исследовали реакцию шизофреников на «маскировку» — кажущееся исчезновение слова или изображения, за которыми после короткого интервала следует другое изображение. Результат был однозначен: минимальная длительность демонстрации, при которой замаскированное слово становилось видимым, у шизофреников резко отличалась от этого показателя у здорового человека⁵⁴. Порог сознательного восприятия был поднят выше: шизофреники гораздо дольше оставались в сублиминальной области и сообщали о сознательном видении слова или изображения только после значительно более долгого его показа. Демонстрация цифры в течение всего 29 миллисекунд давала явственный бессознательный эффект прайма — в точности как у здорового человека. Сохранение столь тонких механизмов указывает на то, что бессознательная передача и обработка данных, от распознавания образа до присвоения ему значения, при шизофрении практически не страдала. По-видимому, основная проблема шизофреника связана с глобальным сведением поступающей информации в единое целое.

Интересно, что мы с коллегами наблюдали аналогичное сочетание нетронутых механизмов сублиминальной обработки информации и

нарушенного доступа в сознательный опыт у пациентов с множественным склерозом — болезнью, которая избирательно поражает связи в белом веществе мозга⁵⁵. В самом начале болезни, до появления сколь-либо выраженных симптомов, пациенты оказываются не в состоянии сознательно воспринять мельком показанные слова и цифры, однако подсознательно продолжают их обрабатывать. Предсказать, насколько серьезно будет выражен дефицит сознательного восприятия, можно на основании степени повреждения длинных связей, соединяющих префронтальную кору головного мозга с задними областями зрительной коры⁵⁶. Это очень важное наблюдение: во-первых, оно подтверждает, что нарушения белого вещества могут избирательно влиять на сознательный доступ; а во-вторых, поскольку у небольшой доли пациентов с множественным склерозом развиваются психические заболевания, схожие с шизофренией, мы опять-таки можем предположить, что утрата длинных связей оказывается важнейшим фактором наступления психического заболевания.

Результаты нейровизуализации указывают на то, что способность шизофреников к массовой активации сознания значительно снижена. Ранние зрительные процессы и процессы внимания в основном остаются прежними, однако отсутствует массовая синхронная активация, порождающая волну РЗ в верхней части головы и сигнализирующая о наступлении сознательного восприятия⁵⁷. Еще один автограф сознательного восприятия — внезапное возникновение взаимосвязанной «мозговой сети» с множественными связями между удаленными кортикальными областями на уровне бета-частот (13—30 герц) — у больных шизофренией тоже отсутствует⁵⁸.

Есть ли у нас еще более наглядные доказательства того, что нарушение анатомических структур сетей глобального рабочего пространства ведет к шизофрении? Да, есть. При диффузно-тензорной визуализации мы видим крупные аномалии длинных пучков аксонов, соединяющих между собой различные области коры. Особенно сильные нарушения наблюдаются в тканях мозолистого тела, связывающих два полушария; не менее тяжело страдают связи, соединяющие префронтальную кору с другими отдаленными областями коры, гиппокампа и зрительного бугра⁵⁹. Это приводит к серьезным нарушениям связей в состоянии покоя: в период отдыха у пациентов с шизофренией префронтальная кора утрачивает функцию основного узла коммуникаций, а импульсы гораздо меньше связаны с функциональным целым, чем в нормальной ситуации⁶⁰.

На микроскопическом уровне можно видеть, что огромные пирамидальные клетки дорсолатеральной префронтальной коры (уровни 2 и 3) с множественными дендритами, способными получать сотни синаптических соединений, у пациентов с шизофренией имеют значительно меньшие размеры. У них меньше шипиков — выростов на возбуждающих синапсах; человеческий мозг в норме отличается крайне частым расположением этих шипиков. Подобная утрата связей вполне может быть основной причиной шизофрении. Собственно говоря, многие гены, которые при шизофрении оказываются повреждены, влияют на одну или обе основные системы молекулярной нейротрансмиссии — на рецепторы дофамина D2 и на глутаматные NMDA-рецепторы, которые играют основную роль в передаче возбуждения префронтальными синапсами и в их пластичности⁶¹.

Вот еще один интереснейший факт: взрослый человек может испытать напоминающий шизофрению психоз при приеме таких препаратов, как фенциклидин (более известный как PCP или ангельская пыль) и кетамин. Эти агенты блокируют нейротрансмиссию, причем именно в области возбуждающих синапсов NMDA-разновидности, которые, как нам сегодня известно, отвечают за передачу информации на большие расстояния в коре головного мозга сверху вниз⁶². В моей компьютерной модели сети глобального рабочего пространства синапсы NMDA играли важнейшую роль в массовой активации сознания, так как образовывали длинные петли, связывавшие между собой высокоуровневые области коры сверху вниз, после чего информация попадала к процессорам нижнего уровня, от которых исходил первоначальный импульс. Когда мы удалили из модели NMDA-рецепторы, всеобщая связанность резко упала и массовая активация не наступила⁶³. Другие модели также свидетельствуют о том, что NMDA-рецепторы равно важны для медленного накопления фактов, лежащего в основе осознанного принятия решений⁶⁴.

Таким образом, глобальная утрата связей сверху вниз может оказаться важным фактором, позволяющим объяснить появление негативных симптомов у больных шизофренией. Нарушение связей не затрагивает прямую передачу сенсорной информации, однако избирательно препятствует ее глобальной интеграции через петли, обеспечивающие связь сверху вниз и охватывающие большие расстояния. Получается, что у больных шизофренией абсолютно нормальным образом происходит прямая передача и обработка информации, в том числе способность к мелким операциям, провоцирующим сублиминальный прайминг. Однако у больных

возникают проблемы с дальнейшим массовым возбуждением и распространением информации, а также страдают способность к сознательному мониторингу, вниманию сверху вниз, кратковременная память и сфера принятия решений.

А что же позитивные симптомы шизофрении — причудливые галлюцинации и бред? Нейробиологи-когнитивисты Пол Флетчер и Крис Фрит предложили исчерпывающее объяснение, построенное на идее нарушения распространения информации⁶⁵. Как уже говорилось в главе 2, мозг работает как Шерлок Холмс, как сыщик, который извлекает максимум сведений из разнообразных поступающих данных, как сенсорных, так и социальных. Такого рода статистическое научение подразумевает двусторонний обмен информацией⁶⁶: сенсорные регионы отправляют свои сообщения вверх по иерархии, а более высокие области отвечают, отправляя сверху вниз свои прогнозы; из этого складывается алгоритм научения, который постоянно используется для разъяснения странной информации, поступающей от органов чувств. Научение прекращается в тот момент, когда высокоуровневые репрезентации становятся столь точны, что сделанные предсказания полностью соответствуют данным, идущим снизу вверх. Получаемый мозгом на этом этапе сигнал об ошибке (то есть о разнице между прогнозом и наблюдаемыми сигналами) ничтожно мал, и, как следствие, удивляться становится нечему: входящий сигнал перестает быть сколь-либо интересным и уже больше не запускает процесс обучения.

А теперь вообразим, что в случае шизофрении количество поступающих сверху вниз сообщений сокращается ввиду повреждения длинных связей или дисфункции NMDA-рецепторов. Это, по утверждению Флетчера и Фрита, приводит к сильнейшему нарушению настройки механизмов статистического научения. Поступающая сенсорная информация не получает удовлетворительного объяснения. Сигналы ошибки продолжают и продолжают поступать, их воздействие влечет за собой бесконечную лавину возможных интерпретаций. Шизофреник постоянно чувствует, что чего-то недопонял, что в мире остается множество скрытых слоев смысла, глубинных уровней объяснений, которые только он может ощутить и просчитать. И тогда он принимается придумывать бесконечные неестественные интерпретации всего происходящего вокруг.

Посмотрим, например, как мозг шизофреника отслеживает движения тела. В норме, когда мы совершаем движение, прогнозирующий механизм обнуляет то, что мы чувствуем в результате. Таким образом, когда мы берем

чашку с кофе, то не удивляемся ощущению тепла или тяжести в руке, поскольку все это было предсказуемо. Мы еще не успели сомкнуть пальцы, а моторные области мозга послали вниз, в сенсорные области прогноз о том, что сейчас они ощутят все сопутствующее захвату. Прогноз этот работает так хорошо, что когда мы берем чашку, то даже не осознаем прикосновения к ней, и сознавать происходящее начинаем лишь в случае, если прогноз оказался ошибочным — например, чашка, которую мы схватили, оказалась слишком горячей.

А теперь вообразите себе, что в вашем мире спускаемые вниз предсказания оказываются ошибочными постоянно. Чашка с кофе и та подводит: когда вы ее берете, то ощущения, которые испытываете, чуть-чуть отличаются от того, что ожидали. Вы начинаете гадать, кто или что влияет на ваши чувства. Еще очень странным делом кажется речь. Когда вы говорите, то можете слышать свой собственный голос — как забавно он звучит! Странности звучания все время привлекают ваше внимание, вы начинаете думать, что кто-то посторонний искажает вашу речь. Отсюда уже недалеко до того, чтобы поверить в голоса в собственной голове, а заодно и в то, что некие злые силы, может, ваши соседи, а может, агенты ЦРУ, захватили контроль над вашим телом и порушили вам всю жизнь. Вы постоянно замечаете вещи, которых другие не видят, и постоянно ищете породившие их причины — собственно, таково довольно точное описание шизофренической симптоматики.

Таким образом, представляется вполне вероятным, что шизофрения — это болезнь, связанная с нарушением длинных связей, передающих в мозгу сигналы и формирующих систему рабочего пространства сознания. Я, конечно, вовсе не хочу сказать, что больные шизофренией — зомби, лишенные сознания. Я просто полагаю, что при шизофрении больше всех прочих автоматических процессов страдает сознательная передача данных. Обычные болезни не решаются пересечь границу и атаковать нервную систему, а вот шизофрения вполне может поражать биологические механизмы, лежащие в основе длинных нейронных связей, идущих сверху вниз.

Правда, связи эти при шизофрении разрываются не полностью — случись это, больной лишился бы сознания. Но возможно ли и такое серьезное заболевание? В 2007 году нейробиологи университета Пенсильвании открыли поразительную новую болезнь⁶⁷. В больницу поступали молодые пациенты с разнообразными симптомами. Среди них было много женщин, страдавших раком яичников, но прочие больные жаловались всего лишь на головную боль, лихорадку или гриппозные

симптомы. Болезнь быстро развивалась и затем приняла неожиданную и страшную форму. У больных наблюдались «выраженная психиатрическая симптоматика, в том числе тревожность, возбуждение, странное поведение, бред, параноидальное мышление, зрительные и слуховые галлюцинации» — то есть выраженная, приобретенная и быстро развивающаяся разновидность шизофрении. Спустя три недели пациентов начало покидать сознание. На ЭЭГ у них наблюдались медленные волны мозга, схожие с волнами засыпающего или находящегося в коме человека. Больные переставали двигаться, реагировать на стимулы и даже самостоятельно дышать. В последующие месяцы несколько человек умерли; остальные спустя некоторое время выздоровели и вернулись к нормальной жизни, однако утверждали, что ничего не помнят о периоде, когда находились без сознания.

Что это было? Тщательные исследования показали, что пациенты страдали от массивного аутоиммунного заболевания. Вместо того чтобы выискивать враждебные вирусы или бактерии, их иммунная система стала бороться с самим организмом. Она избирательно уничтожала определенную молекулу: NMDA-рецептор нейротрансмиттера глутамата. Как мы уже видели, этот рецептор играет важнейшую роль в процессе передачи информации на кортикальные синапсы сверху вниз. Когда исследователи подвергли культуру нейронов воздействию сыворотки крови пациентов, NMDA-синапсы буквально растворились за каких-то несколько часов — однако восстановились сразу после того, как вредоносная сыворотка была удалена.

Поразительно видеть, как исчезновение одной-единственной молекулы влечет за собой утрату психического здоровья, а затем и сознания. Возможно, мы наблюдаем первое заболевание, избирательно поражающее длинные связи, которые, в соответствии с моей моделью глобального нейронного рабочего пространства, лежат в основе любого сознательного опыта. Разрушение связей быстро приводит к разрушению сознания — вначале это выглядит как искусственная форма шизофрении, а затем человек утрачивает всякую способность бодрствовать. В будущем это заболевание вполне может использоваться как образец болезни, молекулярные механизмы которой позволили пролить свет на природу и развитие психических заболеваний, а также на их связь с сознательным опытом.

Машинное сознание?

И вот мы начали понимать, в чем заключаются функции сознания, какие структуры в коре головного мозга его поддерживают, какие молекулярные процессы для него необходимы и каковы могут быть его нарушения, — так можем ли мы теперь подумать об имитации сознания с помощью компьютера? Лично я не вижу этому никаких логических препятствий, более того, считаю, что это весьма интересное направление научно-исследовательской деятельности, непростой, но захватывающий проект, который может быть реализован в компьютерной отрасли в последующие десятилетия. Нет нужды уточнять, что сегодня о создании такой машины не приходится и мечтать, однако тот факт, что мы можем сделать предположение о некоторых ее основных свойствах, сам по себе указывает на то, что наука о сознании не стоит на месте.

В главе 5 я в общих чертах описал компьютерную модель доступа в сознательный опыт. Идеи, которые легли в основу этой модели, могли бы стать началом создания новой разновидности программной архитектуры. Современный компьютер выполняет множество целевых программ одновременно, и наша модель также могла бы содержать множество специализированных программ, каждая из которых выполняла бы собственную функцию: распознавала лица, отслеживала движения, ориентировалась в пространстве, генерировала речь или управляла моторными функциями. Важно то, что некоторые из этих программ получали бы данные не снаружи, а изнутри системы — так возникла бы некая разновидность интроспекции и самопознания. Так, специализированное устройство для отслеживания ошибок могло бы прогнозировать вероятность отклонения организма от выполнения его текущих целей. В современных компьютерах можно наблюдать зачатки реализации этой идеи — все чаще используются программы, следящие за остатком заряда, дискового пространства, за целостностью памяти или внутренними конфликтами.

На мой взгляд, этим компьютерам не хватает трех основных функций: гибкости коммуникации, пластичности и автономности. Во-первых, программы должны иметь возможность гибко коммуницировать друг с другом. В идеале результат деятельности любой из программ в любой момент может оказаться в центре внимания всей системы. Выбранная информация попадет в рабочее пространство — систему, которая обладает

ограниченной емкостью, работает медленно и последовательно, однако имеет большое преимущество, заключающееся в способности снова передавать информацию в любую из программ. В современных компьютерах обмен подобного рода обычно запрещен: каждое приложение использует отдельное пространство памяти и не может передать другому приложению результаты своей работы. Отсутствуют способы, с помощью которых программы могли бы обмениваться экспертной информацией — ну разве что буфер информационного обмена, но он крайне примитивен и находится под контролем пользователя. Архитектура, которую вообразил себе я, позволила бы значительно повысить гибкость процессов информационного обмена, поскольку имела бы некий универсальный и автономный буфер обмена — глобальное рабочее пространство.

Как будут использовать информацию программы, которые получают ее из буфера обмена? Здесь потребуются вторая составляющая из моего списка: мощный алгоритм обучения. Каждая отдельная программа не будет сохранять статичность, но будет наделена способностью искать наилучшее применение полученной информации. Каждая программа будет приспосабливаться к алгоритму обучения, схожему с мозгом и способному охватить множество прогнозируемых связей между входящими данными. Таким образом система будет адаптироваться к окружающей среде и даже к особенностям собственной архитектуры и потому устоит даже в случае, когда, например, подведет подпрограмма. Она сама разберется, какие входящие данные заслуживают внимания и как можно их сочетать для выполнения полезных функций.

И здесь мы подходим к третьему свойству нашей воображаемой системы: автономности. Даже в отсутствие какого-либо взаимодействия с пользователем компьютер станет использовать собственную систему ценностей, чтобы решить, какие данные заслуживают медленного осознанного рассмотрения в глобальном рабочем пространстве. Спонтанная активность постепенно приведет к появлению в рабочем пространстве случайных «мыслей», которые будут сохранены или отвергнуты в зависимости от их соответствия базовым целям организма. Последовательность колебаний внутренних состояний возникнет даже в случае, если информация извне поступать не будет.

Поведение этого организма-имитации будет напоминать деятельность нашего собственного сознания. Он сможет без помощи человека ставить собственные цели, исследовать мир и определять собственное внутреннее состояние. Он сможет в любой момент задействовать свои ресурсы для создания внутренней репрезентации — иными словами, содержания своего

сознания.

Конечно, все это пока еще очень смутно и неясно. Для того чтобы эти рассуждения превратились в реальную схему со всеми подробностями, понадобится очень много работы. Однако лично я в принципе не вижу никаких причин, которые помешали бы созданию искусственного сознания.

Многие мыслители с этим не согласны. Приведем вкратце их аргументы. Одни полагают, что сознание невозможно свести к обработке информации, потому что, сколько информации ни обработай, сознательный опыт из этого не возникнет. Так, философ университета Нью-Йорка Нед Блок признает, что теорией рабочего пространства можно объяснить сознательный доступ, однако утверждает, что теория эта не способна объяснить наши первичные ощущения, так называемые квалиа, — субъективные состояния или необработанные ощущения того, «как на самом деле» мы воспринимаем чувство, боль или прекрасный закат⁶⁸.

Дэвид Чалмерс, знаменитый философ из Университета Аризоны, также утверждает, что, даже если теория рабочего пространства позволяет объяснить, какие операции могут выполняться сознательно, а какие нет, она все равно не годится для объяснения загадки субъективного восприятия от первого лица⁶⁹. Чалмерс известен тем, что ввел деление на легкие и трудные проблемы сознания. Легкая проблема сознания, утверждает он, сводится к объяснению разнообразных функций мозга: каким образом мы узнаем лицо, слово, пейзаж? Как мы извлекаем информацию из ощущений и руководствуемся ею при дальнейшем поведении? Как мы создаем предложения для описания наших ощущений? «Хотя все эти вопросы мы относим к вопросам о сознании, — утверждает Чалмерс, — на самом деле все они касаются объективных механизмов когнитивной системы, и, следовательно, мы имеем все основания ожидать, что ответы на них будут получены в ходе дальнейшего развития психологии и нейробиологии»⁷⁰. А вот трудная, с его точки зрения, проблема — это:

«вопрос о том, каким образом происходящие в мозгу физические процессы порождают субъективный опыт... каким образом субъект переживает то, что его окружает. Например, когда мы видим нечто, то испытываем зрительные ощущения, например ощущение ярко-голубого. Или взять неопиcуемый звук далекого гобоя, пронзительную слепящую боль, искристое счастье или то, что мы ощущаем, когда уносимся в своих мыслях прочь и забываем о времени... Эти явления представляют собой настоящую тайну разума».

Лично я считаю, что Чалмерс перепутал этикетки: его «легкая» проблема относится к разряду тяжелых, а тяжелая кажется непростой лишь ввиду того, что лежит в не самой развитой области знаний. Когда наши познания обогатятся находками в области когнитивной нейробиологии и компьютерных имитаций, трудная проблема Чалмерса исчезнет сама собой. Гипотетическая концепция квалиа — чисто психического опыта, оторванного от любой функции обработки информации — когда-нибудь будет считаться таким же причудливым вымыслом донаучной эпохи, как витализм (бытовавшее в середине XIX века мнение о том, что в каких бы подробностях мы ни изучили химические процессы, протекающие в живых организмах, познать истинные свойства жизни мы не сможем). Современная молекулярная биология не оставила камня на камне от этого убеждения, показав, как молекулярные механизмы наших клеток образуют самовоспроизводящийся автомат. Точно так же наука о сознании будет откусывать от «трудной проблемы» по кусочку до тех пор, пока проблема не исчезнет совершенно. Так, например, нынешние модели зрительного восприятия уже позволяют объяснить не только почему в человеческом мозгу возникают самые разные зрительные иллюзии, но и почему подобные иллюзии возникнут в любой рациональной машине, если поставить перед ней ту же самую вычислительную проблему⁷¹. Наука о сознании уже дает объяснение важным фрагментам нашего субъективного опыта, и я не вижу на этом ее пути никаких ограничений.

Близкий довод философского плана звучит так: как бы мы ни старались создать имитацию мозга, всем нашим программам будет не хватать главного свойства человеческого сознания, а именно свободы воли. Для некоторых словосочетание «машина со свободой воли» — оксюморон, поскольку машина детерминистична: ее действия предопределены внутренним устройством и изначальным состоянием. Она может действовать непредсказуемо ввиду неточности измерений и хаоса, но не способна сойти с причинно-следственного пути, который продиктован ей ее же физическим устройством. Этот детерминизм не оставляет места личной свободе. Как писал поэт и философ Лукреций в I веке до н. э.:

Если ж движения все непрерывную цепь образуют
И возникают одно из другого в известном порядке,
И коль не могут путем отклонения первоначала
Вызвать движений иных, разрушающих рока законы,
Чтобы причина не шла за причиною испокон веку,

Как у созданий живых на земле не подвластная року,
Как и откуда, скажи, появилась свободная воля?⁷²

(Пер. Ф. Петровского)

Даже самых передовых современных ученых эта проблема озадачивает настолько, что они ищут спасения в новейших законах физики. Отыскать недостающий компонент свободы, утверждают они, поможет только квантовая механика. Одним из таких скептиков был Джон Экклс (1903—1997), получивший в 1963 году Нобелевскую премию за открытия, касающиеся химических механизмов передачи сигналов в синапсах. С его точки зрения, главная задача нейробиологии заключалась в том, чтобы выяснить, «каким образом личность контролирует мозг» («Личность и мозг» — так назывался один из его трудов)⁷³ — спорный вопрос, отдающий к тому же дуализмом. В конце концов Экклс пришел к ничем не обоснованному выводу, что нематериальные мысли воздействуют на материальный мозг за счет изменения вероятности квантовых событий на синапсах.

Еще один блестящий современный ученый, знаменитый физик сэра Роджера Пенроуза, считает, что сознание и свобода воли существуют на основе механизмов квантовой механики⁷⁴. Совместно с анестезиологом Стюартом Хамероффом Пенроуз разработал причудливую теорию, в которой мозг предстает эдаким квантовым компьютером. Квантовая физическая система способна находиться во многих состояниях одновременно, и мозг использует эту ее способность для исследования практически бесконечного числа вариантов в конечное время — так можно объяснить, каким образом математики ухитряются разобраться в теореме Гёделя.

К сожалению, все эти гротескные предположения не имеют под собой серьезной научной основы из области нейробиологии или когнитивистики. Знание о том, что разум выбирает свои действия «произвольно», нуждается, конечно, в подкреплении фактами, однако квантовая физика — современная версия «движений непрерывной цепи», о которой писал Лукреций, — тут не подмога. Большинство физиков согласны с тем, что омываемый теплой кровью мозг не способен к квантовым вычислениям, ведь для них требуются низкие температуры, позволяющие избежать быстрой утраты квантовой когерентности. Да и декогерентность квантов обычно происходит значительно быстрее (одна фемтосекунда, 10^{-15}), нежели мы успеваем осознать те или иные аспекты внешнего мира.

А самое главное — даже если бы квантовые явления и влияли на деятельность мозга, такое их неотъемлемое качество, как непредсказуемость, едва ли могло бы сыграть роль того, что мы называем свободой воли. Как разумно утверждает Дэн Деннет, случайность в чистом виде не дала бы нам «сколь-либо стоящей свободы»⁷⁵. Едва ли мы пожелали бы, чтобы наши тела хаотично сотрясались от неконтролируемых разрядов, генерируемых на субатомном уровне. Получилось бы что-то вроде тиков и подергиваний, которыми страдают больные синдромом Туретта. Можно ли представить себе что-либо более далекое от нашей концепции свободы?

Говоря о «свободе воли», мы, как правило, имеем в виду другую, куда более интересную свободу. Свобода воли означает, что в соответствующих обстоятельствах мы вольны принимать решения на основе высокоуровневых мыслей, ценностей, убеждений и прошлого опыта, а также держать под контролем нежелательные низкоуровневые импульсы. Принимая решение, мы совершаем акт свободы воли — рассматриваем все возможные варианты, взвешиваем их и выбираем наиболее предпочтительный. К добровольному выбору может примешиваться некоторая доля случайности, однако случайность здесь — далеко не главное. Как правило, наши преднамеренные действия совершаются отнюдь не случайно: мы тщательно изучаем возможности и сознательно выбираем ту, которая нравится нам больше.

Эта концепция свободы воли не требует применения квантовой физики и вполне может быть реализована на стандартном компьютере. Глобальное нейронное рабочее пространство позволяет нам собирать необходимую информацию из текущих ощущений и из воспоминаний, синтезировать ее, оценивать ее последствия, обдумывать все это столько времени, сколько мы пожелаем, и, наконец, использовать внутренние рассуждения для того, чтобы они руководили нашими действиями. Это мы и называем волевым решением.

Таким образом, рассуждая о свободе воли, мы должны четко различать два свойства, которые приписываем своим решениям: их фундаментальную неопределенность (сомнительно) и их автономность (вполне адекватно). Мозг приходит в то или иное состояние по вполне определенным причинам, и законы физики тут обойти невозможно — по крайней мере, никому еще не удавалось. Однако если мы принимаем решения сознательно, автономно, без каких-либо помех, взвешивая за и против прежде, чем сделать окончательный выбор, — значит, мы в своих решениях свободны. Вполне корректно говорить о собственном решении,

даже если оно было принято под влиянием генов, опыта и ценностных функций, которые под их воздействием зафиксировались в наших нейронных цепочках. Да, из-за флюктуаций спонтанной мозговой активности наши решения могут быть непредсказуемыми, даже для нас. Однако эта непредсказуемость вовсе не является определяющим свойством свободной воли, и с абсолютной непредопределенностью ее путать тоже не стоит. В зачет идет только автономное принятие решений.

Таким образом, я полагаю, что «машина, наделенная свободой воли» — это не оксюморон, а просто краткое описание того, чем являемся мы сами. И мне совсем не трудно вообразить искусственное устройство, способное волевым усилием принимать решение о дальнейших действиях. Даже если архитектура нашего мозга абсолютно детерминистична, как та же самая компьютерная стимуляция, мы все равно можем утверждать, что она обладает свободой воли в том или ином виде. Всякий раз, когда нейронная структура действует автономно и преднамеренно, мы можем назвать ее «свободным разумом» — и, когда мы сумеем разобрать ее на части и собрать заново, сможем и воспроизвести ее в искусственных машинах.

В общем, в концепцию наделенной сознанием машины вполне вписываются и квалиа, и свобода воли. Всесторонне исследовав сознание и мозг, мы понимаем теперь, как аккуратно следует относиться к собственным представлениям о том, что может и чего не может сложная нейронная машинерия. Объемы информации, обрабатываемой развитой сетью из шестнадцати миллиардов кортикальных нейронов, так велики, что не поддаются никакому воображению. Наши нейроны непрестанно и частью автономно пульсируют, создавая наш внутренний мир. В зависимости от нашего настроения, целей и воспоминаний они по-разному реагируют на один и тот же сенсорный стимул. Нейронные коды сознания у каждого мозга свои. И хотя нейроны, отвечающие за кодирование цвета, формы или движения, у нас у всех одинаковы, складывающиеся из них структуры являются результатом долгого процесса развития, в ходе которого мозг приобретает уникальность, а действующие и бездействующие синапсы складываются и образуют нашу индивидуальность.

Нейронный код, возникающий на стыке генетических особенностей, прошлого опыта и случайности, уникален в каждый момент и для каждого человека. Немыслимое множество возможных состояний дает исток богатому миру внутренних репрезентаций, которые связаны с окружающим миром, однако не зависят от него всецело. Субъективное чувство боли,

красоты, желания или сожаления связано с нейронными аттракторами, которые сохраняют стабильность на этом динамичном фоне. Эти чувства абсолютно субъективны, потому что мозг вплетает входящие данные в ткань прошлых воспоминаний и будущих целей и тем обогащает поступающую сенсорную информацию дополнительным слоем личных данных.

Так возникает «запоминаемое настоящее»⁷⁶, индивидуальный шифр происходящего здесь и сейчас, дополненный воспоминаниями и прогнозами, постоянный источник восприятия происходящего от первого лица — наполненный сознанием внутренний мир.

И вот эта сложнейшая биологическая машина работает у вас в мозгу прямо сейчас. Закройте книгу, подумайте о собственном существовании — и принявшиеся за дело совокупности нейронов в буквальном смысле слова примутся формировать ваш разум.

Благодарности

Мои теории относительно сознания возникли не на пустом месте. Последние тридцать лет я провел в щедрой на идеи среде, в окружении своих прекрасных коллег, со многими из которых мы стали друзьями. Троице из них я признателен в особенности. В начале 1990-х мой наставник Жан-Пьер Шанжо впервые высказал мысль о том, что загадка сознания может быть не так уж неразрешима и что мы можем попробовать разрешить ее посредством эмпирических и теоретических методов. Затем мой друг Лоран Коэн познакомил меня со множеством разнообразных нейропсихологических явлений, которые подходили к этому случаю. Он же свел меня с Лайонелом Наккашем, в те годы молодым студентом-медиком, а ныне выдающимся неврологом и нейробиологом-когнитивистом, вместе с которым мы подробнейшим образом исследовали процессы, происходящие глубоко на сублиминальном уровне. Наше сотрудничество и наши разговоры не прерывались никогда. Жан-Пьер, Лоран, Лайонел — спасибо вам за дружбу и постоянную поддержку.

Главным местом моих исследований в области сознания стал Париж. Моя лаборатория много выиграла от его животворной, насыщенной идеями среды. Особенную благодарность я испытываю, когда вспоминаю об интереснейших беседах с Патриком Кавано, Сидом Куидером, Джеромом Сакуром, Этьеном Коэлином, Кевином О’Реганом и Матиасом Пессильоном. Творческую струю и новый приток энергии в лабораторию привнесли многие замечательные студенты и постдоки, работавшие на гранты фонда Фиссена или на стипендию, предоставляемую в рамках великолепной магистратуры когнитивистики Эколь Нормаль Суперьер. Я благодарю своих студентов-магистрантов Люси Чарлз, Антуана Дель Куля, Рафаэля Гейяра, Жана Реми Кинга, Клэр Серджент, Мелани Штраусс, Линн Уриг, Кэтрин Ваконь и Валентина Виара, а также коллег-пост-докторантов Тристана Бекинштайна, Флорис де Ландж, Себастьяна Марти, Кимихиро Накамуру, Моти Солти, Аарона Шургера, Джакобо Ситта, Саймона ван Гааля и Филипа ван Опсталя за бесконечный поток вопросов и идей. Моя особая благодарность адресована Мариано Зигману за десять лет плодотворного сотрудничества, щедрого обмена идеями и просто дружбы.

Открытия в области сознания происходят в самых разных сферах, лабораториях, исследовательских группах по всему миру. Я рад, что могу поблагодарить за интереснейшие беседы таких людей, как Бернанд Баарс

(из разговоров с ним родился первый вариант теории глобального рабочего пространства), Моше Бар, Эдоардо Бизиах, Олаф Бланке, Нед Блок, Антонио Дамасио, Дэн Деннет, Дерек Дентон, Джерри Эдельман, Паскаль Фрайс, Карл Фристон, Крис Фрит, Ута Фрит, Мел Гудейл, Тони Гринвальд, Джон Дилан Хейнс, Бийю Джейд Хэ, Ненси Кэнвишер, Маркус Кифер, Кристоф Кош, Виктор Ламм, Доминик Лами, Хокван Лау, Стив Лори, Никое Логотетис, Люсия Меллони, Эрл Миллер, Адриан Оуэн, Джозеф Парвици, Дэн Поллен, Майкл Познер, Алекс Пуже, Маркус Райхле, Джерент Рис, Пьетер Роэльфзема, Нико Шифф, Майк Шадлен, Тим Шаллис, Кимрон Шапиро, Вольф Зингер, Элизабет Шпельке, Джулио То-нони, Вим Вандуффель, Ларри Вайскранц, Марк Вильямс и многие другие.

Спонсорами моих исследований долгое время выступали Национальный институт здоровья и медицинских исследований (INSERM), Комиссариат по атомной энергетике и альтернативным энергоисточникам (СЕА), Колледж де Франс, Университет Пари-Сюд и Европейский совет по научным исследованиям. Благодаря центру NeuroSpin, возглавляемому Денисом Ле Бианом и расположенному на юге Парижа, мы получили превосходнейшее место для работы над нашей крайне неоднозначной темой. Здесь я хочу поблагодарить за поддержку и советы моих коллег из центра, в том числе Жилия Блоша, Жана Робера Девера, Люси Херц-Панье, Бешира Джараяя, Андреаса Кляйншмидта, Жан-Франсуа Манжана, Бертрана Тириона, Гаэля Вароко и Вирджини ван Вассенхоф.

Во время работы над книгой я пользовался гостеприимством и других учреждений, из которых следует особо отметить Институт специальных исследований Питера Уолла (Ванкувер), Университет Маккуори (Сидней), Институт специальных исследований IUSS (Павия), Foundation des Treilles (юг Франции), Папскую академию наук (Ватикан), а также Ля-Шуанньер и Ля-Тринитен — известные лишь нашей семье места, где были написаны многие из прочитанных вами строк.

Побудили меня написать эту книгу мой агент Джон Брокман и его сын Макс Брокман. Мелани Тортороли из издательства Viking проявила безграничное терпение, правя многочисленные варианты рукописи. Мои благодарности Сиду Куидеру и Лайонелу Наккашу — за острый и благосклонный глаз.

И последней — по порядку, но не по важности — я хочу поблагодарить мою жену Гислен Деан-Ламберц, которая не только поделилась со мной своими поразительными познаниями обо всем, что касается мозга и разума младенца, но и той любовью и нежностью, которые наполняют смыслом все мое сознательное существование.

Примечания

Вступление. Материя мысли

1. Jouvett 1999, 169—171.
2. Damasio 1994.
3. James 1980, гл. 5.
4. Цитаты из Декарта приведены по «Трактату о человеке», который был написан в 1632—1633 гг. и впервые опубликован в 1662-м. Перевод на английский: Descartes 1985.
5. Можно с уверенностью утверждать, что Декарт, помимо всего прочего, боялся конфликта с церковью. В 1600 году, когда сожгли Джордано Бруно, Декарту было всего четыре года, а в его тридцать семь, в 1633 году, аналогичной судьбы едва-едва избежал Галилей. Декарт позаботился о том, чтобы его главная работа *Le Monde* («Мир»), содержащая крайне редукционистскую главу *L'homme* («Человек»), не была напечатана при его жизни. Умер он в 1650-м, а книга увидела свет только в 1664-м. Аллюзии, но лишь частичные, на эту книгу встречаются в его «Рассуждении о методе» (1637) и «Страстях души» (1649). Страхи Декарта были не напрасны: в 1663 году Ватикан официально внес его труды в Индекс запрещенных книг. Таким образом, настойчивое утверждение Декартом нематериальности души могло отчасти объясняться его желанием спасти собственную жизнь.
6. Michele de Montaigne, «The Complete Essays», перевод на англ. Майкла Эндрю Скрича (New York: Penguin, 1987), 2:12.
7. Напр., Posner and Snyder 1975/2004; Shallice 1979; Shallice 1972; Marcel 1983; Libet, Alberts, Wright, and Feinstein 1967; Bisiach, Luzzatti, and Perani 1979; Weiskrantz 1986; Frith 1979; Weiskrantz 1997.
8. Baars 1989.
9. Watson 2013.
10. Nisbett and Wilson 1977; Johansson, Hall, Sikstrom, and Olsson 2005.
11. Философ Дэниел Деннет называет этот подход «гетерофеноменологией» (Dennett 1991).

1. Сознание на лабораторном столе

1. Crick and Koch 1990a; Crick and Koch 1990b. Разумеется, роль редуционистических исследований сознания подчеркивали ранее и другие психологи и нейробиологи (см. Churchland 1986; Changeux 1983; Vaars 1989; Weiskrantz 1986; Posner 1975/2004; Shallice 1972). Однако я считаю, что работы Крика и Коша, людей крайне практичных, сыграли важную роль и привлекли внимание многих исследователей к изучению сознания.

2. Kim and Blake 2005.

3. Posner 1994.

4. Wyart, Dehaene, and Tallon—Baudry 2012; Wyart and Tallon—Baudry 2008.

5. Gallup 1970.

6. Plotnik, de Waal, and Reiss 2006; Prior, Schwarz, and Gunturkun 2008; Reiss and Marino 2001.

7. Epstein, Lanza, and Skinner 1981.

8. Подробно о тесте с зеркалом см. Suddendorf and Butler 2013.

9. Hofstadter 2007.

10. Comte 1830—1842.

11. Для описания простой формы сознания, при наличии которой мы получаем доступ к сенсорным ощущениям, некоторые ученые используют термин «осознанность» (awareness), однако я называю это «доступом сенсорной информации в сознательное восприятие». В большинстве словарей понятие «осознанность» трактуется значительно шире, и даже современные авторы обычно используют «осознанность» (awareness) и «пребывание в сознании» (consciousness) как синонимы. В этой книге я также использую эти понятия как синонимы, однако даю гораздо более точное определение таким терминам, как «внимание», «бодрствование», «активное внимание», «осознание себя» и «метапознание».

12. Vaars 1989.

13. Schneider and Shiffrin 1977; Shiffrin and Schneider 1977; Posner 1975/2004; Raichle, Fiesz, Videen, and MacLeod 1994; Chein and Schneider 2005.

14. New and Scholl 2008; Ramachandran and Gregory 1991.

15. Leopold and Logothetis 1996; Logothetis, Leopold, and Sheinberg 1996; Leopold and Logothetis 1999. Это первые исследования в данной области, которые позже были воспроизведены и дополнены более сложной техникой «флеш-подавления», позволяющей более точно контролировать момент подавления образа (см., например, Maier, Wilke, Aura, Zhu, Ye, and Leopold 2008; Wilke, Logothetis, and Leopold 2006; Fries, Schroder, Roelfsema, Singer and Engel 2002). Кроме того, некоторые

экспериментаторы применяли для исследования нейронной реакции людей на виденные, но незамеченные образы методы нейровизуализации (например, Srinivasan, Russell, Edelman, and Tononi 1999; Lumer, Friston, and Rees, 1998; Haynes, Deichmann, and Rees 2005; Haynes, Driver, and Rees 2005).

16. Wilke, Logothetis, and Leopold 2003; Tsutchiya and Koch 2005.
17. Chong, Tadin, and Blake 2005; Chong and Blake 2006.
18. Zhang, Jamison, Engel, He, and He 2001; Brascamp and Blake 2012.
19. Zhang, Jamison, Engel, He, and He 2011.
20. Brascamp and Blake 2012.
21. Raymond, Shapiro, and Arnell 1992.
22. Marti, Sigman, and Dehaene 2012.
23. Chun and Potter, 1995.
24. Telford 1931; Pashler 1984; Pashler 1994; Sigman and Dehaene 2005.
25. Marti, Sackur, Sigman, and Dehaene, Pegado, Braga, Ventural, Nunes Filho, Jobert, Dehaene—Lambertz et al. 2010; Corallo, Sackur, Dehaene, and Sigman 2008.
26. Marti, Sigman, and Dehaene 2012; Wong 2002; Jolicoeur 1999.
27. Mack and Rock 1998.
28. Simons and Chabris 1999. См. запись по адресу <http://www.youtube.com/watch?v=vjG698U2Mvo>.
29. Rensink, O'Regan, and Clark 1997. Описание более свежих исследований корреляции поведения и мозга с фиксацией перемен с применением данного метода см. у Beck, Rees, Frith, and Lavie 2001; Landman, Spekreijse, and Lamme 2003; Simons 2005 and Ambinder; Beck, Muggleton, Walsh, and Lavie 2006; Reddy, Quiroga, Wilken, Koch, and Fried 2006.
30. Johansson, Hall, Sikstrom, and Olsson, 2005.
31. См. запись по адресу <http://www.youtube.com/watch?v=ubNF9QNEQLA>.
32. На эту тему см. Simons and Ambinder 2005; Landman, Spekreijse, and Lamme 2003; Block 2007.
33. Woodman and Luck 2003; Giesbrecht and Di Lollo 1998; Di Lollo, Enns, and Rensink 2000.
34. Del Cul, Dehaene, and Leboyer 2006; Gaillard, Del Cul, Naccache, Vinckier, Cohen, and Dehaene 2006; Del Cul, Baillet, and Dehaene 2007; Del Cul, Dehaene, Reyes, Bravo, and Slachevsky 2009; Sergent and Dehaene, 2004.
35. Dehaene, Naccache, Cohen, Lc Bihan, Mangin, Poline, and Riviere 2001.

36. Del Cul, Dehaene, Reyes, Bravo, and Slachevsky 2009; Charles, van Opstal, Marti and Dehaene 2013.
37. Dehaene and Naccache 2001.
38. Ffytche, Hoard, Brammer, David, Woodruff, and Williams 1998.
39. Kruger and Dunning 1999; Johansson, Hall, Sikstrom, and Olsson 2005; Nisbett and Wilson 1977.
40. Dehaene 2009; Dehaene, Naccache, Cohen, Le Bihan, Mangin, Poline, and Rivière 2001.
41. Blanke, Landis, Spinelli, and Seeck 2004; Blanke, Ortigue, Landis, and Seeck 2002.
42. Lenggenhager, Mouthon, and Blanke 2009; Lenggenhager, Tadi, Metzinger, and Blanke 2007. См. также Ehrsson 2007. Предшественницей этого эксперимента можно назвать знаменитую иллюзию «резиновой руки». См. Botvinick and Cohen 1998; Ehrsson, Spence, and Passingham 2004.
43. В результате сделанного недавно открытия выяснилось, что различные парадигмы не обязательно блокируют доступ в сознательный опыт на одном и том же этапе. Так, конкуренция между глазами, видящими разные изображения, влияет на обработку зрительных данных раньше, чем маскировка. Almeida, Mahon, Nakayama, and Caramazza 2008; Breitmeyer, Koc, Ogmen, and Ziegler 2008. Таким образом, для понимания необходимых и достаточных условий возникновения доступа в сознательный опыт обязательно требуется сравнение множественных парадигм.

2. Проверить подсознания глубины

1. Подробное описание истории идеи бессознательного см. у Ellenberg 1970.
2. Gauchet 1992.
3. Ясный и подробный рассказ о развитии нейробиологии см. у Finger 2001.
4. Howard 1996.
5. Там же.
6. Maudsley 1868.
7. James 1890, 211 и 208. См. Ellenberger 1970 and Weinberger 2000.
8. Vladimir Nabokov, Strong Opinions (1990), 66.
9. Ledoux 1996.
10. Weiskrantz 1997.
11. Sahraie, Weiskrantz, Barbur, Simmons, Williams, and Brammer 1997.

См. также Morris, DeGelder, Weiskrantz, and Dolan 2001.

12. Morland, Le, Carroll, Hoffmann, and Pambakian 2004; Schmid, Mrowka, Turchi, Sauinders, Wilke, Peters, Ye, and Leopold 2010; Schmid, Panagiotaropoulos, Augath, Logotheds, and Smimakis 2009; Goebel, Muckli, Zanella, Singer, and Stoerig 2001.

13. Goodale, Milner, Jakobson, and Carey 1991; Milner and Goodale 1995.

14. Marshall and Halligan 1988.

15. Driver and Vuilleumier 2001; Vuilleumier, Sagiv, Hazeltine, Poldrack, Swick, Rafal, and Gabrieli 2001.

16. Sackur, Naccache, Pradat-Dichl, Azouvi, Mazevet, Katz, Cohen, and Dehaene 2008; McGlinchey-Berroth, Milberg, Verfaellie, Alexander, and Kilduff 1993.

17. Marcel 1983; Forster 1998; Forster and Davis 1984. Многие современные эксперименты с сублиминальным праймингом описаны у Kouider and Dehaene 2007.

18. Bowers, Vigliocco, and Haan 1998; Forster and Davis 1984.

19. Dehaene, Naccache, LeClec'H, Koechlin, Mueller, Dehaene-Lambertz, van de Moortele, and Le Bihan 1998; Dehaene, Naccache, Cohen, Le Bihan, Mangin, Poline, and Riviere 2001.

20. Dehaene 2009.

21. Dehaene and Naccache 2001 or Dehaene, Naccache, Cohen, Le Bihan, Mangin, Poline, and Rivière 2001; Dehaene, Jobert, Naccache, Ciuciu, Poline, Le Bihan, and Cohen 2004.

22. Goodale, Milner, Jakobson, and Carey 1991; Milner 1995.

23. Kanwisher 2001.

24. Treisman and Gelade 1980; Kahneman and Treisman 1984; Treisman and Souther 1986.

25. Crick 2003; Singer 1998.

26. Finkel and Edelman 1989; Edelman 1989.

27. Dehaene, Jobert, Naccache, Ciuciu, Poline, Le Bihan, and Cohen 2004.

28. Например, Henson, Mouchlianitis, Matthews, and Kouider 2008; Kouider, Eger, Dolan, and Henson 2009; Dell'Acqua and Grainger 1999.

29. de Groot and Gobet 1996; Gobet and Simon 1998.

30. Kiesel, Kunde, Pohl, Berner, and Hoffmann 2009.

31. McGurk and MacDonald 1976.

32. Демонстрацию иллюзии Макгурка см. по адресу: <http://www.youtube.com/watch?v=jtsfidRq2tw>.

33. Hasson, Skiper, Nusbaum, and Small 2007.

34. Singer 1998.

35. Tsunoda, Yamane, Nishizaki, and Tanifuji 2001; Baker, Behrmann, and Olson 2002; Brincat and Connor 2004.

36. Dehaene 2009; Dehaene, Pegado, Braga, Ventural, Nunes Filho, Jobert, Dehaene-Lambertz et al. 2010.

37. Davis, Coleman, Absalom, Rodd, Johnsrude, Matta, Owen, and Menon 2007.

38. Значительно раньше был произведен эксперимент Сидиса, продемонстрировавший, что буква или цифра бывают названы с точностью большей, нежели случайная, в тех случаях, когда их размещают очень далеко от зрителя и тот утверждает, что ничего не видел. Sidis 1898.

39. Broadbent 1962.

40. Moray 1959.

41. Lewis 1970.

42. Marcel 1983.

43. Marcel 1980.

44. Schvaneveldt and Meyer 1976.

45. Holender 1986; Holender and Duscherer 2004.

46. Dell'Acqua and Grainger 1999; Dehaene, Naccache, LeClec'Н, Koechlin, Mueller, Dehaene-Lambertz, van de Moortele, and Le Bihan 1998; Naccache and Dehaene 2001b; Merikle 1992; Merilde and Joordens 1997.

47. Abrams and Greenwald 2000.

48. В принципе, буквы «р-а-д-о-с-т-ь» могут быть напрямую увязаны с моторным откликом. Однако Энтони Гринвальд с коллегами опровергли возможность подобной интерпретации. Когда исследователи поменяли местами рукоятки «положительное» и «отрицательное», испытуемые по-прежнему относили слово «р-а-д-о-с-т-ь» к положительным, несмотря даже на то, что для ответа им приходилось задействовать другую руку. См. Abrams, Klinger, and Greenwald 2002.

49. Dehaene, Naccache, LeClec'Н, Koechlin, Mueller, Dehaene-Lambertz, van de Moortele, and Le Bihan 1998; Naccache and Dehaene 2001a, Naccache and Dehaene 2001b; Greenwald, Abrams, Naccache, and Dehaene 2003; Kouider and Dehaene 2009.

50. Kouider and Dehaene 2009.

51. Naccache and Dehaene 2001b; Greenwald, Abrams, Naccache, and Dehaene 2003.

52. Naccache and Dehaene 2001a.

53. Dehaene 2011.

54. Nieder and Miller 2004; Piazza, Izard, Pinel, Le Bihan, and Dehaene 2004; Piazza, Pinel, Le Bihan, and Dehaene 2007; Nieder and Dehaene 2009.

55. den Heyer and Briand 1986; Koechlin, Naccache, Block, and Dehaene 1999; Reynvoet and Brysbaert 1999; Reynvoet, Brysbaert, and Fias 2002; Reynvoet and Brysbaert 2004; Reynvoet, Gevers, and Caessens 2005.
56. Van den Bussche and Reynvoet 2007; Van den Bussche, Notebaert, and Reynvoet 2009.
57. Naccache, Gaillard, Adam, Hasbou, Clémenceau, Baulac, Dehaene, and Cohen 2005.
58. Morris, Ohman, and Dolan 1999; Morris, Ohman, and Dolan 1998.
59. Kiefer and Spitzer 2000; Kiefer 2002; Kiefer and Brendel 2006.
60. Vogel, Luck, and Shapiro 1998; Luck, Vogel, and Shapiro 1996.
61. van Gaal, Naccache, Meeuwese, van Loon, Cohen, and Dehaene 2013.
62. Об обработке синтаксиса без участия сознания см. Batterink and Neville 2013.
63. Sergent, Baillet, and Dehaene 2005.
64. Cohen, Cavanagh, Chun, and Nakayama 2012; Posner and Rothbart 1998; Posner 1994.
65. Обзор диссоциаций между вниманием и сознанием см. у Koch and Tsuchiya 2007.
66. McCormick 1997.
67. Bressan and Pizzighello 2008; Tsushima, Seitz, and Watanabe 2008; Tsushima, Sasaki, and Watanabe 2006.
68. Posner and Snyder 1975.
69. Naccache, Blandin, and Dehaene 2002; see also Lachter, Forster, and Ruthruff 2004; Kentridge, Nijboer, and Heywood 2008; Kiefer and Brendel 2006.
70. Woodman and Luck 2003.
71. Marti, Sigman, and Dehaene 2012.
72. Pessiglione, Schmidt, Draganski, Kalisch, Lau, Dolan, and Frith 2007.
73. Pessiglione, Petrovic, Daunizeau, Palminteri, Dolan, and Frith 2008.
74. Jaynes 1976,23.
75. Hadamard 1945.
76. Bechara, Damasio, Tranel, and Damasio 1997. Выводы были поставлены под сомнение в работе Maia and McClelland 2004, а позже подтверждены в Persaud, Davidson, Maniscalco, Mobbs, Passingham, Cowey, and Lau 2011.
77. Lawrence, Jollant, O'Daly, Zelaya, and Phillips 2009.
78. Dijksterhuis, Bos, Nordgren, and van Baaren 2006.
79. Yang and Shadlen 2007.
80. de Lange, van Gaal, Lamme, and Dehaene 2011.

81. Van Opstal, de Lange, and Dehaene 2011.
82. Wagner, Gais, Haider, Verleger, and Born 2004.
83. Ji and Wilson 2007; Louie and Wilson 2001.
84. van Gaal, Ridderinkhof, Fahrenfort, Scholte, and Lamme 2008.
85. van Gaal, Ridderinkhof, Scholte, and Lamme 2010.
86. Nieuwenhuis, Ridderinkhof, Blom, Band, and Kok 2001.
87. Lau and Passingham 2007; see also Reuss, Kiesel, Kunde, and Hommel 2011.
88. Lau and Rosenthal 2011; Rosenthal 2008; Bargh and Morsella 2008; Velmans 1991.

3. Зачем нам сознание?

1. Turing 1952.
2. Gould 1974.
3. Gould and Lewontin 1979.
4. Velmans 1991.
5. Nørretranders 1999.
6. Lau and Rosenthal 2011; Velmans 1991; Wegner 2003. Более тонкий подход применяет Бенджамин Лайбет, который утверждает, что сознание не играет никакой роли в инициировании «произвольных» действий, однако способно пресекать их; см. Libet 2004; Libet, Gleason, Wright, and Pearl 1983.
7. Peirce 1901.
8. Pack and Born 2001.
9. Pack, Berezovskii, and Born 2001.
10. Moreno-Bote, Knill, and Pouget 2011.
11. Об этом уже говорилось в главе 1. См. Brascamp and Blake 2012; Zhang, Jamison, Engel, He, and He 2011.
12. Norris 2009; Norris 2006.
13. Schvaneveldt and Meyer 1976.
14. Vul, Hanus, and Kanwisher 2009; Vul 2008; Vul, Nicuwcnstcin, and Kanwisher 2008.
15. Vul and Pashler 2008.
16. Fuster 1973; Fuster 2008; Funahashi, Bruce, and Goldman-Rakic 1989; Goldman-Rakic 1995.
17. Rounis, Maniscalco, Rothwell, Passingham, and Lau 2010; Del Cul, Dehaene, Reyes, Bravo, and Slachevsky 2009.

18. Clark, Manns, and Squire 2002; Clark and Squire 1998.

19. Carter, O'Doherty, Seymoure, Koch, and Dolan 2006. См. также Carter, Hofstotter, Tsuchiya, and Koch 2003. Впрочем, достоверность результатов теста на запоминание сегодня ставится под сомнение, поскольку пройти тест, оказывается, могут даже некоторые пациенты, пребывающие в вегетативном состоянии. См. Bekinschtein, Shalom, Forcato, Herrera, Coleman, Manes, and Sigman 2009; Bekinschtein, Peeters, Shalom, and Sigman 2011.

20. Edelman 1989.

21. Han, O'Tuathaigh, van Trigt, Quinn, Fanselow, Mongeau, Koch, and Anderson 2003.

22. Matder 2005; Greenwald, Draine, and Abrams 1996; Dupoux, de Gardelle, and Kouider 2008.

23. Naccache 2006b.

24. Soto, Matyla, and Silvanto 2011.

25. Siegler 1987; Siegler 1988; Siegler 1989; Siegler and Jenkins 1989.

26. Авторы опубликованного недавно противоречивого отчета сообщают, что люди— участники эксперимента способны были решить даже сложные задачи на вычитание, например, $9 - 4 - 3$, при том что для обеспечения невидимости цифр на другой глаз подавали мелькающие изображения различных геометрических фигур. Sklar, Levy, Goldstein, Mandel, Maril, and Hassin 2012. Впрочем, дизайн исследования не исключает той вероятности, что участники исполняли не все вычисления (например, только $9 - 4$). Даже если дальнейшие исследования подтвердят, что человек способен бессознательно производить подсчеты с несколькими числами, я все же склонен предполагать, что при наличии и отсутствии сознания эта процедура будет происходить по-разному. Сложные вычисления, например поиск среднего для ряда, насчитывающего до восьми чисел, могут происходить параллельно, без участия сознания (De Lange, van Gaal, Lamme, and Dehaene 2011; Van Opstal, de Lange, and Dehaene 2011). И все же медленные, последовательные, гибкие и контролируемые вычисления являются, по всей видимости, прерогативой сознания.

27. Zylberberg, Fernandez Slezak, Roelfsema, Dehaene, and Sigman 2010.

28. Zylberberg, Dehaene, Roelfsema, and Sigman 2011; Zylberberg, Fernandez Slezak, Roelfsema, Dehaene, and Sigman 2010; Zylberberg, Dehaene, Mindlin, and Sigman 2009; Dehaene and Sigman 2012. См. также Shanahan and Baars 2005.

29. Turing 1936.

30. Anderson 1983; Anderson and Lebiere 1998.
31. Ashcraft and Stazyk 1981; Widaman, Geary, Cormier, and Litde 1989.
32. Tombu and Jolicoeur 2003; Logan and Schulkind 2000; Moro, Tolboom, Khayat, and Roelfsema 2010.
33. Sackur and Dehaene 2009.
34. Dehaene and Cohen 2007; Dehaene 2009.
35. Существование людей, наделенных феноменальными способностями к подсчетам в уме, могут поставить под сомнение это заявление. Но я возражу: мы не знаем, в какой степени они задействуют при счете осознанные и намеренные стратегии. В конце концов, для подсчетов им, как правило, требуется несколько секунд концентрации, и в это время отвлекать их нельзя. Эти люди не имеют возможности (или отказываются) вербально описать то, что они делают, однако это отнюдь не означает, что их сознание бездействует на протяжении всего процесса. Так, например, некоторые из них утверждают, что при подсчетах у них всплывают яркие визуальные образы цифровых стрелок или календарей. Howe and Smith 1988.
36. Sakur and Dehaene 2009.
37. de Lange, van Gaal, Lamme, and Dehaene 2011.
38. Van Opstal, de Lange, and Dehaene 2011.
39. Dijksterhuis, Bos, Nordgren, and van Baaren 2006.
40. de Lange, van Gaal, Lamme, and Dehaene 2011.
41. Levelt 1989.
42. Reed and Durlach 1998.
43. Dunbar 1996.
44. Bahrami, Olsen, Latham, Roepstorff, Rees, and Frith 2010.
45. Buckner, Andrews-Hanna, and Schacter 2008.
46. Yokoyama, Miura, Watanabe, Takemoto, Uchida, Sugiura, Hone, et al. 2010; Kikyo, Ohki, and Miyashita 2002; см. также Rounis, Maniscalco, Rothwell, Passingham, and Lau 2010; Del Cul, Dehaene, Reyes, Bravo, and Slachevsky 2009; Fleming, Weil, Nagy, Dolan, and Rees 2010.
47. Saxe and Powell 2006; Perner and Aichhorn 2008.
48. Ochsner, Knierim, Ludlow, Hanelin, Ramachandran, Glover, and Mackey 2004; Vogeley, Bussfeld, Newen, Herrmann, Happe, Falkai, Maier, et al. 2001.
49. Jenkins, Macrae, and Mitchell 2008.
50. Ricoeur 1990.
51. Frith 2007.
52. Marti, Sackur, Sigman, and Dehaene 2010; Corallo, Sackur, Dehaene,

and Sigman 2008.

4. Автографы сознательной мысли

1. Ogawa, Lee, Kay, and Tank 1990.
2. Grill-Spector, Kushnir, Hendler, and Malach 2000.
3. Dehaene, Naccache, Cohen, Le Bihan, Mangin, Poline, and Riviere 2001.
4. Naccache and Dehaene 2001a.
5. Dehaene, Naccache, Cohen, Le Bihan, Mangin, Poline, and Riviere 2001. Аналогичные наблюдения сделали Никос Логотезис с коллегами при использовании техники записи импульсов одного нейрона бодрствующей обезьяны; см. Leopold and Logothetis 1996; Logothetis, Leopold, and Sheinberg 1996; Logothetis 1998.
6. Dehaene, Naccache, Cohen, Le Bihan, Mangin, Poline, and Rivière 2001. См. также Rodriguez, George, Lachaux, Martinerie, Renault, and Varela 1999; Varela, Lachaux, Rodriguez, and Martinerie 2001 - аналогичные предположения, однако с использованием контрастных видимых и невидимых стимулов.
7. Sadaghiani, Hesselmann, and Kleinschmidt 2009.
8. van Gaal, Ridderinkhof, Scholte, and Lamme 2010.
9. Другие примеры активности префронтальной и теменной коры в связи с осознанной произвольной обработкой информации см., например, у Marois, Yi, and Chun 2004; Kouider, Dehaene, Jobert, and Le Bihan 2007; Stephan, Thaut, Wunderlich, Schicks, Tian, Tellmann, Schmitz, et al. 2002; McIntosh, Rajah, and Lobaugh 1999; Petersen, van Mier, Fiez, and Raichle 1998.
10. Sergent, Baillet, and Dehaene 2005.
11. Там же; Sergent and Dehaene 2004.
12. Williams, Baker, Op de Beeck, Shim, Dang, Triantafyllou, and Kanwisher 2008; Roelfsema, Lamme, and Spekreijse 1998; Roelfsema, Khayat, and Spekreijse 2003; Supèr 2001a; Supèr 2001b; Haynes, Driver, and Rees 2005; see also Williams, Visser, Cunnington, and Mattingley 2008.
13. Luck, Vogel, and Shapiro 1996.
14. Нейробиологи различают волну Р3а, которая автоматически генерируется подгруппой областей срединной лобной доли в качестве реакции на странные или неожиданные события, и волну РЗЬ, которая указывает на крайне широко распространившуюся по коре нейронную активность. Волна Р3а может возникать без помощи сознания, однако волна

РЗБ, по всей видимости, однозначно указывает на то, что сознание присутствует.

15. См., например, Lamy, Salti, and Bar-Haim 2009; Del Cul, Baillet and Dehaene 2007; Donchin and Coles 1988; Bekinschtein, Dehaene, Rouhaut, Tadel, Cohen, and Naccache 2009; Picton 1992; Melloni, Molina, Pena, Torres, Singer, and Rodriguez 2007. Обзор см. у Dehaene 2011.

16. Marti, Sackur, Sigman, and Dehaene 2010; Sigman and Dehaene 2008; Marti, Sigman, and Dehaene 2012.

17. Dehaene 2008.

18. Levy and Boer 2006; Strayer, Drews, and Johnston 2003.

19. Pisella, Grea, Tilikete, Vighetto, Desmurget, Rode, Boisson, and Rossetti 2000.

20. Лежащий в основе этого эффекта механизм еще не получил общепринятого объяснения. О связанных с ним спорах см. у Kanai, Carlson, Verstraten, and Walsh 2009; Eagleman and Sejnowski 2007; Krekelberg and Lappe 2001; Eagleman and Sejnowski 2000.

21. Nieuwenhuis, Ridderinkhof, Blom, Band, and Kok 2001.

22. Dehaene, Posner, and Tucker 1994; Gehring, Goss, Coles, Meyer, and Donchin 1993.

23. Представление о том, что сознание включается спустя длительное время после тех или иных событий, впервые было высказано калифорнийским психологом Бенджамином Лайбетом (см. Libet 1991; Libet, Gleason, Wright, and Pearl 1983; Libet, Wright, Feinstein, and Pearl 1979; Libet, Alberts, Wright, and Feinstein 1967; Libet, Alberts, Wright, Delattre, Levin, and Feinstein 1964), который поставил ряд хорошо продуманных экспериментов, далеко обогнав свое время (и это ни в коем случае не сарказм). Так, в 1967 году Лайбет уже отметил, что при бессознательном восприятии в мозгу уже возникает связанный с происходящим импульс, а более поздняя реакция мозга скорее коррелирует с сознанием. См. Libet, Alberts, Wright, and Feinstein 1967; см. также Libet 1965; Schiller and Chorover 1966. К сожалению, Лайбет не ограничивал себя в интерпретации. Вместо того чтобы предложить самую сжатую интерпретацию обнаруженного, он стал ссылаться на нематериальные «ментальные поля» и механизмы обратного течения времени; см. Libet 2004. В результате его работы были восприняты как противоречивые, а сделанные им открытия лишь недавно получили новую возможную интерпретацию с точки зрения нейрофизиологии (см. Schurger, Sitt, and Dehaene 2012).

24. Sergent, Baillet, and Dehaene 2005.

25. Lau and Passingham 2006.
26. Persaud, Davidson, Maniscalco, Mobbs, Passingham, Cowey, and Lau 2011.
27. Lamy, Salti, and Bar-Haim 2009.
28. Dehaene and Naccache 2001.
29. Hebb 1949.
30. Dehaene, Sergent, and Changeux 2003.
31. Dehaene and Naccache 2001.
32. Del Cul, Baillet, and Dehaene 2007.
33. Там же; Del Cul, Dehaene, and Leboyer 2006. Мы сделали аналогичные наблюдения и в других парадигмах: Sergent, Baillet, and Dehaene 2005; Sergent and Dehaene 2004. Прерывистость сознательного восприятия остается под вопросом; см. Overgaard, Rote, Mouridsen, and Ramsøy 2006. Отчасти непонимание может быть связано с неспособностью отличить доступ к конкретному контенту (например, цифре), который либо есть, либо нет, от того факта, что содержание сознания может постепенно меняться (сначала человек видит палочку, потом букву, потом целое слово); см. Kouider, de Gardelle, Sackur, and Dupoux 2010; Kouider and Dupoux 2004.
34. Gaillard, Dehaene, Adam, Clemenceau, Hasboun, Baulac, Cohen, and Naccache 2009; Gaillard, Del Cul, Naccache, Vinckier, Cohen, and Dehaene 2006; Gaillard, Naccache, Pinel, Clemenceau, Voile, Hasboun, Dupont, et al., 2006.
35. Fisch, Privman, Ramot, Harel, Nir, Kipervasser, Andelman, et al. 2009; Quiroga, Mukamel, Isham, Malach, and Fried 2008; Kreiman, Fried, and Koch 2002.
36. Gaillard, Dehaene, Adam, Clemenceau, Hasboun, Baulac, Cohen, and Naccache 2009.
37. Fisch, Privman, Ramot, Harel, Nir, Kipervasser, Andelman, et al. 2009.
38. Gaillard, Dehaene, Adam, Clemenceau, Hasboun, Baulac, Cohen, and Naccache 2009; Fisch, Privman, Ramot, Harel, Nir, Kipervasser, Andelman, et al. 2009; Aru, Axmacher, Do Lam, Fell, Eger, Singer, and Melloni 2012.
39. Whittingstall and Logothetis 2009; Fries, Nikolic, and Singer 2007; Cardin, Carlen, Meletis, Knoblich, Zhang, Deisseroth, Tsai, and Moore 2009; Buzsáki 2006.
40. Fries 2005.
41. Womelsdorf, Schoffelen, Oostenveld, Singer, Desimone, Engel, and Fries 2007; Fries 2005; Varela, Lachaux, Rodriguez, and Martinerie 2001.
42. Rodriguez, George, Lachaux, Martinerie, Renault, and Varela 1999; Gaillard, Dehaene, Adam, Clemenceau, Hasboun, Baulac, Cohen, and Naccache

2009; Gross, Schmitz, Schnitzler, Kessler, Shapiro, Hommel, and Schnitzler 2004; Melloni, Molina, Pena, Torres, Singer, and Rodriguez 2007.

43. Varela, Lachaux, Rodriguez, and Martinerie 2001.

44. He, Snyder, Zempel, Smyth, and Raichle 2008; He, Zempel, Snyder, and Raichle 2010; Canolty, Edwards, Dalai, Soltani, Nagarajan, Kirsch, Berger, et al. 2006.

45. Gaillard, Dehaene, Adam, Clemenceau, Hasboun, Baulac, Cohen, and Naccache 2009.

46. Pins and Ffytche 2003; Palva, Linkenkaer-Hansen, Naatanen, and Palva 2005; Fahrenfort, Scholte, and Lamme 2007; Railo and Koivisto 2009; Koivisto, Lahteenmaki, Sorensen, Vangkilde, Overgaard, and Revonsuo 2008.

47. van Aalderen-Smeets, Oosstenveld, and Schwarzbach 2006; Lamy, Salti, and Bar-Haim 2009.

48. Wyart, Dehaene, and Tallon-Baudry 2012.

49. Palva, Linkenkaer-Hansen, Naatanen, and Palva 2005; Wyart and Tallon-Baudry 2009; Boly, Balteau, Schnakers, Degueldre, Moonen, Luxen, Phillips, et al. 2007; Supér, van der Togt, Spekreijse, and Lamme 2003; Sadaghiani, Hesselmann, Friston, and Kleinschmidt 2010.

50. Nieuwenhuis, Gilzenrat, Holmes, and Cohen 2005.

51. Травма ядер стволовой части мозга близ голубого пятна может привести к коме; см. Parvizi and Damasio 2003.

52. Haynes 2009.

53. Shady, MacLeod, and Fisher 2004; Krolak-Salmon, Henaff, Tallon-Baudry, Yvert, Guenot, Vighetto, Mauguier, and Bertrand 2003.

54. MacLeod and He 1993; He and MacLeod 2001.

55. Quiroga, Kreiman, Koch, and Fried 2008; Quiroga, Mukamel, Isham, Malach, and Fried 2008.

56. Wyler, Ojemann and Ward 1982; Heit, Smith, and Halgren 1988.

57. Fried, MacDonald, and Wilson 1997.

58. Quiroga, Kreiman, Koch, and Fried 2008; Quiroga, Mukamel, Isham, Malach, and Fried 2008; Quiroga, Reddy, Kreiman, Koch, and Fried 2005; Kreiman, Fried, and Koch 2002; Kreiman 2000a; Kreiman 2000b.

59. Quiroga, Reddy, Kreiman, Koch, and Fried 2007.

60. Quiroga, Mukamel, Isham, Malach, and Fried 2008.

61. Kreiman, Fried, and Koch 2002. Данное исследование основано на первой в этой области работе, принадлежащей Никосу Логотезису и Дэвиду Леопольду, исследовавшим макака. Логотезис и Леопольд обучили животных сообщать о случаях сознательного восприятия и параллельно с их сигналами вели запись нейронных импульсов. См. Leopold and

Logothetis 1996; Logothetis, Leopold, and Sheinberg 1996; Leopold and Logothetis 1999.

62. Kreiman, Koch and Fried 2000b.
63. Fisch, Privman, Ramot, Harel, Nir, Kipervasser, Andelman, et al. 2009.
64. Vogel, McCollough, and Machizawa 2005; Vogel and Machizawa 2004.
65. Schurgcr, Pereira, Treisman, and Cohen 2009.
66. Dean and Platt 2006.
67. Derdikman and Moser 2010.
68. Jezek, Henriksen, Treves, Moser, and Moser 2011.
69. Peyrache, Khamassi, Benchenane, Wiener, and Battaglia 2009; Ji and Wilson 2007; Louie and Wilson 2001.
70. Horikawa, Tamaki, Miyawaki, and Kamitani 2013.
71. Thompson 1910; Magnusson and Stevens 1911.
72. Barker, Jalinous, and Freeston 1985; Pascual-Leone, Walsh, and Rothwell 2000; Hallett 2000.
73. Selimbeyoglu and Parvizi 2010; Parvizi, Jacques, Foster, Withoft, Rangarajan, Weiner, and Grill-Spector 2012.
74. Selimbeyoglu and Parvizi 2010.
75. Blanke, Ortigue, Landis, and Seeck 2002.
76. Desmurget, Reilly, Richard, Szathmari, Mottolese, and Sirigu 2009.
77. Taylor, Walsh, and Eimer 2010.
78. Silvanto, Lavie, and Walsh 2005; Silvanto, Cowey, Lavie, and Walsh 2005.
79. Halelamien, Wu, and Shimojo 2007.
80. Silvanto and Cattaneo 2010.
81. Lamme and Roelfsema 2000.
82. Lamme 2006.
83. В работе Zeki 2003 года приводятся доводы в пользу гипотезы «разделенности сознания» и рассуждения о том, что каждая область мозга кодирует явственно выраженную форму «микросознания».
84. Edelman 1987; Sporns, Tononi, and Edelman 1991.
85. Lamme and Roelfsema 2000; Roelfsema 2005.
86. Lamme, Zipser, and Spekreijse 1998; Pack and Born 2001.
87. Koivisto, Railo, and Salminen-Vaparanta 2010; Koivisto, Mantyla, and Silvanto 2010.
88. О слепоте к изменению см. Beck, Muggleton, Walsh, and Lavie 2006. О бинокулярном соперничестве см. Carmel, Walsh, Lavie, and Rees 2010. О слепоте невнимания см. Babiloni, Vecchio, Rossi, De Capua, Bartalini, Ulivelli, and Rossini 2007. О морганин внимания см. Kihara, Ikeda,

Matsuyoshi, Hirose, Mima, Fukuyama, and Osaka 2010.

89. Kanai, Muggleton, and Walsh 2008.

90. Rounis, Maniscalco, Rothwell, Passingham, and Lau 2010. Я считаю, что использованная авторами работы Rounis, Maniscalco, Rothwell, Passingham, and Lau 2010 интенсивная, многократная билатеральная стимуляция непригодна и не должна использоваться, в отличие от надежной и безопасной фокальной моноимпульсной стимуляции. Хотя последствия билатеральной стимуляции сглаживаются в течение последующего часа, в психиатрической практике длительная повторная транскраниальная стимуляция используется для вывода пациента из депрессии в течение месяца ремиссии и имеет выраженное долгосрочное влияние на структуры мозга; см., например, May, Hajak, Ganssbauer, Steffens, Langguth, Kleinjung and Eichhammer, 2007. На данном этапе развития науки я бы не позволил проделывать с моим мозгом ничего подобного.

91. Carlen, Meletis, Siegle, Cardin, Futai, Vierling-Claassen, Ruhlmann, et al. 2011; Cardin, Carlen, Meletis, Knoblich, Zhang, Deisseroth, Tsai, and Moore 2009.

92. Adamantidis, Zhang, Aravanis, Deisseroth, and de Lecea 2007.

5. Теория сознания

1. Dehaene, Kerszberg, and Changeux 1998; Dehaene, Changeux, Naccache, Sackur, and Sergent 2006; Dehaene and Naccache 2001. Теория глобального нейронного рабочего пространства непосредственно связана с более ранней теорией «глобального рабочего пространства», впервые предложенной Бернардом Баарсом в его основополагающей работе Baars 1989. Мы с коллегами пересказали эту теорию через термины, связанные с нейронами, предположив, в частности, что протяженные кортикальные сети играют важную роль в возникновении рабочего пространства: Dehaene, Kerszberg, and Changeux 1998.

2. Taine 1870.

3. Dennett 1991.

4. Dennett 1978.

5. Broadbent 1958.

6. Pashler 1994.

7. Chun and Potter 1995.

8. Shallice 1972; Shallice 1979; Posner and Snyder 1975; Posner and

Rothbart 1998.

9. James 1890.

10. Эта иерархическая структура, о которой особенно много писал британский невролог XIX века Джон Хьюлинг Джексон, в наши дни стала прописной истиной неврологии.

11. van Gaal, Ridderinkhof, Fahrenfort, Scholte, and Lamme 2008; van Gaal, Ridderinkhof, Scholte, and Lamme 2010.

12. Tsao, Freiwald, Tootell, and Livingstone 2006.

13. Dehaene and Naccache 2001.

14. Denton, Shade, Zamarippa, Egan, Blair—West, McKinley, Lancaster, and Fox 1999.

15. Hagmann, Cammoun, Gigandet, Meuli, Honey, Wedeen, and Sporns 2008; Parvizi, Van Hoesen, Buckwalter, and Damasio 2006.

16. Goldman-Rakic 1988.

17. Sherman 2012.

18. Rigas and Castro-Alamancos 2007.

19. Elston 2003; Elston 2000.

20. Elston, Benavides-Piccione, and DeFelipe 2001.

21. Konopka, Wexler, Rosen, Mukamel, Osborn, Chen, Lu, et al. 2012.

22. Enard, Przeworski, Fisher, Lai, Wiebe, Kitano, Monaco, and Paabo 2002.

23. Pinel, Fauchereau, Moreno, Barbot, Lathrop, Zelenika, Le Bihan, et al. 2012.

24. Lai, Fisher, Hurst, Vargha-Khadem, and Monaco 2001.

25. Enard, Gehre, Hammerschmidt, Holter, Blass, Somel, Bruckner, et al. 2009; Vemes, Oliver, Spiteri, Lockstone, Puliyadi, Taylor, and Ho, et al. 2011.

26. Di Virgilio and Clarke 1997.

27. Tononi and Edelman 1998.

28. Hebb 1949.

29. Tsunoda, Yamane, Nishizaki, and Tanifuji 2001.

30. Selfridge 1959.

31. Felleman and Van Essen 1991; Salin and Bullier 1995.

32. Perin, Berger, and Markram 2011.

33. Hopfield 1982; Ackley, Hinton, Sejnowski, Hinton, and Sejnowski 1985; Amit 1989.

34. Crick 2003; Koch and Crick 2001.

35. Tononi 2008. Джулио Тонони предложил математическую формулировку дифференциации и интеграции, позволяющую получить количественный показатель интеграции информации, или Φ . Высокое

значение Ф является необходимым и достаточным условием возникновения сознательной системы: «сознание есть интегрированная информация». Я не могу однозначно высказать свое отношение к данному выводу, поскольку он подразумевает панпсихизм, взгляд, согласно которому любая объединенная внутри себя система, будь то колония бактерий или галактика, в определенной степени обладает сознанием. Кроме того, этот подход не объясняет, почему в человеческом мозгу постоянно происходят сложные, но не затрагивающие сознание процессы обработки зрительной и семантической информации.

36. Meyer and Damasio 2009; Damasio 1989.

37. Edelman 1987.

38. Friston 2005; Kersten, Mamassian, and Yuille 2004.

39. Beck, Ma, Kiani, Hanks, Churchland, Roitman, Shadlen, et al. 2008.

40. Dehaene, Kerszberg, and Changeux 1998; Dehaene, Changeux, Naccache, Sackur, and Sergent 2006; Dehaene and Naccache 2001; Dehaene 2011.

41. Fries 2005; Womelsdorf, Schoffelen, Oostenveld, Singer, Desimone, Engel, and Fries 2007; Buschman and Miller 2007; Engel and Singer 2001.

42. He and Raichle 2009.

43. Rockstroh, Muller, Cohen, and Elbert 1992.

44. Vogel, McCollough, and Machizawa 2005; Vogel and Machizawa 2004.

45. Dehaene and Changeux 2005; Dehaene, Sergent, and Changeux 2003; Dehaene, Kerszberg, and Changeux 1998. На создание имитации нас вдохновила уже существовавшая модель (Lumer, Edelman, and Tononi 1997a; burner, Edelman, and Tononi 1997b), которая, впрочем, имитировала исключительно область ранней зрительной коры. Позже значительно более сложные и реалистичные модели тех же идей были созданы Ариэлем Зильбербергом и Мариано Зигманом в Университете Буэнос-Айреса: Zylberberg, Fernandez Slezak, Roelfsema, Dehaene, and Sigman 2010; Zylberberg, Dehaene, Mindlin, and Sigman 2009. По тому же пути пошли и Нэнси Копелл с коллегами из Бостонского университета — они разработали подробные нейрофизиологические модели кортикальных процессов, причем эти модели могли имитировать сон и воздействие анестезии: Ching, Cimenser, Purdon, Brown, and Kopell 2010; McCarthy, Brown, and Kopell 2008.

46. Позже Ариэль Зильберберг включил в свои модели значительно более обширные сети. См. Zylberberg, Fernandez Slezak, Roelfsema, Dehaene, and Sigman 2010; Zylberberg, Dehaene, Mindlin, and Sigman 2009.

47. В научной литературе можно найти несколько подробных

предположений относительно фазового перехода в связи с анестезией, активным вниманием и сознательным доступом. См. Steyn-Ross, Steyn-Ross, and Sleight 2004; Breshears, Roland, Sharma, Gaona, Freudenburg, Tempelhoff, Avidan, and Leuthardt 2010; Jordan, Stockmanns, Kochs, Pilge, and Schneider 2008; Ching, Cimenser, Purdon, Brown, and Kopell 2010; Dehaene 2005.

48. Portas, Krakow, Allen, Josephs, Armony, and Frith 2000; Davis, Coleman, Absalom, Rodd, Johnsrudc, Matta, Owen, and Menon 2007; Supp, Siegel, Hipp, and Engel 2011.

49. Tsodyks, Kenet, Grinvald, and Aricli 1999; Kenct, Bibitchkov, Tsodyks, Grinvald, and Arieli 2003.

50. He, Snyder, Zempel, Smyth, and Raichle 2008; Raichle, MacLeod, Snyder, Powers, Gusnard, and Shulman 2001; Raichle 2010; Greicius, Krasnow, Reiss, and Menon 2003.

51. He, Snyder, Zempel, Smyth, and Raichle 2008; Boly, Tshibanda, Vanhaudcnhuysc, Noirhomme, Schnakre, Ledoux, Boveroux, et al. 2009; Greicius, Kiviniemi, Tervonen, Vainionpaa, Alahuhta, Reiss, and Menon 2008; Vincent, Patel, Fox, Snyder, Baker, Van Essen, Zempel, et al. 2007.

52. Buckner, Andrews-Hanna, and Schacter 2008.

53. Mason, Norton, Van Horn, Wegner, Grafton, and Macrae 2007; Christoff, Gordon, Smallwood, Smith, and Schooler 2009.

54. Smallwood, Beach, Schooler, and Handy 2008.

55. Dehaene 2005.

56. Sadaghiani, Hesselmann, Friston, and Kleinschmidt 2010.

57. Raichle 2010.

58. Berkes, Orban, Lengyel, and Fiscr 2011.

59. Changeux, Heidmann, and Pattc 1984; Changcux and Danchin 1976; Edelman 1987; Changeux and Dehaene 1989.

60. Dehaene and Changeux 1997; Dehaene, Kerszberg, and Changeux 1998; Dehaene and Changeux 1991.

61. Rougier, Noelle, Braver, Cohen, and O'Reilly 2005.

62. Dehaene, Changeux, Naccache, Sackur, and Sergent 2006.

63. Там же.

64. Sergent, Baillet, and Dehaene 2005; Dehaene, Sergent, and Changeux 2003; Zylberberg, Fernandez Slezak, Roelfsema, Dehaene, and Sigman 2010; Zylberberg, Dehaene, Mindlin, and Sigman 2009.

65. Sergent, Wyart, Babo-Rebello, Cohen, Naccache, and Tallon-Baudry 2012; Marti, Sigman, and Dehaene 2012.

66. См. также Enns and Di Lollo 2000; Di Lollo, Enns, and Rensink 2000.

67. Shady, MacLeod and Fisher 2004; He and MacLeod 2001.
68. Gilbert, Sigman, and Crist 2001.
69. Haynes 2005a; Haynes 2005b; Haynes, Sakai, Rees, Gilbert, Frith, and Passingham 2007.
70. Stettler, Das, Bennett, Gilbert 2002.
71. Gaser and Schlaug 2003; Bengtsson, Nagy, Skare, Foreman, Foresberg, and Ullen 2005.
72. Buckner and Koutstaal 1998; Buckner, Andrews-Hanna, and Schacter 2008.
73. Sigala, Kusunoki, Nimmo-Smith, Gaffan, and Duncan 2008; Saga, Iba, Tanji, Hoshi 2011; Shima, Isoda, Mushiake, and Tanji 2007; Fujii and Graybiel 2003; обзор см. у Dehaene and Sigman 2012.
74. Tyler and Marelen-Wilson 2008; Griffiths, Marelen-Wilson, Stamatakis, and Tyler 2012; Pallier, Devauchelle, and Dehaene 2011; Saur, Scheltcr, Schnell, Kratochvil, Kupper, Kellmeyer, Kummerer, et al. 2010; Fedorenko, Duncan, and Kanwisher 2012.
75. Davis, Coleman, Absalom, Rodd, Johnsrude, Matta, Owen, and Menon 2007.
76. Beck, Ma, Kiani, Hanks, Churchland, Roitman, Shadlen, et al. 2008; Friston 2005; Deneve, Latham, and Pouget 2001.
77. Yang and Shadlen 2007.
78. Izhikevich and Edelman 2008.

6. Последнее испытание

1. Laureys 2005.
2. Leon-Carrion, van Eeckhout, Dominguez-Morales Mdel, and Perez-Santamaria 2002.
3. Schnakers, Vanhaudenhuyse, Giacino, Ventura, Boly, Majerus, Moonen, and Laureys 2009.
4. Smedira, Evans, Grais, Cohen, Lo, Cooke, Schecter, et al. 1990.
5. Laureys, Owen, and Schiff 2004.
6. Pontifical Academy of Sciences 2008.
7. Alving, Moller, Sindrup, and Nielsen 1979; Grindal, Suter, and Martinez 1977; Westmoreland, Klass, Sharbrough, and Reagan 1975.
8. Hanslmayr, Gross, Klimesch, and Shapiro 2011; Capotosto, Babiloni, Romani, and Corbetta 2009.
9. Supp, Siegel, Hipp, and Engel 2011.

10. Jennett and Plum 1972.
11. Jennett 2002.
12. Giacino 2005.
13. Giacino, Kezmarsky, DeLuca, and Cicerone 1991. Сегодня неврологи используют «Пересмотренную шкалу посткоматозного восстановления» (CRS—R) — см. Giacino, Kalmar, and Whyte 2004. Обсуждение и совершенствование данного набора тестов продолжается до сих пор. См., например, Schnakers, Vanhaudenhuyse, Giacino, Ventura, Boly, Majerus, Moonen, and Laureys 2009.
14. Giacino, Kalmar, and Whyte 2004; Schnakers, Vanhaudenhuyse, Giacino, Ventura, Boly, Majerus, Moonen, and Laureys 2009.
15. Bruno, Bernheim, Ledoux, Pellas, Demertzi, and Laureys 2011. См. также Laureys 2005.
16. Owen, Coleman, Boly, Davis, Laureys, and Pickard 2006. Пациентка демонстрировала непостоянную поведенческую реакцию на стимуляцию, поэтому медики не могут договориться о том, можно ли в данном случае говорить о состоянии минимального сознания. Впрочем, даже и в этом случае поразителен контраст между ее поведением и обширной (и в основном нормальной) активностью мозга.
17. См., например, Davis, Coleman, Absalom, Rodd, Johnsrude, Matta, Owen, and Menon 2007; Portas, Krakow, Allen, Josephs, Armony, and Frith 2000.
18. Naccache 2006a; Nachev and Husain 2007; Greenberg 2007.
19. Ropper 2010.
20. Owen, Coleman, Boly, Davis, Laureys, Jolles, and Pickard 2007.
21. Monti, Vanhaudenhuyse, Coleman, Boly, Pickard, Tshibanda, Owen, and Laureys 2010.
22. Cyranoski 2012.
23. Пионером в области декодирования ЭЭГ и интерфейсов мозг—компьютер, безусловно, является Нейле Бирбаумер из Университета Тюбингена. Обзор см. у Birbaumer, Mirgualday, and Cohen 2008.
24. Cruse, Chennu, Chatelle, Bekinschtein, Fernandez-Espejo, Pickard, Laureys, and Owen 2011.
25. Goldfine, Victor, Conte, Bardin, and Schiff 2012.
26. Goldfine, Victor, Conte, Bardin, and Schiff 2011.
27. Chatelle, Chennu, Noirhomme, Cruse, Owen, and Laureys 2012.
28. Hochberg, Bacher, Jarosiewicz, Masse, Simeral, Vogel, Haddadin, et al. 2012.
29. Brumberg, Nieto-Castanon, Kennedy, and Guenther 2010.

30. Squires, Squires, and Hillyard 1975; Squires, Wickens, Squires, and Donchin 1976.

31. Naatanen, Paavilainen, Rinne, and Alho 2007.

32. Wacongne, Changeux, and Dehaene 2012.

33. Реакция рассогласования не указывает на наличие сознания, однако является полезным клиническим признаком: у коматозных пациентов с выраженной реакцией рассогласования вероятность восстановления выше, чем у тех, кто этой реакции не демонстрирует; см. Fischer, Luaute, Adeleine, and Morlet 2004; Kane, Curry, Butler, and Cummins 1993; Naccache, Puybasset, Gaillard, Serve, and Wilier 2005.

34. Bekinschtein, Dehaene, Rohaut, Tadel, Cohen, and Naccache 2009.

35. Там же.

36. Faugeras, Rohaut, Weiss, Bekinschtein, Galanaud, Puybasset, Bolgert, et al. 2012; Faugeras, Rohaut, Weiss, Bekinschtein, Galanaud, Puybasset, Bolgert, et al. 2011.

37. Friston 2005; Wacongne, Labyt, van Wassenhove, Bekinschtein, Naccache, and Dehaene 2011.

38. King, Faugeras, Gramfort, Schurger, El Karoui, Sitt, Wacongne, et al. 2013. См. также Tzovara, Rossetti, Spierer, Grivel, Murray, Oddo, and De Lucia 2012 — авторы этой работы придерживаются аналогичного подхода.

39. Massimini, Ferrarelli, Huber, Esser, Singh, and Tononi 2005; Massimini, Boly, Casali, Rosanova, and Tononi 2009; Ferrarelli, Massimini, Sarasso, Casali, Riedner, Angelini, Tononi, and Pearce 2010.

40. Casali, Gosseries, Rosanova, Boly, Sarasso, Casali, Casarotto, et al. 2013.

41. Rosanova, Gosseries, Casarotto, Boly, Casali, Bruno, Mariotti, et al. 2012.

42. Laureys 2005; Laureys, Lemaire, Maquet, Phillips, and Franck 1999.

43. Schiff, Ribary, Moreno, Beattie, Kronberg, Blasberg, Giacino, et al. 2002; Schiff, Ribary, Plum, and Llinas 1999.

44. Galanaud, Perlberg, Gupta, Stevens, Sanchez, Toillard, de Champfleury, et al. 2012; Tshibanda, Vanhaudenhuyse, Galanaud, Boly, Laureys, and Puybasset 2009; Galanaud, Naccache, and Puybasset 2007.

45. King, Faugeras, Gramfort, Schurger, El Karoui, Sitt, Wacongne, et al. 2012.

46. «Взвешенный показатель символической трансформации» разработан под влиянием ранее предложенного показателя «символично-трансферной энтропии»; см. Staniek and Lehnertz 2008.

47. Sitt, King, El Karoui, Rohaut, Faugeras, Gramfort, Cohen, et al. 2013.

48. Соотношение высоких и низких частот активно используется при вычислении биспектрального индекса — коммерческого метода оценки наличия сознания у пациентов, в том числе под анестезией. Критический обзор см., например, у Miller, Sleight, Barnard, and Steyn-Ross 2004; Schnakers, Ledoux, Majerus, Damas, Damas, Lambermont, Lamy, et al. 2008.

49. Schiff, Giacino, Kalmar, Victor, Baker, Gerber, Fritz, et al. 2007. Первенство авторов этого исследования спорно (Staunton 2008), так как глубокая стимуляция мозга нередко использовалась в работе с пациентами в коме и в вегетативном состоянии начиная с 60-х годов XX века. См., например, Tsubokawa, Yamamoto, Katayama, Hirayama, Maejima, and Moriya 1990. Ответ см. у Schiff, Giacino, Kalmar, Victor, Baker, Gerber, Fritz, et al. 2008.

50. Moruzzi and Magoun 1949.

51. Shirvalkar, Seth, Schiff, and Herrera 2006.

52. Giacino, Fins, Machado, and Schiff 2012.

53. Schiff, Giacino, Kalmar, Victor, Baker, Gerber, Fritz, et al. 2007.

54. Voss, Uluc, Dyke, Watts, Kobylarz, McCandliss, and Heier, et al. 2006.

См. также Sidaros, Engberg, Sidaros, Liptrot, Herning, Petersen, Paulson, et al. 2008.

55. Laureys, Faymonville, Luxen, Lamy, Franck, and Maquet 2000.

56. Matsuda, Matsumura, Komatsu, Yanaka, and Nose 2003.

57. Giacino, Fins, Machado, and Schiff 2012.

58. Brefel-Courbon, Payoux, Ory, Sommet, Slaoui, Raboyeau, Lemesle, et al. 2007.

59. Cohen, Chaaban, and Habert 2004.

60. Schiff 2010.

61. Striem-Amit, Cohen, Dehaene, and Amedi 2012.

7. Будущее сознания

1. Tooley 1983.

2. Tooley 1972.

3. Singer 1993.

4. Diamond and Doar 1989; Diamond and Gilbert 1989; Diamond and Goldman-Rakic 1989.

5. Dubois, Dehaene-Lambertz, Perrin, Mangin, Cointepas, Duchesnay, Le Bihan, and Hertz-Pannier 2007; Jessica Dubois, текущие исследования в лаборатории Unicog, центр NeuroSpin Center, Гифсьюр-Иветт, Франция.

6. Fransson, Skiold, Horsch, Nordell, Blennow, Lagercrantz, and Aden 2007; Doria, Beckmann, Arichi, Merchant, Groppo, Turkheimer, Counsell, et al. 2010; Lagercrantz and Changcux 2010.
7. Mehler, Jusczyk, Lambertz, Halsted, Bertoncini, and Amiel-Tison 1988.
8. Dehaene-Lambertz, Dehaene, and Hertz-Pannier 2002; Dehaene-Lambertz, Hertz-Pannier, and Dubois 2006; Dehaene-Lambertz, Hertz-Pannier, Dubois, Meriaux, Roche, Sigman, and Dehaene 2006; Dehaene-Lambertz, Montavont, Jobert, Alliol, Dubois, Hertz-Pannier, and Dehaene 2009.
9. Dehaene-Lambertz, Montavont, Jobert, Alliol, Dubois, Hertz-Pannier, and Dehaene 2009.
10. Leroy, Glasel, Dubois, Hertz-Pannier, Ihirion, Mangin, and Dehaene-Lambertz 2011.
11. Dehaene-Lambertz, Hertz-Pannier, Dubois, Meriaux, Roche, Sigman, and Dehaene 2006.
12. Davis, Coleman, Absalom, Rodd, Johnsrude, Matta, Owen, and Menon 2007.
13. Dehaene-Lambertz, Hertz-Pannier, Dubois, Meriaux, Roche, Sigman, and Dehaene 2006.
14. Basirat, Dehaene, and Dehaene-Lambertz 2012.
15. Johnson, Dziurawiec, Ellis, and Morton 1991.
16. Об экспериментах с детьми см. Gelskov and Kouider 2010; Kouider, Stahlhut, Gelskov, Barbosa, Dutat, de Gardelle, Christophe, et al. 2013. Парадигму работы со взрослыми, описанную в главе 4, см. у Del Cul, Baillet, and Dehaene 2007.
17. Diamond and Doar 1989.
18. de Haan and Nelson 1999; Csibra, Kushnerenko, and Grossman 2008.
19. Nelson, Thomas, de Haan, and Wewerka 1998.
20. Dehaene-Lambertz and Dehaene 1994.
21. Friederici, Friedrich, and Weber 2002.
22. Dubois, Dehaene-Lambertz, Perrin, Mangin, Cointepas, Duchesnay, Le Bihan, and Hertz-Pannier 2007.
23. Izard, Sann, Spelke, and Streri 2009.
24. Lagercrantz and Changeux 2009.
25. Han, O'Tuathaigh, van Trigt, Quinn, Fanselow, Mongeau, Koch, and Anderson 2003; Dos Santos Coura and Granon 2012.
26. Bolhuis and Gahr 2006.
27. Leopold and Logothetis 1996.
28. Kovacs, Vogels, and Orban 1995; Macknik and Haglund 1999.
29. Cowey and Stoerig 1995.

30. Fuster 2008.
31. Denys, Vanduffel, Fize, Nelissen, Sawamura, Georgieva, Vogels, et al. 2004.
32. Hasson, Nir, Levy, Fuhrmann, and Malach 2004.
33. Hayden, Smith, and Platt 2009.
34. Buckner, Andrews-Hanna, and Schacter 2008.
35. В настоящее время мы с коллегами исследуем локально-глобальную парадигму у обезьян (в сотрудничестве с Линн Уриг и Бечиром Джаррайя) и мышей (с Каримом Бенченаном и Кэтрин Ваконь).
36. Smith, Schull, Strote, McGee, Egnor, and Erb 1995.
37. Terrace and Son 2009.
38. Hampton 2001; Komell, Son, and Terrace 2007; Kiani and Shadlen 2009.
39. Komell, Son, and Terrace 2007.
40. Nieuwenhuis, Ridderinkhof, Blom, Band, and Kok 2001; Logan and Crump 2010; Charles, van Opstal, Marti, and Dehaene 2013.
41. Kiani and Shadlen 2009; Fleming, Weil, Nagy, Dolan, and Rees 2010. При формировании метакогнитивных суждений важнейшую роль играет также задний бугорок — фрагмент зрительного бугра, тесно связанный с префронтальной и теменной областями. См. Komura, Nikkuni, Hirashima, Uetake, and Miyamoto 2013.
42. Meltzoff and Brooks 2008; Kovacs, Teglas, and Endress 2010.
43. Herrmann, Call, Hernandez-Lloreda, Hare, and Tomasello 2007.
44. Martcorena, Ruiz, Mukerji, Goddu, and Santos 2011.
45. Fuster 2008.
46. Elston, Benavides-Piccione, and DeFelipe 2001; Elston 2003.
47. Ochsner, Knierim, Ludlow, Hanelin, Ramachandran, Glover, and Mackey 2004; Saxe and Powell 2006; Fleming, Weil, Nagy, Dolan, and Rees 2010.
48. Schoenemann, Sheehan, and Glotzer 2005.
49. Schenker, Buxhoeveden, Blackmon, Amunts, Zilles, and Semendeferi 2008; Schenker, Hopkins, Spocter, Garrison, Stimpson, Erwin, Hof, and Sherwood 2009.
50. Nimchinsky, Gilissen, Allman, Perl, Erwin, and Hof 1999; Allman, Hakeem, and Watson 2002; Allman, Watson, Tetreault, and Hakeem 2005.
51. Dehaene and Changeux 2011.
52. Frith 1979; Frith 1996; Stephan, Friston, and Frith 2009.
53. Huron, Danion, Giacomoni, Grange, Robert, and Rizzo 1995; Danion, Meulemans, Kaufmann-Muller, and Vermaat 2001; Danion, Cuervo, Piolino,

Huron, Riutort, Peretti, and Eustache 2005.

54. Dehaene, Artiges, Naccache, Martelli, Viard, Schurhoff, Recasens, et al. 2003; Del Cul, Dehaene, and Leboyer 2006. В этой работе мы уделили особое внимание диссоциации нарушенного доступа в сознательный опыт и сохранной сублиминальной обработке данных. Обзор более ранних исследований нарушений маскировки в связи с шизофренией см. у McClure 2001.

55. Reuter, Del Cul, Audoin, Malikova, Naccache, Ranjeva, Lyon-Caen, et al. 2007.

56. Reuter, Del Cul, Malikova, Naccache, Confbrt-Gouny, Cohen, Cherif, et al. 2009.

57. Luck, Fuller, Braun, Robinson, Summerfelt, and Gold 2006; Luck, Kappenman, Fuller, Robinson, Summerfelt, and Gold 2009; Antoine Del Cul, Stanislas Dehaene, Marion Leboyer et al., неопубликованные данные об экспериментах.

58. Uhlhaas, Linden, Singer, Haenschel, Lindner, Maurer, and Rodriguez 2006; Uhlhaas and Singer 2010.

59. Kubicki, Park, Westin, Nestor, Mulkern, Maier, Niznikiewicz, et al. 2005; Karlsgodt, Sun, Jimenez, Lutkenhoff, Willhite, van Erp, and Cannon 2008; Knochel, Oertel-Knochel, Schonmeyer, Rotarska-Jagiela, van de Ven, Prvulovic, Haenschel, et al. 2012.

60. Bassett, Bullmore, Verchinski, Mattay, Weinberger, and Meyer-Lindenberg 2008; Liu, Liang, Zhou, He, Hao, Song, Yu, et al. 2008; Bassett, Bullmore, Meyer-Lindenberg, Apud, Weinberger, and Coppola 2009; Lynall, Bassett, Kerwin, McKenna, Kitzbichler, Muller, and Bullmore 2010.

61. Ross, Margolis, Reading, Pletnikov, and Coyle 2006; Dickman and Davis 2009; Tang, Yang, Chen, Lu, Ji, Roche, and Lu 2009; Shao, Shuai, Wang, Feng, Lu, Li, Zhao, et al. 2011.

62. Self, Kooijmans, Supér, Lamme, and Roelfsema 2010.

63. Dehaene, Sergent, and Changeux 2003; Dehaene and Changeux 2005.

64. Wong and Wang 2006.

65. Fletcher and Frith 2009; см. также Stephan, Friston, and Frith 2009.

66. Friston 2005.

67. Dalmau, Tuzun, Wu, Masjuan, Rossi, Voloschin, Baehring, et al. 2007; Dalmau, Glcichman, Hughes, Rossi, Peng, Lai, Dessain, et al. 2008.

68. Block 2001; Block 2007.

69. Chalmers 1996.

70. Chalmers 1995,81.

71. Weiss, Simoncelli, and Adelson 2002.

72. Lucretius, *De Rerum Natura* (On the Nature of Things), book 2.
73. Eccles 1994.
74. Penrose and Hameroff 1998.
75. Dennett 1984.
76. Edelman 1989.

Библиография

Abrams, R. L., and A. G. Greenwald. 2000. «Parts Outweigh the Whole (Word) in Unconscious Analysis of Meaning». *Psychological Science* 11 (2): 118-24.

Abrams, R. L., M. R. Klinger, and A. G. Greenwald. 2002. «Subliminal Words Activate Semantic Categories (Not Automated Motor Responses)». *Psychonomic Bulletin and Review* 9 (1): 100-6.

Ackley, D. H., G. E. Hinton, and T. J. Sejnowski. 1985. «A Learning Algorithm for Boltzmann Machines». *Cognitive Science* 9(1): 147-69.

Adamantidis, A. R., F. Zhang, A. M. Aravanis, K. Deisseroth, and L. de Lecea. 2007. «Neural Substrates of Awakening Probed with Optogenetic Control of Hypocretin Neurons». *Nature* 450 (7168): 420-24.

Aliman, J., A. Hakeem, and K. Watson. 2002. «Two Phylogenetic Specializations in the Human Brain». *Neuroscientist* 8 (4): 335-46.

Aliman, J. M., K. K. Watson, N. A. Tetreault, and A. Y. Hakeem. 2005. «Intuition and Autism: A Possible Role for Von Economo Neurons». *Trends in Cognitive Sciences* 9 (8): 367-73.

Almeida, J., B. Z. Mahon, K. Nakayama, and A. Caramazza. 2008. «Unconscious Processing Dissociates Along Categorical Lines». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (39): 15214-18.

Alving, J., M. Moller, E. Sindrup, and B. L. Nielsen. 1979. «Alpha Pattern Coma* Following Cerebral Anoxia». *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 47 (1): 95-101.

Amit, D. 1989. *Modeling Brain Function: The World of Attractor Neural Networks*. New York: Cambridge University Press.

Anderson, J. R. 1983. *The Architecture of Cognition*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Anderson, J. R., and C. Lebiere. 1998. *The Atomic Components of Thought*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum.

Aru, J., N. Axmacher, A. T. Do Lam, J. Fell, C. E. Eger, W. Singer, and L. Melloni. 2012. «Local Category-Specific Gamma Band Responses in the Visual Cortex Do Not Reflect Conscious Perception». *Journal of Neuroscience* 32 (43): 14909-14.

Ashcraft, M. H., and E. H. Stazyk. 1981. «Mental Addition : A Test of Three Verification Models». *Memory and Cognition* 9:185-96.

Baars, B. J. 1989. *A Cognitive Theory of Consciousness*. Cambridge, U.K.:

Cambridge University Press.

Babiloni, C., F. Vecchio, S. Rossi, A. De Capua, S. Bartalini, M. Ulivelli, and P. M. Rossini. 2007. «Human Ventral Parietal Cortex Plays a Functional Role on Visuospatial Attention and Primary Consciousness: A Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Study». *Cerebral Cortex* 17 (6): 1486-92.

Bahrami, B., K. Olsen, P. E. Latham, A. Roepstorff, G. Rees, and C. D. Frith. 2010. «Optimally Interacting Minds». *Science* 329 (5995): 1081-85.

Baker, C., M. Behrmann, and C. Olson. 2002. «Impact of Learning on Representation of Parts and Wholes in Monkey Inferotemporal Cortex». *Nature Neuroscience* 5(11): 1210-16.

Bargh, J. A., and E. Morsella. 2008. «The Unconscious Mind». *Perspectives on Psychological Science* 3 (1): 73-79.

Barker, A. T, R. Jalinous, and I. L. Freeston. 1985. «Non-invasive Magnetic Stimulation of Human Motor Cortex». *Lancet* 1 (8437): 1106-7.

Basirat, A., S. Dehaene, and G. Dehaene-Lambertz. 2012. «A Hierarchy of Cortical Responses to Sequence Violations in Two-Month-Old Infants». *Cognition*, submitted.

Bassett, D. S., E. Bullmore, B. A. Verchinski, V. S. Mattay, D. R. Weinberger, and A. Meyer-Lindenberg. 2008. «Hierarchical Organization of Human Cortical Networks in Health and Schizophrenia». *Journal of Neuroscience* 28 (37): 9239-48.

Bassett, D. S., E. T. Bullmore, A. Meyer-Lindenberg, J. A. Apud, D. R. Weinberger, and R. Coppola. 2009. «Cognitive Fitness of Cost-Efficient Brain Functional Networks». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (28): 11747-52.

Batterink, L., and H. J. Neville. 20)3. «The Human Brain Processes Syntax in the Absence of Conscious Awareness». *Journal of Neuroscience* 33 (19): 8528-33.

Bechara, A., H. Damasio, D. Tranel, and A. R. Damasio. 1997. «Deciding Advantageously Before Knowing the Advantageous Strategy». *Science* 275 (5304): 1293-95.

Beck, D. M., N. Muggleton, V. Walsh, and N. Lavie. 2006. «Right Parietal Cortex Plays a Critical Role in Change Blindness». *Cerebral Cortex* 16 (5): 712-17.

Beck, D. M., G. Rees, C. D. Frith, and N. Lavie. 2001. «Neural Correlates of Change Detection and Change Blindness». *Nature Neuroscience* 4:645-50.

Beck, J. M., W. J. Ma, R. Kiani, T. Hanks, A. K. Churchland, J. Roitman, M. N. Shadlen, et al. 2008. «Probabilistic Population Codes for Bayesian Decision Making». *Neuron* 60 (6): 1142-52.

Bekinschtein, T. A., S. Dehaene, B. Rohaut, F. Tadel, L. Cohen, and L. Naccache. 2009. «Neural Signature of the Conscious Processing of Auditory Regularities». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (5): 1672-77.

Bekinschtein, T. A., M. Peeters, D. Shalom, and M. Sigman. 2011. «Sea Slugs, Subliminal Pictures, and Vegetative State Patients: Boundaries of Consciousness in Classical Conditioning». *Frontiers in Psychology* 2: 337.

Bekinschtein, T. A., D. E. Shalom, C. Forcato, M. Herrera, M. R. Coleman, F. F. Manes, and M. Sigman. 2009. «Classical Conditioning in the Vegetative and Minimally Conscious State». *Nature Neuroscience* 12 (10): 1343-49.

Bengtsson, S. L., Z. Nagy, S. Skare, L. Forsman, H. Forssberg, and F. Ullen. 2005. «Extensive Piano Practicing Has Regionally Specific Effects on White Matter Development». *Nature Neuroscience* 8 (9): 1148-50.

Berkes, P., G. Orban, M. Lengyel, and J. Fiser. 2011. «Spontaneous Cortical Activity Reveals Hallmarks of an Optimal Internal Model of the Environment». *Science* 331 (6013): 83-87.

Birbaumer, N., A. R. Murguialday, and L. Cohen. 2008. «Brain-Computer Interface in Paralysis». *Current Opinion in Neurology* 21 (6): 634-38.

Bisiach, E., C. Luzzatti, and D. Perani. 1979. «Unilateral Neglect, Representational Schema and Consciousness». *Brain* 102 (3): 609-18.

Blanke, O., T. Landis, L. Spinelli, and M. Seeck. 2004. «Out-of-Body Experience and Autoscopy of Neurological Origin». *Brain* 127 (Pt 2): 243-58.

Blanke, O., S. Ortigue, T. Landis, and M. Seeck. 2002. «Stimulating Illusory Own-Body Perceptions». *Nature* 419 (6904): 269-70.

Block, N. 2001. «Paradox and Cross Purposes in Recent Work on Consciousness». *Cognition* 79(1-2): 197-219.

----- 2007. «Consciousness, Accessibility, and the Mesh Between Psychology and Neuroscience». *Behavioral and Brain Sciences* 30 (5-6): 481-99; discussion 499-548.

Bolhuis, J. J., and M. Gahr. 2006. «Neural Mechanisms of Birdsong Memory». *Nature Reviews Neuroscience* 1 (5): 347-57.

Boly, M., É. Balteau, C. Schnakers, C. Degueldre, G. Moonen, A. Luxen, C. Phillips, et al. 2007. «Baseline Brain Activity Fluctuations Predict Somatosensory Perception in Humans». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (29): 12187-92.

Boly, M., L. Tshibanda, A. Vanhaudenhuyse, Q. Noirhomme, C. Schnakers, D. Ledoux, P. Bovcroux, et al. 2009. «Functional Connectivity in the Default Network During Resting State Is Preserved in a Vegetative but Not in a Brain Dead Patient». *Human Brain Mapping* 30 (8): 239-400.

Botvinick, M., and J. Cohen. 1998. «Rubber Hands ‘Feel’ Touch That Eyes See». *Nature* 391 (6669): 756.

Bowers, J. S., G. Vigliocco, and R. Haan, 1998. «Orthographic, Phonological, and Articulatory Contributions to Masked Letter and Word Priming». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 24 (6): 1705-19.

Brascamp, J. W., and R. Blake. 2012. «Inattention Abolishes Binocular Rivalry: Perceptual Evidence». *Psychological Science* 23 (10): 1159-67.

Brefel-Courbon, C., P. Payoux, F. Ory, A. Sommet, T. Slaoui, G. Raboyeau, B. Lemesle, et al. 2007. «Clinical and Imaging Evidence of Zolpidem Effect in Hypoxic Encephalopathy». *Annals of Neurology* 62 (1): 102-5.

Breitmeyer, B. G., A. Koc, H. Ogmen, and R. Ziegler. 2008. «Functional Hierarchies of Nonconscious Visual Processing». *Vision Research* 48 (14): 1509-13.

Breshears, J. D., J. L. Roland, M. Sharma, C. M. Gaona, Z. V. Freudenburg, R. Tempelhoff, M. S. Avidan, and E. C. Leuthardt. 2010. «Stable and Dynamic Cortical Electrophysiology of Induction and Emergence with Propofol Anesthesia». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (49): 21170-75.

Bressan, P., and S. Pizzighello. 2008. «The Attentional Cost of Inattentional Blindness». *Cognition* 106 (1): 370-83.

Brincat, S. L., and C. E. Connor. 2004. «Underlying Principles of Visual Shape Selectivity in Posterior Inferotemporal Cortex». *Nature Neuroscience* 7 (8): 880-86.

Broadbent, D. E. 1958. *Perception and Communication*. London: Pergamon.

-----1962. «Attention and the Perception of Speech». *Scientific American* 206 (4): 143-51.

Brumberg, J. S., A. Nieto-Castanon, P. R. Kennedy, and F. H. Guenther. 2010. «Brain-Computer Interfaces for Speech Communication». *Speech Communication* 52 (4): 367-79.

Bruno, M. A., J. L. Bernheim, D. Ledoux, F. Pellas, A. Demertzi, and S. Laureys. 2011. «A Survey on Self-Assessed Well-Being in a Cohort of Chronic Locked-in Syndrome Patients: Happy Majority, Miserable Minority». *BMJ Open* 1(1): e000039.

Buckner, R. L., J. R. Andrews-Hanna, and D. L. Schacter. 2008. «The Brains Default Network: Anatomy, Function, and Relevance to Disease». *Annals of the New York Academy of Sciences* 1124:1-38.

Buckner, R. L., and W. Koutstaal. 1998. «Functional Neuroimaging Studies

of Encoding, Priming, and Explicit Memory Retrieval». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95 (3): 891-98.

Buschman, T.J., and E. K. Miller. 2007. «Top-Down Versus Bottom-Up Control of Attention in the Prefrontal and Posterior Parietal Cortices». *Science* 315 (5820): 1860-62.

Buzsaki, G. 2006. *Rhythms of the Brain*. New York: Oxford University Press.

Canolty, R. T, E. Edwards, S. S. Dalai, M. Soltani, S. S. Nagarajan, H. E. Kirsch, M. S. Berger, et al. 2006. «High Gamma Power κ Phase-Locked to Theta Oscillations in Human Neocortex». *Science* 313 (5793): 1626-28.

Capotosto, P., C. Babiloni, G. L. Romani, and M. Corbetta. 2009. «Frontoparietal Cortex Controls Spatial Attention Through Modulation of Anticipatory Alpha Rhythms». *Journal of Neuroscience* 29 (18): 5863-72.

Cardin, J. A., M. Carlen, K. Meletis, U. Knoblich, F. Zhang, K. Deisseroth, L. H. Tsai, and C. I. Moore. 2009. «Driving Fast-Spiking Cells Induces Gamma Rhythm and Controls Sensory Responses». *Nature* 459 (7247): 663-67.

Carlen, M., K. Meletis, J. H. Siegle, J. A. Cardin, K. Futai, D. Vicrling-Claassen, C. Ruhlmann, et al. 2011. «A Critical Role for NMDA Receptors in Parvalbumin Intemeurons for Gamma Rhythm Induction and Behavior». *Molecular Psychiatry* 17 (5): 537-48.

Carmel, D., V. Walsh, N. Lavie, and G. Rees. 2010. «Right Parietal TMS Shortens Dominance Durations in Binocular Rivalry». *Current Biology* 20 (18): R799-800.

Carter, R. M., C. Hofstotter, N. Tsuchiya, and C. Koch. 2003. «Working Memory and Fear Conditioning». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100 (3): 1399-404.

Carter, R. M., J. P. O'Doherty, B. Seymour, C. Koch, and R.J. Dolan. 2006. «Contingency Awareness in Human Aversive Conditioning Involves the Middle Frontal Gyrus». *Neuroimage* 29 (3): 1007-12.

Casali, A., O. Gosseries, M. Rosanova, M. Boly, S. Sarasso, K. R. Casali, S. Casarotto, et al. 2013. « A Theoretically Based Index of Consciousness Independent of Sensory Processing and Behavior». *Science Translational Medicine*, in press.

Chalmers, D. 1996. *The Conscious Mind*. New York: Oxford University Press.

Chalmers, D.). 1995. «The Puzzle of Conscious Experience». *Scientific American* 273 (6): 80-86.

Changeux, J. P. 1983. *L'homme neuronal*. Paris: Fayard.

Changeux, J. P., and A. Danchin. 1976. «Selective Stabilization of

Developing Synapses as a Mechanism for the Specification of Neuronal Networks». *Nature* 264:705-12.

Changeux, J. P., and S. Dehaene. 1989. «Neuronal Models of Cognitive Functions». *Cognition* 33 (1-2): 63-109.

Changeux, J. P., T. Heidmann, and P. Patte. 1984. «Learning by Selection». In *The Biology of Learning*, edited by P. Marler and H. S. Terrace, 115-39. Springer: Berlin.

Charles, L., F. Van Opstal, S. Marti, and S. Dehaene. 2013. «Distinct Brain Mechanisms for Conscious Versus Subliminal Error Detection». *Neuroimage* 73: 80-94.

Chatelle, C., S. Chennu, Q. Noirhomme, D. Cruse, A. M. Owen, and S. Laureys. 2012. «Brain-Computer Interfacing in Disorders of Consciousness». *Brain Injury* 26 (12): 1510-22.

Chen, J. M., and W. Schneider. 2005. «Neuroimaging Studies of Practice-Related Change: fMRI and Meta-analytic Evidence of a Domain-General Control Network for Learning». *Brain Research: Cognitive Brain Research* 25 (3): 607-23.

Ching, S., A. Cimensor, P. L. Purdon, E. N. Brown, and N. J. Kopell. 2010. «Thalamocortical Model for a Propofol-Induced Alpha-Rhythm Associated with Loss of Consciousness». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (52): 22665-70.

Chong, S. C., and R. Blake. 2006. «Exogenous Attention and Endogenous Attention Influence Initial Dominance in Binocular Rivalry». *Vision Research* 46 (11): 1794-803.

Chong, S. C., D. Tadin, and R. Blake. 2005. «Endogenous Attention Prolongs Dominance Durations in Binocular Rivalry». *Journal of Vision* 5(11): 1004-12.

Christoff, K., A. M. Gordon, J. Smallwood, R. Smith, and J. W. Schooler. 2009. «Experience Sampling During fMRI Reveals Default Network and Executive System Contributions to Mind Wandering». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (21): 8719-24.

Chun, M. M., and M. C. Potter. 1995. «A Two-Stage Model for Multiple Target Detection in Rapid Serial Visual Presentation». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 21 (1): 109-27.

Churchland, P. S. 1986. *Neurophilosophy: Toward a Unified Understanding of the Mind/Brain*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Clark, R. E., J. R. Manns, and L. R. Squire. 2002. «Classical Conditioning, Awareness, and Brain Systems». *Trends in Cognitive Sciences* 6(12): 524-31.

Clark, R. E., and L. R. Squire. 1998. «Classical Conditioning and Brain

Systems: The Role of Awareness». *Science* 280 (5360): 77-81.

Cohen, L., B. Chaaban, and M. O. Habert. 2004. «Transient Improvement of Aphasia with Zolpidem». *New England Journal of Medicine* 350 (9): 949-50.

Cohen, M. A., P. Cavanagh, M. M. Chun, and K. Nakayama. 2012. «The Attentional Requirements of Consciousness». *Trends in Cognitive Sciences* 16 (8): 411-17.

Comte, A. 1830-42. *Cours de philosophie positive*. Paris: Bachelier.

Corallo, G., J. Sackur, S. Dchacne, and M. Sigman. 2008. «Limits on Introspection: Distorted Subjective Time During the Dual-Task Bottleneck». *Psychological Science* 19 (11): 1110-17. Cowey, A., and P. Stoerig. 1995. «Blindsight in Monkeys». *Nature* 373 (6511): 247-49. Crick, E, and C. Koch. 1990a. «Some Reflections on Visual Awareness». *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 55:953-62.

-----1990b. «Toward a Neurobiological Theory of Consciousness». *Seminars in Neuroscience* 2: 263-75.

-----2003. «A Framework for Consciousness». *Nature Neuroscience* 6 (2): 119-26.

Cruse, D., S. Chennu, C. Chatelle, T. A. Bekinschtein, D. Fernandez-Espejo, J. D. Pickard, S. Laureys, and A. M. Owen. 2011. «Bedside Detection of Awareness in the Vegetative State: A Cohort Study». *Lancet* 378 (9809): 2088-94.

Csibra, G., E. Kushnerenko, and T Grossman. 2008. «Electrophysiological Methods in Studying Infant Cognitive Development». In *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience*, 2nd ed., edited by C. A. Nelson and M. Luciana. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Cyranoski, D. 2012. «Neuroscience: The Mind Reader». *Nature* 486 (7402): 178-80.

Dalmau, J., A. J. Gleichman, E. G. Hughes, J. E. Rossi, X. Peng, M. Lai, S. K. Dessain, et al. 2008. «Anti-NMDA-Receptor Encephalitis: Case Series and Analysis of the Effects of Antibodies». *Lancet Neurology* 7(12): 1091-98.

Dalmau, J., E. Tuzun, H. Y. Wu, I. Masjuan, J. E. Rossi, A. Voloschin, J. M. Baehring, et al. 2007. «Paraneoplastic Anti-N-Methyl-D-Aspartate Receptor Encephalitis Associated with Ovarian Teratoma». *Annals of Neurology* 61 (1): 25-36.

Damasio, A. R. 1989. «The Brain Binds Entities and Events by Multiregional Activation from Convergence Zones». *Neural Computation* 1:123-32.

-----1994. *Descartes'Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. New York: G. P. Putnam.

Danion, J. M., C. Cuervo, P. Piolino, C. Huron, M. Riutort, C. S. Peretti, and F. Eustache. 2005. «Conscious Recollection in Autobiographical Memory: An Investigation in Schizophrenia». *Consciousness and Cognition* 14 (3): 535-47.

Danion, J. M., T. Meulemans, F. Kauffmann-Muller, and H. Vermaat. 2001. «Intact Implicit Learning in Schizophrenia». *American Journal of Psychiatry* 158 (6): 944-48.

Davis, M. H., M. R. Coleman, A. R. Absalom, J. M. Rodd, I. S. Johnsrude, B. F. Matta, A. M. Owen, and D. K. Menon. 2007. «Dissociating Speech Perception and Comprehension at Reduced Levels of Awareness ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (41): 16032-37.

de Groot, A. D., and F. Gobet. 1996. *Perception and Memory in Chess*. Assen, Netherlands: Van Gorcum.

de Haan, M., and C. A. Nelson. 1999. «Brain Activity Differentiates Face and Object Processing in 6-Month-Old Infants». *Developmental Psychology* 35 (4): 1113-21.

de Lange, F. P., S. van Gaal, V. A. Lamme, and S. Dehaene. 2011. «How Awareness Changes the Relative Weights of Evidence During Human Decision-Making». *PLOS Biology* 9(11): e1001203.

Dean, H. L., and M. L. Piatt. 2006. «Allocentric Spatial Referencing of Neuronal Activity in Macaque Posterior Cingulate Cortex». *Journal of Neuroscience* 26 (4): 1117-27.

Dehaene, S. 2008. «Conscious and Nonconscious Processes: Distinct Forms of Evidence Accumulation?» In: *Better Than Conscious? Decision Making, the Human Mind, and Implications for Institutions*. Strüngmann Forum Report, edited by C. Engel and W. Singer. Cambridge, Mass.: MIT Press.

-----2009. *Reading in the Brain*. New York: Viking.

-----2011. *The Number Sense*, 2nd ed. New York: Oxford University Press.

Dehaene, S., E. Artiges, L. Naccache, C. Martelli, A. Viard, F. Schurhoff, C. Recasens, et al. 2003. «Conscious and Subliminal Conflicts in Normal Subjects and Patients with Schizophrenia: The Role of the Anterior Cingulate». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100 (23): 13722-27.

Dehaene, S., and J. P. Changeux. 1991. «The Wisconsin Card Sorting Test: Theoretical Analysis and Modelling in a Neuronal Network». *Cerebral Cortex* 1: 62-79.

-----1997. «A Hierarchical Neuronal Network for Planning Behavior». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94 (24): 13293-98.

----- 2005. «Ongoing Spontaneous Activity Controls Access to

Consciousness: A Neuronal Model for Inattentional Blindness». *PLOS Biology* 3 (5): e141.

-----2011. «Experimental and Theoretical Approaches to Conscious Processing». *Neuron* 70(2): 200-27.

Dehaene, S., J. P. Changeux, L. Naccache, Sackur, J., and C. Sergent. 2006. «Conscious, Preconscious, and Subliminal Processing: A Testable Taxonomy». *Trends in Cognitive Sciences* 10 (5): 204-11.

Dehaene, S., and L. Cohen. 2007. «Cultural Recycling of Cortical Maps». *Neuron* 56 (2): 384-98.

Dehaene, S., A. Jobert, L. Naccache, P. Ciuciu, J. B. Poline, D. Le Bihan, and L. Cohen. 2004. «Letter Binding and Invariant Recognition of Masked Words: Behavioral and Neuroimaging Evidence». *Psychological Science* 15 (5): 307-13.

Dehaene, S., M. Kerszberg, and J. P. Changeux. 1998. «A Neuronal Model of a Global Workspace in Effortful Cognitive Tasks». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95 (24): 14529-34.

Dehaene, S., and L. Naccache. 2001. «Towards a Cognitive Neuroscience of Consciousness: Basic Evidence and a Workspace Framework». *Cognition* 79 (1-2): 1-37.

Dehaene, S., L. Naccache, L. Cohen, D. Le Bihan, J. F. Mangin, J. B. Poline, and D. Riviere. 2001. «Cerebral Mechanisms of Word Masking and Unconscious Repetition Priming». *Nature Neuroscience* 4 (7): 752-58.

Dehaene, S., L. Naccache, G. Le Clec'h, E. Koechlin, M. Mueller, G. Dehaene-Lambertz, P. F. van de Moortele, and D. Le Bihan. 1998. «Imaging Unconscious Semantic Priming». *Nature* 395 (6702): 597-600.

Dhacnc, S., F. Pcgado, L. W. Braga, P. Ventura, G. Nunes Filho, A. Jobert, G. Dehaene-Lambertz, et al. 2010. «How Learning to Read Changes the Cortical Networks for Vision and Language». *Science* 330 (6009): 1359-64.

Dehaene, S., M. 1. Posner, and D. M. Tucker. 1994. «Localization of a Neural System for Error Detection and Compensation». *Psychological Science* 5:303-5.

Dehaene, S., C. Sergent, and J. P. Changeux. 2003. «A Neuronal Network Model Linking Subjective Reports and Objective Physiological Data During Conscious Perception». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100:8520-25.

Dehaene, S., and M. Sigman. 2012. «From a Single Decision to a Multi-step Algorithm». *Current Opinion in Neurobiology* 22 (6): 937-45.

Dehaene-Lambertz, G., and S. Dehaene. 1994. «Speed and Cerebral Correlates of Syllabic Discrimination in Infants». *Nature* 370: 292-95.

Dehaene-Lambertz, G., S. Dehaene, and L. Hertz-Pannier. 2002. «Functional Neuroimaging of Speech Perception in Infants». *Science* 298 (5600): 2013-15.

Dehaene-Lambertz, G., L. Hertz-Pannier, and J. Dubois. 2006. «Nature and Nurture in Language Acquisition: Anatomical and Functional Brain-Imaging Studies in Infants». *Trends in Neurosciences* 29 (7): 367-73.

Dehaene-Lambertz, G., L. Hertz-Pannier, J. Dubois, S. Meriaux, A. Roche, M. Sigman, and S. Dehaene. 2006. «Functional Organization of Perisylvian Activation During Presentation of Sentences in Preverbal Infants». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (38): 14240-45.

Dehaene-Lambertz, G., A. Montavont, A. Jobert, L. Alliol, J. Dubois, L. Hertz-Pannier, and S. Dehaene. 2009. «Language or Music, Mother or Mozart? Structural and Environmental Influences on Infants* Language Networks». *Brain Language* 114 (2): 53-65.

Del Cul, A., S. Baillet, and S. Dehaene. 2007. «Brain Dynamics Underlying the Nonlinear Threshold for Access to Consciousness». *PLOS Biology* 5 (10): e260.

Del Cul, A., S. Dehaene, and M. Leboyer. 2006. «Preserved Subliminal Processing and Impaired Conscious Access in Schizophrenia». *Archives of General Psychiatry* 63 (12): 1313-23.

Del Cul, A., S. Dehaene, P. Reyes, E. Bravo, and A. Slachevsky. 2009. «Causal Role of Prefrontal Cortex in the Threshold for Access to Consciousness». *Brain* 132 (9): 2531-40.

Dell'Acqua, R., and J. Grainger. 1999. «Unconscious Semantic Priming from Pictures». *Cognition* 73 (1): B1-B15.

den Heyer, K., and K. Briand. 1986. «Priming Single Digit Numbers: Automatic Spreading Activation Dissipates as a Function of Semantic Distance». *American Journal of Psychology* 99 (3): 315-40.

Deneve, S., P. E. Latham, and A. Pouget. 2001. «Efficient Computation and Cue Integration with Noisy Population Codes». *Nature Neuroscience* 4 (8): 826-31.

Dennett, D. 1978. *Brainstorms*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

-----1984. *Elbow Room: The Varieties of Free Will Worth Wanting*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

-----1991. *Consciousness Explained*. London: Penguin.

Denton, D., R. Shade, F. Zamarippa, G. Egan, J. Blair-West, M. McKinley, J. Lancaster, and P. Fox. 1999. «Neuroimaging of Genesis and Satiation of Thirst and an Interoceptor-Driven Theory of Origins of Primary Consciousness». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96 (9): 5304-9.

Denys, K., W. Vanduffel, D. Fize, K. Nelissen, H. Sawamura, S. Georgieva, R. Vogels, et al. 2004. «Visual Activation in Prefrontal Cortex is Stronger in Monkeys Than in Humans». *Journal of Cognitive Neuroscience* 16 (9): 1505-16.

Derdikman, D., and E. I. Moser. 2010. «A Manifold of Spatial Maps in the Brain». *Trends in Cognitive Sciences* 14 (12): 561-69.

Descartes, R. 1985. *The Philosophical Writings of Descartes*. Translated by J. Cottingham, R. Stoothoff, and D. Murdoch. New York: Cambridge University Press.

Desmurget, M., K. T. Reilly, N. Richard, A. Szathmari, C. Mottolese, and A. Sirigu. 2009. «Movement Intention After Parietal Cortex Stimulation in Humans». *Science* 324 (5928): 811-13.

Di Lollo, V., J. T. Enns, and R. A. Rensink. 2000. «Competition for Consciousness Among Visual Events: The Psychophysics of Reentrant Visual Processes». *Journal of Experimental Psychology: General* 129 (4): 481-507.

Di Virgilio, G., and S. Clarke. 1997. «Direct Interhemispheric Visual Input to Human Speech Areas». *Human Brain Mapping* 5 (5): 347-54.

Diamond, A., and B. Doar. 1989. «The Performance of Human Infants on a Measure of Frontal Cortex Function, the Delayed Response Task». *Developmental Psychobiology* 22 (3): 271-94.

Diamond, A., and J. Gilbert. 1989. «Development as Progressive Inhibitory Control of Action: Retrieval of a Contiguous Object». *Cognitive Development* 4 (3): 223-50.

Diamond, A., and P. S. Goldman-Rakic. 1989. «Comparison of Human Infants and Rhesus Monkeys on Piaget's A-not-B Task: Evidence for Dependence on Dorsolateral Prefrontal Cortex». *Experimental Brain Research* 74 (1): 24-40.

Dickman, D. K., and G. W. Davis. 2009. «The Schizophrenia Susceptibility Gene Dysbindin Controls Synaptic Homeostasis». *Science* 326 (5956): 1127-30.

Dijksterhuis, A., M. W. Bos, L. F. Nordgren, and R. B. van Baaren. 2006. «On Making the Right Choice: The Deliberation-Without-Attention Effect». *Science* 311 (5763): 1005-7.

Donchin, E., and M. G. H. Coles. 1988. «Is the P300 Component a Manifestation of Context Updating?» *Behavioral and Brain Sciences* 11 (3): 357-427.

Doria, V., C. F. Beckmann, T. Arichi, N. Merchant, M. Groppo, F. E. Turkheimer, S. J. Counsell, et al. 2010. «Emergence of Resting State Networks in the Preterm Human Brain». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (46): 20015-20.

Dos Santos Coura, R., and S. Granon. 2012. «Prefrontal Neuromodulation

by Nicotinic Receptors for Cognitive Processes». *Psychopharmacology* (Berlin) 221(1): 1-18.

Driver, J., and P. Vuilleumier. 2001. «Perceptual Awareness and Its Loss in Unilateral Neglect and Extinction». *Cognition* 79 (1-2): 39-88.

Dubois, J., G. Dehaene-Lambertz, M. Perrin, J. F. Mangin, Y. Cointepas, E. Duchesnay, D. Le Bihan, and L. Hertz-Pannier. 2007. «Asynchrony of the Early Maturation of White Matter Bundles in Healthy Infants: Quantitative Landmarks Revealed Noninvasively by Diffusion Tensor Imaging». *Human Brain Mapping* 29 (1): 14-27.

Dunbar, R. 1996. *Grooming, Gossip and the Evolution of Language*. London: Faber and Faber.

Dupoux, E., V. de Gardelle, and S. Kouider. 2008. «Subliminal Speech Perception and Auditory Streaming». *Cognition* 109 (2): 267-73.

Eagleman, D. M., and T. J. Sejnowski. 2000. «Motion Integration and Postdiction in Visual Awareness». *Science* 287 (5460): 2036-38.

-----2007. «Motion Signals Bias Localization Judgments: A Unified Explanation for the Flash-Lag, Flash-Drag, Flash-lump, and Frohlich Illusions». *Journal of Vision* 7 (4): 3.

Eccles, J. C. 1994. *How the Self Controls Its Brain*. New York: Springer Verlag.

Edelman, G. 1987. *Neural Darwinism*. New York: Basic Books.

-----1989. *The Remembered Present*. New York: Basic Books.

Ehrsson, H. H. 2007. «The Experimental Induction of Out-of-Body Experiences». *Science* 317 (5841): 1048.

Ehrsson, H. H., C. Spence, and R. E. Passingham. 2004. «That's My Hand! Activity in Premotor Cortex Reflects Feeling of Ownership of a Limb». *Science* 305 (5685): 875-77.

Eliasmith, C., T. C. Stewart, X. Choo, T. Bekolay, T. DeWolf, Y. Tang, and D. Rasmussen. 2012. «A Large-Scale Model of the Functioning Brain». *Science* 338 (6111): 1202-5.

Ellenberger, H. F. 1970. *The Discovery of the Unconscious: The History and Evolution of Dynamic Psychiatry*. New York: Basic Books.

Elston, G. N. 2000. «Pyramidal Cells of the Frontal Lobe: All the More Spinous to Think With». *Journal of Neuroscience* 20 (18): RC95.

-----2003. «Cortex, Cognition and the Cell: New Insights into the Pyramidal Neuron and Prefrontal Function». *Cerebral Cortex* 13 (11): 1124-38.

Elston, G. N., R. Benavides-Piccione, and J. DeFelipe. 2001. «The Pyramidal Cell in Cognition: A Comparative Study in Human and Monkey». *Journal of Neuroscience* 21 (17): RC163.

Enard, W., S. Gehre, K. Hammerschmidt, S. M. Holter, T. Blass, M. Somel, M. K. Bruckner, et al. 2009. «A Humanized Version of Foxp2 Affects Cortico-Basal Ganglia Circuits in Mice». *Cell* 137 (5): 961-71.

Enard, W., M. Przeworski, S. E. Fisher, C. S. Lai, V. Wiebe, T. Kitano, A. P. Monaco, and S. Paabo. 2002. «Molecular Evolution of FOXP2, a Gene Involved in Speech and Language». *Nature* 418 (6900): 869-72.

Engel, A. K., and W. Singer. 2001. «Temporal Binding and the Neural Correlates of Sensory Awareness». *Trends in Cognitive Sciences* 5(1): 16-25.

Enns, J. T, and V. Di Lollo. 2000. «Whats New in Visual Masking ». *Trends in Cognitive Sciences* 4 (9): 345-52.

Epstein, R., R. P. Lanza, and B. F. Skinner. 1981. «‘Self-Awareness* in the Pigeon». *Science* 212 (4495): 695-96.

Fahrenbrt, J. J., H. S. Scholte, and V. A. Lamme. 2007. «Masking Disrupts Reentrant Processing in Human Visual Cortex». *Journal of Cognitive Neuroscience* 19 (9): 1488-97.

Faugeras, F., B. Rohaut, N. Weiss, T. A. Bekinschtein, D. Galanaud, L. Puybasset, F. Bolgert, et al. 2011. «Probing Consciousness with Event-Related Potentials in the Vegetative State». *Neurology* 77 (3): 264-68.

-----2012. «Event Related Potentials Elicited by Violations of Auditory Regularities in

Patients with Impaired Consciousness». *Neuropsychologia* 50 (3): 403-18.

Fedorenko, E., J. Duncan, and N. Kanwisher. 2012. «Language-Selective and Domain-General Regions Lie Side by Side Within Brocas Area». *Current Biology* 22 (21): 2059-62.

Felleman, D. J., and D. C. Van Essen. 1991. «Distributed Hierarchical Processing in the Primate Cerebral Cortex». *Cerebral Cortex* 1 (1): 1-47.

Ferrarelli, F., M. Massimini, S. Sarasso, A. Casali, B. A. Riedner, G. Angelini, G. Tononi, and R. A. Pearce. 2010. «Breakdown in Cortical Effective Connectivity During Midazolam-Induced Loss of Consciousness». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (6): 2681-86.

Ffytche, D. H., R.J. Howard, M. J. Brammer, A. David, P. Woodruff, and S. Williams. 1998. «The Anatomy of Conscious Vision: An fMRI Study of Visual Hallucinations». *Nature Neuroscience* 1 (8): 738-42.

Finger, S. 2001. *Origins of Neuroscience: A History of Explorations into Brain Function*. Oxford: Oxford University Press.

Finkel, L. H., and G. M. Edelman. 1989. «Integration of Distributed Cortical Systems by Reentry: A Computer Simulation of Interactive Functionally Segregated Visual Areas». *Journal of Neuroscience* 9 (9): 3188-208.

Fisch, L., E. Privman, M. Ramot, M. Harel, Y. Nir, S. Kipervasser, F.

Andelman, et al. 2009. «Neural ‘Ignition: Enhanced Activation Linked to Perceptual Awareness in Human Ventral Stream Visual Cortex». *Neuron* 64 (4): 562-74.

Fischer, C, J. Luaute, P. Adeleine, and D. Morlet. 2004. «Predictive Value of Sensory and Cognitive Evoked Potentials for Awakening from Coma». *Neurology* 63 (4): 669-73.

Fleming, S. M., R. S. Weil, Z. Nagy, R. J. Dolan, and G. Rees. 2010. «Relating Introspective Accuracy to Individual Differences in Brain Structure». *Science* 329 (5998): 1541-43.

Fletcher, P. C., and C. D. Frith. 2009. «Perceiving Is Believing: A Bayesian Approach to Explaining the Positive Symptoms of Schizophrenia». *Nature Reviews Neuroscience* 10 (1): 48-58.

Forster, K.I. 1998. «The Pros and Cons of Masked Priming». *Journal of Psycholinguistic Research* 27 (2): 203-33.

Forster, K. I., and C. Davis. 1984. «Repetition Priming and Frequency Attenuation in Lexical Access». *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 10 (4) : 680-98.

Fransson, P., B. Skiold, S. Horsch, A. Nordell, M. Blennow, H. Lagercrantz, and U. Aden. 2007. «Resting-State Networks in the Infant Brain». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(39): 15531-36.

Fried, I., K. A. MacDonald, and C. L. Wilson. 1997. «Single Neuron Activity in Human Hippocampus and Amygdala During Recognition of Faces and Objects». *Neuron* 18(5) : 753-65.

Friederici, A. D., M. Friedrich, and C. Weber. 2002. «Neural Manifestation of Cognitive and Precognitive Mismatch Detection in Early Infancy». *NeuroReport* 13(10): 1251-54.

Fries, P. 2005. «A Mechanism for Cognitive Dynamics: Neuronal Communication Through Neuronal Coherence». *Trends in Cognitive Sciences* 9 (10): 474-80.

Fries, P., D. Nikolic, and W. Singer. 2007. «The Gamma Cycle». *Trends in Neurosciences* 30 (7): 309-16.

Fries, P., J. H. Schroder, P. R. Roelfsema, W. Singer, and A. K. Engel. 2002. «Oscillatory Neuronal Synchronization in Primary Visual Cortex as a Correlate of Stimulus Selection ». *Journal of Neuroscience* 22 (9): 3739-54.

Friston, K. 2005. «A Theory of Cortical Responses». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360 (1456): 815-36.

Frith, C. 1996. «The Role of the Prefrontal Cortex in Self-Consciousness: The Case of Auditory Hallucinations». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 351 (1346): 1505-12.

-----1979. «Consciousness, Information Processing and Schizophrenia». *British Journal of Psychiatry* 134 (3): 225-35.

-----2007. *Making Up the Mind: How the Brain Creates Our Mental World*. London: Blackwell.

Fujii, N., and A. M. Graybiel. 2003. «Representation of Action Sequence Boundaries by Macaque Prefrontal Cortical Neurons». *Science* 301 (5637): 1246-49.

Funahashi, S., C. J. Bruce, and P. S. Goldman-Rakic. 1989. «Mnemonic Coding of Visual Space in the Monkeys Dorsolateral Prefrontal Cortex». *Journal of Neurophysiology* 61 (2): 331-49.

Fuster, J. M. 1973. «Unit Activity in Prefrontal Cortex During Delayed-Response Performance: Neuronal Correlates of Transient Memory». *Journal of Neurophysiology* 36 (1): 61-78.

-----2008. *The Prefrontal Cortex*, 4th ed. London: Academic Press.

Gaillard, R., S. Dehaene, C. Adam, S. Clemenceau, D. Hasboun, M. Baulac, L. Cohen, and L. Naccache. 2009. «Converging Intracranial Markers of Conscious Access». *PLOS Biology* 7 (3): e61.

Gaillard, R., A. Del Cul, L. Naccache, F. Vinckier, L. Cohen, and S. Dehaene. 2006. «Nonconscious Semantic Processing of Emotional Words Modulates Conscious Access». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (19): 7524-29.

Gaillard, R., L. Naccache, P. Pinel, S. Clemenceau, E. Voile, D. Hasboun, S. Dupont, et al. 2006. «Direct Intracranial, fMRI, and Lesion Evidence for the Causal Role of Left Inferotemporal Cortex in Reading». *Neuron* 50 (2): 191-204.

Galanaud, D., L. Naccache, and L. Puybasset. 2007. «Exploring Impaired Consciousness: The MRI Approach». *Current Opinion in Neurology* 20 (6): 627-31.

Galanaud, D., V. Perlberg, R. Gupta, R. D. Stevens, P. Sanchez, E. Tollard, N. M. de Champfleury, et al. 2012. «Assessment of White Matter Injury and Outcome in Severe Brain Trauma: A Prospective Multicenter Cohort». *Anesthesiology* 117 (6): 1300-10.

Gallup, G. G. 1970. «Chimpanzees: Self-Recognition». *Science* 167:86-87.

Gaser, C., and G. Schlaug. 2003. «Brain Structures Differ Between Musicians and Nonmusicians». *Journal of Neuroscience* 23 (27): 9240-45.

Gauchet, M. 1992. *L'inconscient cerebral*. Paris: Lc Seuil.

Gehring, W. J., B. Goss, M. G. H. Coles, D. E. Meyer, and E. Donchin. 1993. «A Neural System for Error Detection and Compensation». *Psychological Science* 4 (6): 385-90.

Gelskov, S. V., and S. Kouider. 2010. «Psychophysical Thresholds of Face

Visibility During Infancy». *Cognition* 114 (2): 285-92.

Giacino, J., J. J. Fins, A. Machado, and N. D. Schiff. 2012. «Central Thalamic Deep Brain Stimulation to Promote Recovery from Chronic Posttraumatic Minimally Conscious State: Challenges and Opportunities». *Neuromodulation* 15 (4): 339-49.

Giacino, J. T. 2005. «The Minimally Conscious State: Defining the Borders of Consciousness». *Progress in Brain Research* 150:381-95.

Giacino, J. T., K. Kalmar, and J. Whyte. 2004. «The JFK Coma Recovery Scale-Revised: Measurement Characteristics and Diagnostic Utility». *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 85 (12): 2020-29.

Giacino, J. T., M. A. Kezarsky, J. DeLuca, and K. D. Cicerone. 1991. «Monitoring Rate of Recovery to Predict Outcome in Minimally Responsive Patients». *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 72 (11): 897-901.

Giacino, J. T., J. Whyte, E. Bagiella, K. Kalmar, N. Childs, A. Khademi, B. Eifert, et al. 2012. «Placebo-Controlled Trial of Amantadine for Severe Traumatic Brain Injury». *New England Journal of Medicine* 366 (9): 819-26.

Giesbrecht, B., and V Di Lollo. 1998. «Beyond the Attentional Blink: Visual Masking by Object Substitution». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 24 (5): 1454-66.

Gilbert, C. D., M. Sigman, and R. E. Crist. 2001. «The Neural Basis of Perceptual Learning». *Neuron* 31 (5): 681-97.

Gobet, E, and H. A. Simon. 1998. «Expert Chess Memory: Revisiting the Chunking Hypothesis». *Memory* 6 (3): 225-55.

Goebel, R., L. Muckli, F. E. Zanella, W. Singer, and P. Stoerig. 2001. «Sustained Extrastriate Cortical Activation Without Visual Awareness Revealed by fMRI Studies of Hemianopic Patients». *Vision Research* 41 (10-11): 1459-74.

Goldfine, A. M., J. D. Victor, M. M. Conte, J. C. Bardin, and N. D. Schiff. 2011. «Determination of Awareness in Patients with Severe Brain Injury Using EEG Power Spectral Analysis». *Clinical Neurophysiology* 122 (11): 2157-68.

-----2012. «Bedside Detection of Awareness in the Vegetative State». *Lancet* 379 (9827):1701-2.

Goldman-Rakic, P. S. 1988. «Topography of Cognition: Parallel Distributed Networks in Primate Association Cortex» *Annual Review of Neuroscience* 11:137-56.

-----1995. «Cellular Basis of Working Memory». *Neuron* 14 (3): 477-85.

Goodale, M. A., A. D. Milner, L. S. Jakobson, and D. P. Carey. 1991. «A Neurological Dissociation Between Perceiving Objects and Grasping Them».

Nature 349 (6305): 154-56.

Gould, S. J. 1974. «The Origin and Function of 'Bizarre' Structures: Antler Size and Skull Size in the 'Irish Elk', *Megaloceros giganteus*». *Evolution* 28 (2): 191-220.

Gould, S. J., and R. C. Lewontin. 1979. «The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 205 (1161): 581-98.

Greenberg, D. L. 2007. Comment on «Detecting Awareness in the Vegetative State». *Science* 315 (5816): 1221; author reply 1221.

Greenwald, A. G., R. L. Abrams, L. Naccache, and S. Dehaene. 2003. «Long-Term Semantic Memory Versus Contextual Memory in Unconscious Number Processing». *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, Cognition* 29 (2): 235-47.

Greenwald, A. G., S. C. Draine, and R. L. Abrams. 1996. «Three Cognitive Markers of Unconscious Semantic Activation». *Science* 273 (5282): 1699-702.

Greicius, M. D., V. Kiviniemi, O. Tervonen, V. Vainionpaa, S. Alahuhta, A. L. Reiss, and V. Menon. 2008. «Persistent Default-Mode Network Connectivity During Light Sedation». *Human Brain Mapping* 29 (7): 839-47.

Greicius, M. D., B. Krasnow, A. L. Reiss, and V. Menon. 2003. «Functional Connectivity in the Resting Brain: A Network Analysis of the Default Mode Hypothesis». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100 (1): 253-58.

Griffiths, J. D., W. D. Marslen-Wilson, E. A. Stamatakis, and L. K. Tyler. 2013. «Functional Organization of the Neural Language System: Dorsal and Ventral Pathways Are Critical for Syntax». *Cerebral Cortex* 23 (1): 139-47.

Grill-Spector, K., T. Kushnir, T. Hendler, and R. Malach. 2000. «The Dynamics of Object-Selective Activation Correlate with Recognition Performance in Humans». *Nature Neuroscience* 3 (8): 837-43.

Grindal, A. B., C. Suter, and A. J. Martinez. 1977. «Alpha-Pattern Coma: 24 Cases with 9 Survivors». *Annals of Neurology* 1 (4): 371-77.

Gross, J., F. Schmitz, I. Schnitzler, K. Kessler, K. Shapiro, B. Hommel, and A. Schnitzler. 2004. «Modulation of Long-Range Neural Synchrony Reflects Temporal Limitations of Visual Attention in Humans». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101 (35): 13050-55.

Hadamard, J. 1945. *An Essay on the Psychology of Invention in the Mathematical Field*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.

Hagmann, P., L. Cammoun, X. Gigandet, R. Meuli, C. J. Honey, V. J. Wedeen, and O. Sporns. 2008. «Mapping the Structural Core of Human Cerebral Cortex». *PLOS Biology* 6 (7): e159.

Halelamien, N., D.-A. Wu, and S. Shimojo. 2007. «TMS Induces Detail-

Rich 'Instant Replays' of: Natural Images». *Journal of Vision* 7 (9).

Hallett, M. 2000. «Transcranial Magnetic Stimulation and the Human Brain». *Nature* 406 (6792): 147-50.

Hampton, R. R. 2001. «Rhesus Monkeys Know When They Remember». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 (9): 5359-62.

Han, C. J., C. M. O'Tuathaigh, L. van Trigt, J. J. Quinn, M. S. Fanselow, R. Mongeau, C. Koch, and D. J. Anderson. 2003. «Trace but Not Delay Fear Conditioning Requires Attention and the Anterior Cingulate Cortex». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100 (22): 13087-92.

Hanslmayr, S., J. Gross, W. Klimesch, and K. L. Shapiro. 2011. «The Role of Alpha Oscillations in Temporal Attention». *Brain Research Reviews* 67 (1-2): 331-43.

Hasson, U., V. Nir, I. Levy, G. Fuhrmann, and R. Malach. 2004. «Intersubject Synchronization of Cortical Activity During Natural Vision». *Science* 303 (5664): 1634-40.

Hasson, U., J. 1. Skipper, H. C. Nusbaum, and S. L. Small. 2007. «Abstract Coding of Audiovisual Speech: Beyond Sensory Representation». *Neuron* 56 (6): 1116-26.

Hayden, B. Y., D. V. Smith, and M. L. Piatt. 2009. «Electrophysiological Correlates of Default Mode Processing in Macaque Posterior Cingulate Cortex». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (14): 5948-53.

Haynes, I. D. 2009. «Decoding Visual Consciousness from Human Brain Signals». *Trends in Cognitive Sciences* 13:194-202.

Haynes, J. D., R. Deichmann, and G. Rees. 2005. «Eye-Specific Effects of Binocular Rivalry in the Human Lateral Geniculate Nucleus». *Nature* 438 (7067): 496-99.

Haynes, J. D., J. Driver, and G. Rees. 2005. «Visibility Reflects Dynamic Changes of Effective Connectivity Between V1 and Fusiform Cortex». *Neuron* 46 (5): 811-21.

Haynes, J. D., and G. Rees. 2005a. «Predicting the Orientation of Invisible Stimuli from Activity in Human Primary Visual Cortex». *Nature Neuroscience* 8 (5): 686-91.

-----2005b. «Predicting the Stream of Consciousness from Activity in Human Visual Cortex». *Current Biology* 15 (14): 1301-7.

Haynes, J. D., K. Sakai, G. Rees, S. Gilbert, C. Frith, and R. E. Passingham. 2007. «Reading Hidden Intentions in the Human Brain». *Current Biology* 17 (4): 323-28.

He, B. J., and M. E. Raichle. 2009. «The fMRI Signal, Slow Cortical Potential and Consciousness». *Trends in Cognitive Sciences* 13 (7): 302-9.

He, B. J., A. Z. Snyder, J. M. Zempel, M. D. Smyth, and M. E. Raichle. 2008. «Electrophysiological Correlates of the Brains Intrinsic Large-Scale Functional Architecture». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (41): 16039-44.

He, B. J., J. M. Zempel, A. Z. Snyder, and M. E. Raichle. 2010. «The Temporal Structures and Functional Significance of Scale-Free Brain Activity». *Neuron* 66 (3): 353-69.

He, S., and D. I. MacLeod. 2001. «Orientation-Selective Adaptation and Tilt After-Effect from Invisible Patterns». *Nature* 411 (6836): 473-76.

Hebb, D. O. 1949. *The Organization of Behavior*. New York: Wiley.

Heit, G., M. E. Smith, and E. Halgren. 1988. «Neural Encoding of Individual Words and Faces by the Human Hippocampus and Amygdala». *Nature* 333 (6175): 773-75.

Henson, R. N., E. Mouchlianitis, W. J. Matthews, and S. Kouider. 2008. «Electrophysiological Correlates of Masked Face Priming». *Neuroimage* 40 (2): 884-95.

Herrmann, E., J. Call, M. V. Hernandez-Lloreda, B. Hare, and M. Tomasello. 2007. «Humans Have Evolved Specialized Skills of Social Cognition: The Cultural Intelligence Hypothesis». *Science* 317 (5843): 1360-66.

Hochberg, L. R., D. Bacher, B. Jarosiewicz, N. Y. Masse, J. D. Simeral, J. Vogel, S. Haddadin, et al. 2012. «Reach and Grasp by People with Tetraplegia Using a Neurally Controlled Robotic Arm». *Nature* 485 (7398): 372-75.

Hofstadter, D. 2007. *I Am a Strange Loop*. New York: Basic Books.

Holender, D. 1986. «Semantic Activation Without Conscious Identification in Dichotic Listening Parafoveal Vision and Visual Masking: A Survey and Appraisal». *Behavioral and Brain Sciences* 9(1): 1-23.

Holender, D., and K. Duscherer. 2004. «Unconscious Perception: The Need for a Paradigm Shift ». *Perception and Psychophysics* 66 (5): 872-81; discussion 888-95.

Hopfield, J. J. 1982. «Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 79 (8): 2554-58.

Horikawa, T., M. Tamaki, Y. Miyawaki, and Y. Kamitani. 2013. «Neural Decoding of Visual Imagery During Sleep». *Science* 340 (6132): 639-42.

Howard, I. P. 1996. «Alhazens Neglected Discoveries of Visual Phenomena». *Perception* 25 (10): 1203-17.

Howe, M. J. A., and J. Smith. 1988. «Calendar Calculating in ‘Idiots Savants’: How Do They Do It?» *British Journal of Psychology* 79 (3): 371-86.

Huron, C., J. M. Danion, F. Giacomoni, D. Grange, P. Robert, and L. Rizzo.

1995. «Impairment of Recognition Memory With, but Not Without, Conscious Recollection in Schizophrenia». *American Journal of Psychiatry* 152 (12): 1737-42.

Izard, V, C. Sann, E. S. Spelke, and A. Streri. 2009. «Newborn Infants Perceive Abstract Numbers». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (25): 10382-85.

Izhikevich, E. M., and G. M. Edelman. 2008. «Large-Scale Model of Mammalian Thalamocortical Systems». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (9): 3593-98.

James, W. 1890. *The Principles of Psychology*. New York: Holt.

Jaynes, J. 1976. *The Origin of Consciousness in the Breakdown of the Bicameral Mind*. New York: Houghton Mifflin.

Jenkins, A. C., C. N. Macrae, and J. P. Mitchell. 2008. «Repetition Suppression of Ventromedial Prefrontal Activity During Judgments of Self and Others». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (11): 4507-12.

Jennett, B. 2002. *The Vegetative State: Medical Facts, Ethical and Legal Dilemmas*. New York: Cambridge University Press.

Jennett, B., and F. Plum. 1972. «Persistent Vegetative State After Brain Damage: A Syndrome in Search of a Name». *Lancet* 1 (7753): 734-37.

Jezek, K., E. J. Henriksen, A. Treves, E. I. Moser, and M. B. Moser. 2011. «Theta-Paced Flickering Between Place-Cell Maps in the Hippocampus». *Nature* 478 (7368): 246-49.

Ji, D., and M. A. Wilson. 2007. «Coordinated Memory Replay in the Visual Cortex and Hippocampus During Sleep». *Nature Neuroscience* 10(1): 100-7.

Johansson, P., L. Hall, S. Sikstrom, and A. Olsson. 2005. «Failure to Detect Mismatches Between Intention and Outcome in a Simple Decision Task». *Science* 310 (5745): 116-19.

Johnson, M. H., S. Dziurawiec, H. Ellis, and J. Morton. 1991. «Newborns' Preferential Tracking of Face-Like Stimuli and Its Subsequent Decline». *Cognition* 40 (1-2): 1-19.

Jolicoeur, P. 1999. «Concurrent Response-Selection Demands Modulate the Attentional Blink». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 25 (4): 1097-113.

Jordan, D., G. Stockmanns, E. F. Kochs, S. Pilge, and G. Schneider. 2008. «Electroencephalographic Order Pattern Analysis for the Separation of Consciousness and Unconsciousness: An Analysis of Approximate Entropy, Permutation Entropy, Recurrence Rate, and Phase Coupling of Order Recurrence Plots». *Anesthesiology* 109 (6): 1014-22.

Jouvet, M. 1999. *The Paradox of Sleep*. Cambridge, Mass.: MIT Press

Kahneman, D., and A. Treisman. 1984. «Changing Views of Attention and Automaticity». In *Varieties of Attention*, edited by R. Parasuraman, R. Davies, and J. Beatty, 29-61. New York: Academic Press.

Kanai, R., T. A. Carlson, F. A. Verstraten, and V. Walsh. 2009. «Perceived Timing of New Objects and Feature Changes». *Journal of Vision* 9 (7): 5.

Kanai, R., N. G. Muggleton, and V. Walsh. 2008. «TMS over the Intraparietal Sulcus Induce; Perceptual Fading». *Journal of Neurophysiology* 100 (6): 3343-50.

Kane, N. M., S. H. Curry, S. R. Butler, and B. H. Cummins. 1993. «Electrophysiological Indicator of Awakening from Coma». *Lancet* 341 (8846): 688.

Kanwisher, N. 2001. «Neural Events and Perceptual Awareness». *Cognition* 79 (1-2): 89-113.

Karlsgodt, K. H., D. Sun, A. M. Jimenez, E. S. LutjencenF, R. Willhite, T. G. van Erp, and T. D. Cannon. 2008. «Developmental Disruptions in Neural Connectivity in the Pathophysiology of Schizophrenia». *Development and Psychopathology* 20 (4): 1297-327.

Kenet, T, D. Bibitchkov, M. Tsodyks, A. Grinvald, and A. Arieli. 2003. «Spontaneously Emerging Cortical Representations of Visual Attributes». *Nature* 425 (6961): 954-56.

Kentridge, R. W., T. C. Nijboer, and C. A. Heywood. 2008. «Attended but Unseen: Visual Attention Is Not Sufficient for Visual Awareness». *Neuropsychologia* 46 (3): 864-69.

Kersten, D., P. Mamassian, and A. Yuille. 2004. «Object Perception as Bayesian Inference». *Annual Review of Psychology* 55:271-304.

Kiani, R., and M. N. Shadlen. 2009. «Representation of Confidence Associated with a Decision by Neurons in the Parietal Cortex». *Science* 324 (5928): 759-64.

Kiefer, M. 2002. «The N400 Is Modulated by Unconsciously Perceived Masked Words: Furthe: Evidence for an Automatic Spreading Activation Account of N400 Priming Effects». *Brain Research: Cognitive Brain Research* 13 (1): 27-39.

Kiefer, M., and D. Brendel. 2006. «Attentional Modulation of Unconscious ‘Automatic’ Processes: Evidence from Event-Related Potentials in a Masked Priming Paradigm». *Journal of Cognitive Neuroscience* 18 (2): 184-98.

Kiefer, M., and M. Spitzer. 2000. «Time Course of Conscious and Unconscious Semantic Brain Activation». *NeuroReport* 11(11): 2401-7.

Kiesel, A., W. Kunde, C. Pohl, M. P. Berner, and J. Hoffmann. 2009. «Playing Chess Unconsciously». *Journal of Experimental Psychology: Learning,*

Memory, Cognition 35(1): 292-98.

Kihara, K., T. Ikeda, D. Matsuyoshi, N. Hirose, T. Mima, H. Fukuyama, and N. Osaka. 2010. «Differential Contributions of the Intraparietal Sulcus and the Inferior Parietal Lobe to Attentional Blink: Evidence from Transcranial Magnetic Stimulation». *Journal of Cognitive Neuroscience* 23 (1): 247-56.

Kikyo, H., K. Ohki, and Y. Miyashita. 2002. «Neural Correlates for Feeling-of-Knowing: An fMRI Parametric Analysis». *Neuron* 36 (1): 177-86.

Kim, C. Y., and R. Blake. 2005. «Psychophysical Magic: Rendering the Visible 'Invisible'». *Trends in Cognitive Sciences* 9 (8): 381-88.

King, J. R., F. Faugeras, A. Gramfort, A. Schurger, I. El Karoui, J. D. Sitt, C. Wacongne, et al. 2013. «Single-Trial Decoding of Auditory Novelty Responses Facilitates the Detection of Residual Consciousness ». *Neuroimage*, in press.

King, J. R., J. D. Sitt, F. Faugeras, B. Rohaut, I. El Karoui, L. Cohen, L. Naccache, and S. Dehaene 2013. «Long-Distance Information Sharing Indexes the State of Consciousness of Unresponsive Patients». Submitted.

Knochel, C., V. Oertel-Knochel, R. Schonmeyer, A. Rotarska-Jagiela, V. van de Ven, D. Prvulovic, C. Haenschel, et al. 2012. «Interhemispheric Hypoconnectivity in Schizophrenia: Fiber Integrity and Volume Differences of the Corpus Callosum in Patients and Unaffected Relatives». *Neuroimage* 59 (2): 926-34.

Koch, C., and F. Crick. 2001. «The Zombie Within». *Nature* 411 (6840): 893.

Koch, C., and N. Tsuchiya. 2007. «Attention and Consciousness: Two Distinct Brain Processes». *Trends in Cognitive Sciences* 11(1): 16-22.

Koechlin, E., L. Naccache, E. Block, and S. Dehaene. 1999. «Primed Numbers: Exploring the Modularity of Numerical Representations with Masked and Unmasked Semantic Priming». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 25 (6): 1882-905.

Koivisto, M., M. Lahteenmaki, T. A. Sorensen, S. Vangkilde, M. Overgaard, and A. Revonsuo. 2008. «The Earliest Electrophysiological Correlate of Visual Awareness?» *Brain and Cognition* 66 (1): 9M03.

Koivisto, M., T. Mantyla, and J. Silvanto. 2010. «The Role of Early Visual Cortex (V1/V2) in Conscious and Unconscious Visual Perception». *Neuroimage* 51 (2): 828-34.

Koivisto, M., H. Railo, and N. Salminen-Vaparanta. 2010. «Transcranial Magnetic Stimulation of Early Visual Cortex Interferes with Subjective Visual Awareness and Objective Forced- Choice Performance». *Consciousness and Cognition* 20 (2): 288-98.

Komura, Y., A. Nikkuni, N. Hirashima, T. Uetake, and A. Miyamoto. 2013. «Responses of Pulvinar Neurons Reflect a Subjects Confidence in Visual Categorization». *Nature Neuroscience* 16:749-55.

Konopka, G., E. Wexler, E. Rosen, Z. Mukamel, G. E. Osborn, L. Chen, D. Lu, et al. 2012. «Modeling the Functional Genomics of Autism Using Human Neurons». *Molecular Psychiatry* 17 (2): 202-14.

Kornell, N., L. K. Son, and H. S. Terrace. 2007. «Transfer of Metacognitive Skills and Hint Seeking in Monkeys». *Psychological Science* 18 (1): 64-71.

Kouider, S., V. de Gardelle, J. Sackur, and E. Dupoux. 2010. «How Rich Is Consciousness? The Partial Awareness Hypothesis». *Trends in Cognitive Sciences* 14 (7): 301-7.

Kouider, S., and S. Dehaene. 2007. «Levels of Processing During Non-conscious Perception: A Critical Review of Visual Masking». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 362 (1481): 857-75.

-----2009. «Subliminal Number Priming Within and Across the Visual and Auditory Modalities». *Experimental Psychology*, in press.

Kouider, S., S. Dehaene, A. Jobert, and D. Le Bihan. 2007. «Cerebral Bases of Subliminal and Supraliminal Priming During Reading». *Cerebral Cortex* 17 (9): 2019-29.

Kouider, S., and E. Dupoux. 2004. «Partial Awareness Creates the fusion' of Subliminal Semantic Priming». *Psychological Science* 15 (2): 75-81.

Kouider, S., E. Eger, R. Dolan, and R. N. Henson. 2009. «Activity in Face-Responsive Brain Regions Is Modulated by Invisible, Attended Faces: Evidence from Masked Priming». *Cerebral Cortex* 19 (1): 13-23.

Kouider, S., C. Stahlhut, S. V. Gelskov, L. Barbosa, M. Dutat, V. de Gardelle, A. Christophe, et al. 2013. «A Neural Marker of Perceptual Consciousness in Infants». *Science* 340 (6130): 376-80.

Kovacs, A. M., E. Teglas, and A. D. Endress. 2010. «The Social Sense: Susceptibility to Others* Beliefs in Human Infants and Adults». *Science* 330 (6012): 1830-34.

Kovacs, G., R. Vogels, and G. A. Orban. 1995. «Cortical Correlate of Pattern Backward Masking». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 92 (12): 5587-91.

Kreiman, G., I. Fried, and C. Koch. 2002. «Single-Neuron Correlates of Subjective Vision in the Human Medial Temporal Lobe». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99 (12): 8378-83.

Kreiman, G., C. Koch, and I. Fried. 2000a. «Category-Specific Visual Responses of Single Neurons in the Human Medial Temporal Lobe». *Nature*

Neuroscience 3 (9): 946-53.

-----2000b. «Imagery Neurons in the Human Brain». *Nature* 408 (6810): 357-61.

Krekelberg, B., and M. Lappe. 2001. «Neuronal Latencies and the Position of Moving Objects». *Trends in Neurosciences* 24 (6): 335-39.

Krolak-Salmon, P., M. A. Henaff, C. Tallon-Baudry, B. Yvert, M. Guenet, A. Vighetto, F. Mauguiere, and O. Bertrand. 2003. «Human Lateral Geniculate Nucleus and Visual Cortex Respond to Screen Flicker». *Annals of Neurology* 53 (1): 73-80.

Kruger, J., and D. Dunning. 1999. «Unskilled and Unaware of It: How Difficulties in Recognizing Ones Own Incompetence Lead to Inflated Self-Assessments». *Journal of Personality and Social Psychology* 77 (6): 1121-34.

Kubicki, M., H. Park, C. F. Westin, P. G. Nestor, R. V. Mulkern, S. E. Maier, M. Niznikiewicz, et al. 2005. «DTI and MTR Abnormalities in Schizophrenia: Analysis of White Matter Integrity». *NeuroImage* 26 (4): 1109-18.

Lachter, J., K. I. Forster, and E. Ruthruff. 2004. «Forty-Five Years After Broadbent (1958): Still No Identification Without Attention». *Psychology Review* 111 (4): 880-913.

Lagercrantz, H., and J. P. Changeux. 2009. «The Emergence of Human Consciousness: From Fetal to Neonatal Life». *Pediatric Research* 65 (3): 255-60.

-----2010. «Basic Consciousness of the Newborn». *Seminars in Perinatology* 34 (3): 201-6.

Lai, C. S., S. E. Fisher, J. A. Hurst, F. Vargha-Khadem, and A. P. Monaco. 2001. «A Forkhead-Domain Gene Is Mutated in a Severe Speech and Language Disorder». *Nature* 413 (6855): 519-23.

Lamme, V. A. 2006. «Towards a True Neural Stance on Consciousness». *Trends in Cognitive Sciences* 10 (11): 494-501.

Lamme, V. A., and P. R. Roelfsema. 2000. «The Distinct Modes of Vision Offered by Feedforward and Recurrent Processing». *Trends in Neurosciences* 23 (11): 571-79.

Lamme, V. A., K. Zipser, and H. Spekreijse. 1998. «Figure-Ground Activity in Primary Visual Cortex Is Suppressed by Anesthesia». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95 (6): 3263-68.

Lamy, D., M. Salti, and Y. Bar-Haim. 2009. «Neural Correlates of Subjective Awareness and Unconscious Processing: An ERP Study». *Journal of Cognitive Neuroscience* 21 (7): 1435-46.

Landman, R., H. Spekreijse, and V. A. Lamme. 2003. «Large Capacity Storage of Integrated Objects Before Change Blindness». *Vision Research* 43

(2): 149-64.

Lau, H., and D. Rosenthal. 2011. «Empirical Support for Higher-Order Theories of Conscious Awareness». *Trends in Cognitive Sciences* 15 (8): 365-73.

Lau, H. C., and R. E. Passingham. 2006. «Relative Blindsight in Normal Observers and the Neural Correlate of Visual Consciousness». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (49): 18763-68.

-----2007. «Unconscious Activation of the Cognitive Control System in the Human Prefrontal Cortex». *Journal of Neuroscience* 27 (21): 5805-11.

Laureys, S. 2005. «The Neural Correlate of (Un)Awareness: Lessons from the Vegetative State». *Trends in Cognitive Sciences* 9 (12): 556-59.

Laureys, S., M. E. Faymonville, A. Luxen, M. Lamy, G. Franck, and P. Maquet. 2000. «Restoration of Thalamocortical Connectivity After Recovery from Persistent Vegetative State». *Lancet* 355 (9217): 1790-91.

Laureys, S., C. Lemaire, P. Maquet, C. Phillips, and G. Franck. 1999. «Cerebral Metabolism During Vegetative State and After Recovery to Consciousness». *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 67 (1): 121.

Laureys, S., J. M. Owen, and N.D. Schiff. 2004. «Brain Function in Coma, Vegetative State, and Related Disorders». *Lancet Neurology* 3 (9): 537-46.

Laureys, S., F. Pellas, P. Van Eeckhout, S. Ghorbel, C. Schnakers, F. Perrin, Berre, et al. 2005. «The Locked-In Syndrome: What Is It Like to Be Conscious but Paralyzed and Voiceless?» *Progress in Brain Research* 150:495-511.

Lawrence, N. S., F. Jollant, O. O'Daly, F. Zelaya, and M. L. Phillips. 2009. «Distinct Roles of Prefrontal Cortical Subregions in the Iowa Gambling Task». *Cerebral Cortex* 19 (5): 1134-43.

Ledoux, J. 1996. *The Emotional Brain*. New York: Simon and Schuster.

Lenggenhager, B., M. Mouthon, and O. Blanke. 2009. «Spatial Aspects of Bodily Self-Consciousness». *Consciousness and Cognition* 18 (1): 110-17.

Lenggenhager, B., T. Tadi, T. Metzinger, and O. Blanke. 2007. «Video Ergo Sum: Manipulating Bodily Self-Consciousness». *Science* 317 (5841): 1096-99.

Leon-Carrion, J., P. van Eeckhout, R. Dominguez-Morales Mdel, and F. J. Perez-Santamaria. 2002. «The Locked-In Syndrome: A Syndrome Looking for a Therapy». *Brain Injury* 16(7): 571-82.

Leopold, D. A., and N. K. Logothetis. 1996. «Activity Changes in Early Visual Cortex Reflect Monkeys' Percepts During Binocular Rivalry». *Nature* 379 (6565): 549-53.

-----1999. «Multistable Phenomena: Changing Views in Perception». *Trends in Cognitive Sciences* 3 (7): 254-64.

Leroy, F., H. Glasel, J. Dubois, L. Hertz-Pannier, B. Thirion, J. F. Mangin, and G. Dehaene-Lambertz. 2011. «Early Maturation of the Linguistic Dorsal Pathway in Human Infants ». *Journal of Neuroscience* 31 (4): 1500-6.

Levelt, W. J. M. 1989. *Speaking: From Intention to Articulation*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Levy, J., H. Pashler, and E. Boer. 2006. «Central Interference in Driving: Is There Any Stopping the Psychological Refractory Period?» *Psychological Science* 17 (3): 228-35.

Lewis, J. L. 1970. «Semantic Processing of Unattended Messages Using Dichotic Listening». *Journal of Experimental Psychology* 85 (2): 225-28.

Libet, B. 1965. «Cortical Activation in Conscious and Unconscious Experience». *Perspectives in Biology and Medicine* 9(1): 77-86.

-----1991. «Conscious vs Neural Time». *Nature* 352 (6330): 27-28.

-----2004. *Mind Time: The Temporal Factor in Consciousness*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Libet, B., W. W. Alberts, E. W. Wright, Jr., L. D. Delattre, G. Levin, and B. Feinstein. 1964. «Production of Threshold Levels of Conscious Sensation by Electrical Stimulation of Human Somatosensory Cortex». *Journal of Neurophysiology* 27: 546-78.

Libet, B., W. W. Alberts, E. W. Wright, Jr., and B. Feinstein. 1967. «Responses of Human Somatosensory Cortex to Stimuli Below Threshold for Conscious Sensation». *Science* 158 (808): 1597-600.

Libet, B., C. A. Gleason, E. W. Wright, and D. K. Pearl. 1983. «Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activity (Readiness-Potential). The Unconscious Initiation of a Freely Voluntary Act». *Brain* 106 (3): 623-42.

Libet, B., E. W. Wright, Jr., B. Feinstein, and D. K. Pearl. 1979. «Subjective Referral of the Timing for a Conscious Sensory Experience: A Functional Role for the Somatosensory Specific Projection System in Man». *Brain* 102 (1): 193-224.

Liu, Y., M. Liang, Y. Zhou, Y. He, Y. Hao, M. Song, C. Yu, et al. 2008. «Disrupted Small-World Networks in Schizophrenia». *Brain* 131 (4): 945-61.

Logan, G. D., and M. J. Crump. 2010. «Cognitive Illusions of Authorship Reveal Hierarchical Error Detection in Skilled Typists». *Science* 330 (6004): 683-86.

Logan, G. D., and M. D. Schulkind. 2000. «Parallel Memory Retrieval in Dual-Task Situations: I. Semantic Memory». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 26 (3): 1072-90.

Logothetis, N. K. 1998. «Single Units and Conscious Vision».

Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 353 (1377): 1801-18.

Logothetis, N. K., D. A. Leopold, and D. L. Sheinberg. 1996. «What Is Rivalling During Binocular Rivalry?» *Nature* 380 (6575): 621-24.

Louie, K., and M. A. Wilson. 2001. «Temporally Structured Replay of Awake Hippocampal Ensemble Activity During Rapid Eye Movement Sleep». *Neuron* 29 (1): 145-56.

Luck, S. J., R. L. Fuller, E. L. Braun, B. Robinson, A. Summerfelt, and J. M. Gold. 2006. «The Speed of Visual Attention in Schizophrenia: Electrophysiological and Behavioral Evidence». *Schizophrenia Research* 85 (1-3): 174-95.

Luck, S.J., E. S. Kappenman, R. L. Fuller, B. Robinson, A. Summerfelt, and J. M. Gold. 2009 «Impaired Response Selection in Schizophrenia: Evidence from the P3 Wave and the Lateralized Readiness Potential». *Psychophysiology* 46 (4): 776-86.

Luck, S. J., E. K. Vogel, and K. L. Shapiro. 1996. «Word Meanings Can Be Accessed but Not Reported During the Attentional Blink». *Nature* 383 (6601): 616-18.

Lumer, E. D., G. M. Edelman, and G. Tononi. 1997a. «Neural Dynamics in a Model of the Thalamocortical System. I. Layers, Loops and the Emergence of Fast Synchronous Rhythms *Cerebral Cortex* 7 (3): 207-27.

-----1997b. «Neural Dynamics in a Model of the Thalamocortical System. II. The Role of

Neural Synchrony Tested Through Perturbations of Spike Timing». *Cerebral Cortex* 7 (3) 228-36.

Lumer, E. D., K. J. Friston, and G. Rees. 1998. «Neural Correlates of Perceptual Rivalry in the Human Brain». *Science* 280 (5371): 1930-34.

Lynali, M. E., D. S. Bassett, R. Kerwin, P. J. McKenna, M. Kitzbichler, U. Muller, and E. Builmore. 2010. «Functional Connectivity and Brain Networks in Schizophrenia». *Journal of Neuroscience* 30 (28): 9477-87.

Mack, A., and I. Rock. 1998. *Inattentional Blindness*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Macknik, S. L., and M. M. Haglund. 1999. «Optical Images of Visible and Invisible Percepts in the Primary Visual Cortex of Primates». *Proceedings of the National Academy of Science*; 96 (26): 15208-10.

MacLeod, D. I., and S. He. 1993. «Visible Flicker from Invisible Patterns». *Nature* 361 (6409) 256-58.

Magnusson, C. E., and H. C. Stevens. 1911. «Visual Sensations Created by a Magnetic Field». *American Journal of Physiology* 29:124-36.

Maia, T. V, and J. L. McClelland. 2004. «A Reexamination of the Evidence for the Somatic Marker Hypothesis: What Participants Really Know in the Iowa Gambling Task». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101 (45): 16075-80.

Maier, A., M. Wilke, C. Aura, C. Zhu, F. Q. Ye, and D. A. Leopold. 2008. «Divergence of fMR: and Neural Signals in V1 During Perceptual Suppression in the Awake Monkey». *Nature Neuroscience* 11 (10): 1193-200.

Marcel, A. J. 1980. «Conscious and Preconscious Recognition of Polysemous Words: Locating the Selective Effect of Prior Verbal Context». In *Attention and Performance*, edited by R.S Nickerson, vol. 8. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.

-----1983. «Conscious and Unconscious Perception: Experiments on Visual Masking and Word Recognition». *Cognitive Psychology* 15:197-237.

Marois, R., D. J. Yi, and M. M. Chun. 2004. «The Neural Fate of Consciously Perceived and Missed Events in the Attentional Blink». *Neuron* 41 (3): 465-72.

Marshall, J. C., and P. W. Halligan. 1988. «Blindsight and Insight in Visuo-Spatial Neglect». *Nature* 336 (6201): 766-67.

Marti, S., J. Sackur, M. Sigman, and S. Dehaene. 2010. «Mapping Introspections Blind Spot: Reconstruction of Dual-Task Phenomenology Using Quantified Introspection». *Cognition* 115 (2): 303-13.

Marti, S., M. Sigman, and S. Dehaene. 2012. «A Shared Cortical Bottleneck Underlying Attentional Blink and Psychological Refractory Period». *Neuroimage* 59 (3): 2883-98.

Martcorena, D. C., A. M. Ruiz, C. Mukerji, A. Goddu, and L. R. Santos. 2011. «Monkeys Represent Others* Knowledge but Not Their Beliefs». *Developmental Science* 14 (6): 1406-16.

Mason, M. F., M. I. Norton, I. D. Van Horn, D. M. Wegner, S. T. Grafton, and C. N. Macrae. 2007. «Wandering Minds: The Default Network and Stimulus-Independent Thought». *Science* 315 (5810): 393-95.

Massimini, M., M. Boly, A. Casali, M. Rosanova, and G. Tononi. 2009. «A Perturbadonal Approach for Evaluating the Brains Capacity for Consciousness». *Progress in Brain Research* 177:201-14.

Massimini, M., F. Ferrarelli, R. Huber, S. K. Esser, H. Singh, and G. Tononi. 2005. «Breakdown of Cortical Effective Connectivity During Sleep». *Science* 309 (5744): 2228-32.

Matsuda, W., A. Matsumura, Y. Komatsu, K. Yanaka, and T. Nose. 2003. «Awakenings from Persistent Vegetative State: Report of Three Cases with Parkinsonism and Brain Stem Lesions on MRI». *Journal of Neurology*,

Neurosurgery, and Psychiatry 74 (11): 1571-73.

Matder, U. 2005. «Inhibition and Decay of Motor and Nonmotor Priming». *Attention, Perception and Psychophysics* 67 (2): 285-300.

Maudsley, H. 1868. *The Physiology and Pathology of the Mind*. London: Macmillan.

May, A., G. Hajak, S. Ganssbauer, T. Steffens, B. Langguth, T. Kleinjung, and P. Eichhammer. 2007. «Structural Brain Alterations Following 5 Days of Intervention: Dynamic Aspects of Neuroplasticity». *Cerebral Cortex* 17 (1): 205-10.

McCarthy, M. M., E. N. Brown, and N. Kopell. 2008. «Potential Network Mechanisms Mediating Electroencephalographs Beta Rhythm Changes During Propofol-Induced Paradoxical Excitation». *Journal of Neuroscience* 28 (50): 13488-504.

McClure, R. K. 2001. «The Visual Backward Masking Deficit in Schizophrenia». *Progress in Neuro-psychopharmacology and Biological Psychiatry* 25 (2): 301-11.

McCormick, P. A. 1997. «Orienting Attention Without Awareness». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 23 (1): 168-80.

McGlinchey-Berroth, R., W. P. Milberg, M. Verfaellie, M. Alexander, and P. Kilduff. 1993. «Semantic Priming in the Neglected Field: Evidence from a Lexical Decision Task». *Cognitive Neuropsychology* 10:79-108.

McGurk, H., andj. MacDonald. 1976. «Hearing Lips and Seeing Voices». *Nature* 264 (5588): 746-48.

Mcintosh, A. R., M. N. Rajah, and N. J. Lobaugh. 1999. «Interactions of Prefrontal Cortex in Relation to Awareness in Sensory Learning». *Science* 284 (5419): 1531-33.

Mehler, J., P. Jusczyk, G. Lambertz, N. Halsted, J. Bertoncini, and C. Amiel-Tison. 1988. «A Precursor of Language Acquisition in Young Infants». *Cognition* 29 (2): 143-78.

Melloni, L., C. Molina, M. Pena, D. Torres, W. Singer, and E. Rodriguez. 2007. «Synchronization of Neural Activity Across Cortical Areas Correlates with Conscious Perception». *Journal of Neuroscience* 27 (11): 2858-65.

Meltzoff, A. N., and R. Brooks. 2008. «Self-Experience as a Mechanism for Learning About Others: A Training Study in Social Cognition». *Developmental Psychology* 44 (5): 1257-65.

Merikle, P. M. 1992. «Perception Without Awareness: Critical Issues». *American Psychologist* 47:792-96.

Merikle, P. M., and S. Joordens. 1997. «Parallels Between Perception

Without Attention and Perception Without Awareness». *Consciousness and Cognition* 6 (2-3): 219-36.

Meyer, K., and A. Damasio. 2009. «Convergence and Divergence in a Neural Architecture for Recognition and Memory». *Trends in Neurosciences* 32 (7): 376-82.

Miller, A., J. W. Sleight, J. Barnard, and D. A. Steyn-Ross. 2004. «Does Bispectral Analysis of the Electroencephalogram Add Anything but Complexity?» *British Journal of Anaesthesia* 92(1): 8-13.

Milner, A. D., and M. A. Goodale. 1995. *The Visual Brain in Action*. New York: Oxford University Press.

Monti, M. M., A. Vanhaudenhuyse, M. R. Coleman, M. Boly, J. D. Pickard, L. Tshibanda, A. M. Owen, and S. Laureys. 2010. «Willful Modulation of Brain Activity in Disorders of Consciousness». *New England Journal of Medicine* 362 (7): 579-89.

Moray, N. 1959. «Attention in Dichotic Listening: Affective Cues and the Influence of Instructions». *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 9: 56-60.

Moreno-Bote, R., D. C. Knill, and A. Pouget. 2011. «Bayesian Sampling in Visual Perception». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (30): 12491-96.

Morland, A. B., S. Le, E. Carroll, M. B. Hoffmann, and A. Pambakian. 2004. «The Role of Spared Calcarine Cortex and Lateral Occipital Cortex in the Responses of Human Hemianopes to Visual Motion». *Journal of Cognitive Neuroscience* 16 (2): 204-18.

Moro, S. I., M. Tolboom, P. S. Khayat, and P. R. Roelfsema. 2010. «Neuronal Activity in the Visual Cortex Reveals the Temporal Order of Cognitive Operations». *Journal of Neuroscience* 30 (48): 16293-303.

Morris, J. S., B. DeGelder, L. Weiskrantz, and R. J. Dolan. 2001. «Differential Extrageniculostriate and Amygdala Responses to Presentation of Emotional Faces in a Cortically Blind Field». *Brain* 124 (6): 1241-52.

Morris, J. S., A. Ohman, and R. J. Dolan. 1998. «Conscious and Unconscious Emotional Learning in the Human Amygdala». *Nature* 393 (6684): 467-70.

-----1999. «A Subcortical Pathway to the Right Amygdala Mediating 'Unseen Fear'». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96 (4): 1680-85.

Moruzzi, G., and H. W. Magoun. 1949. «Brain Stem Reticular Formation and Activation of the EEG». *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1 (4): 455-73.

Naatanen, R., P. Paavilainen, T. Rinne, and K. Alho. 2007. «The Mismatch Negativity (MMN) in Basic Research of Central Auditory Processing: A Review». *Clinical Neurophysiology* 118 (12): 2544-90.

Naccache, L. 2006a. «Is She Conscious?» *Science* 313 (5792): 1395-96.

-----2006b. *Le nouvel inconscient*. Paris: Editions Odile Jacob.

Naccache, L., E. Blandin, and S. Dehaene. 2002. «Unconscious Masked Priming Depends on Temporal Attention». *Psychological Science* 13:416-24.

Naccache, L., and S. Dehaene. 2001a. «The Priming Method: Imaging Unconscious Repetition Priming Reveals an Abstract Representation of Number in the Parietal Lobes». *Cerebral Cortex* 11 (10): 966-74.

-----2001b. «Unconscious Semantic Priming Extends to Novel Unseen Stimuli». *Cognition* 80 (3): 215-29.

Naccache, L., R. Gaillard, C. Adam, D. Hasboun, S. Clmcnceau, M. Baulac, S. Dchacne, and L. Cohen. 2005. «A Direct Intracranial Record of Emotions Evoked by Subliminal Words». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:7713-17.

Naccache, L., L. Puybasset, R. Gaillard, E. Serve, and J. C. Wilier. 2005. «Auditory Mismatch Negativity Is a Good Predictor of Awakening in Comatose Patients: A Fast and Reliable Procedure». *Clinical Neurophysiology* 116 (4): 988-89.

Nachev, P., and M. Husain. 2007. Comment on «Detecting Awareness in the Vegetative State». *Science* 315 (5816): 1221; author reply 1221.

Nelson, C. A., K. M. Thomas, M. de Haan, and S. S. Wewerka. 1998. «Delayed Recognition Memory in Infants and Adults as Revealed by Event-Related Potentials». *International Journal of Psychophysiology* 29 (2): 145-65.

New, J. J., and B. J. Scholl. 2008. «Perceptual Scotomas: A Functional Account of Motion Induced Blindness». *Psychological Science* 19 (7): 653-59.

Nieder, A., and S. Dehaene. 2009. «Representation of Number in the Brain». *Annual Review of Neuroscience* 32:185-208.

Nieder, A., and E. K. Miller. 2004.« A Parieto-Frontal Network for Visual Numerical Information in the Monkey». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101(19): 7457-62.

Nieuwenhuis, S., M. S. Gilzenrat, B. D. Holmes, and J. D. Cohen. 2005. «The Role of the Locus Coeruleus in Mediating the Attentional Blink: A Neurocomputational Theory». *Journal of Experimental Psychology: General* 134 (3): 291-307.

Nieuwenhuis, S., K. R. Ridderinkhof, J. Blom, G. P. Band, and A. Kok. 2001. «Error-Related Brain Potentials Are Differentially Related to Awareness of Response Errors: Evidence from an Antisaccade Task». *Psychophysiology* 38

(5): 752-60.

Nimchinsky, E. A., E. Gilissen, J. M. Allman, D. P. Perl, J. M. Erwin, and P. R. Hof. 1999. «A Neuronal Morphologic Type Unique to Humans and Great Apes». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96 (9): 5268-73.

Nisbett, R. E., and T. D. Wilson. 1977. «Telling More Than We Can Know: Verbal Reports on Mental Processes». *Psychological Review* 84 (3): 231-59.

Norretranders, T. 1999. *The User Illusion: Cutting Consciousness Down to Size*. London: Penguin.

Norris, D. 2006. «The Bayesian Reader: Explaining Word Recognition as an Optimal Bayesian Decision Process». *Psychological Review* 113 (2): 327-57.

-----2009. «Putting It All Together: A Unified Account of Word Recognition and Reaction-Time Distributions». *Psychological Review* 116(1): 207-19.

Ochsner, K. N., K. Knierim, D. H. Ludlow, J. Hanelin, T. Ramachandran, G. Glover, and S. C. Mackey. 2004. «Reflecting upon Feelings: An fMRI Study of Neural Systems Supporting the Attribution of Emotion to Self and Other». *Journal of Cognitive Neuroscience* 16 (10): 1746-72.

Ogawa, S., T. M. Lee, A. R. Kay, and D. W. Tank. 1990. «Brain Magnetic Resonance Imaging with Contrast Dependent on Blood Oxygenation». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 87 (24): 9868-72.

Overgaard, M., J. Rote, K. Mouridsen, and T. Z. Ramsøy. 2006. «Is Conscious Perception Gradual or Dichotomous? A Comparison of Report Methodologies During a Visual Task». *Consciousness and Cognition* 15 (4): 700-8.

Owen, A., M. R. Coleman, M. Boly, M. H. Davis, S. Laureys, D. Jolles, and J. D. Pickard. 2007. «Response to Comments on ‘Detecting Awareness in the Vegetative State’». *Science* 315(5816): 1221.

Owen, A. M., M. R. Coleman, M. Boly, M. H. Davis, S. Laureys, and J. D. Pickard. 2006. «Detecting Awareness in the Vegetative State». *Science* 313 (5792): 1402.

Pack, C. C., V. K. Berezovskii, and R. T. Born. 2001. «Dynamic Properties of Neurons in Cortical Area MT in Alert and Anaesthetized Macaque Monkeys». *Nature* 414 (6866): 905-8.

Pack, C. C., and R. T. Born. 2001. «Temporal Dynamics of a Neural Solution to the Aperture Problem in Visual Area MT of Macaque Brain». *Nature* 409 (6823): 1040-42.

Pallier, C., A. D. Devauchelle, and S. Dehaene. 2011. «Cortical Representation of the Constituent Structure of Sentences». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (6): 2522-27.

Palva, S., K. Linkenkaer-Hansen, R. Naatanen, and J. M. Palva. 2005. «Early Neural Correlates of Conscious Somatosensory Perception». *Journal of Neuroscience* 25 (21): 5248-58.

Parvizi, J., and A. R. Damasio. 2003. «Neuroanatomical Correlates of Brainstem Coma». *Brain* 126 (7): 1524-36.

Parvizi, J., C. Jacques, B. L. Foster, N. Withoft, V. Rangarajan, K. S. Weiner, and K. Grill-Spector. 2012. «Electrical Stimulation of Human Fusiform Face-Selective Regions Distorts Face Perception» *Journal of Neuroscience* 32 (43): 14915-20.

Parvizi, J., G. W. Van Hoesen, J. Buckwalter, and A. Damasio. 2006. «Neural Connections of the Posteromedial Cortex in the Macaque». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (5): 1563-68.

Pascual-Leone, A., V. Walsh, and J. Rothwell. 2000. «Transcranial Magnetic Stimulation in Cognitive Neuroscience-Virtual Lesion, Chronometry, and Functional Connectivity». *Current Opinion in Neurobiology* 10 (2): 232-37.

Pashler, H. 1984. «Processing Stages in Overlapping Tasks: Evidence for a Central Bottleneck». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 10 (3): 358-77.

-----1994. «Dual-Task Interference in Simple Tasks: Data and Theory». *Psychological Bulletin*. 116 (2): 220-44.

Peirce, C. S. 1901. «The Proper Treatment of Hypotheses: A Preliminary Chapter, Toward an Examination of Humes Argument Against Miracles, in Its Logic and in Its History». *Historical Perspectives* 2:890-904.

Penrose, R., and S. Hameroff. 1998.« The Penrose-Hameroff Orch OR' Model of Consciousness». *Philosophical Transactions of the Royal Society London (A)* 356:1869-96.

Perin, R., T. K. Berger, and H. Markram. 2011. «A Synaptic Organizing Principle for Cortical Neuronal Groups». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (13): 5419-24.

Perner, J., and M. Aichhom. 2008. «Theory of Mind, Language and the Temporoparietal Junction Mystery». *Trends in Cognitive Sciences* 12 (4): 123-26.

Persaud, N., M. Davidson, B. Maniscalco, D. Mobbs, R. E. Passingham, A. Cowey, and H. Lau. 2011. «Awareness-Related Activity in Prefrontal and Parietal Cortices in Blindsight Reflects More Than Superior Visual Performance». *Neuroimage* 58 (2): 605-11.

Pessiglione, M., P. Petrovic, J. Daunizeau, S. Palminteri, R. J. Dolan, and C. D. Frith. 2008. «Subliminal Instrumental Conditioning Demonstrated in the Human Brain». *Neuron* 59 (4): 561-67.

Pessiglione, M., L. Schmidt, B. Draganski, R. Kalisch, H. Lau, R. J. Dolan, and C. D. Frith. 2007. «How the Brain Translates Money into Force: A Neuroimaging Study of Subliminal Motivation». *Science* 316 (5826): 904-6.

Petersen, S. E., H. van Mier, J. A. Fiez, and M. E. Raichle. 1998. «The Effects of Practice on the Functional Anatomy of Task Performance». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95 (3): 853-60.

Peyrache, A., M. Khamassi, K. Bcnchcnanc, S. I. Wiener, and F. P. Battaglia. 2009. «Replay of Rule-Learning Related Neural Patterns in the Prefrontal Cortex During Sleep». *Nature Neuroscience* 12 (7): 919-26.

Piazza, M., V. Izard, P. Pinel, D. Le Bihan, and S. Dehaene. 2004. «Tuning Curves for Approximate Numerosity in the Human Intraparietal Sulcus». *Neuron* 44 (3): 547-55.

Piazza, M., P. Pinel, D. Le Bihan, and S. Dehaene. 2007. «A Magnitude Code Common to Numerosities and Number Symbols in Human Intraparietal Cortex». *Neuron* 53:293-305.

Picton, T. W. 1992. «The P300 Wave of the Human Event-Related Potential». *Journal of Clinical Neurophysiology* 9 (4): 456-79.

Pinel, P., F. Fauchereau, A. Moreno, A. Barbot, M. Lathrop, D. Zelenika, D. Le Bihan, et al. 2012. «Genetic Variants of FOXP2 and KLAA0319/TTRAP/THEM2 Locus Are Associated with Altered Brain Activation in Distinct Language-Related Regions». *Journal of Neuroscience* 32 (3): 817-25.

Pins, D., and D. Ffytche. 2003. «The Neural Correlates of Conscious Vision». *Cerebral Cortex* 13 (5): 461-74.

Pisella, L., H. Grea, C. Tilikete, A. Vighetto, M. Desmurget, G. Rode, D. Boisson, and Y. Rossetti. 2000. «An 'Automatic Pilot' for the Hand in Human Posterior Parietal Cortex: Toward Reinterpreting Optic Ataxia». *Nature Neuroscience* 3 (7): 729-36.

Plotnik, J. M., F. B. de Waal, and D. Reiss. 2006. «Self-Recognition in an Asian Elephant». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (45): 17053-57.

Pontifical Academy of Sciences. 2008. Why the Concept of Death is Valid as a Definition of Brain Death. Statement by the Pontifical Academy of Sciences and Responses to Objections, <http://www.pas.va/content/accademia/en/publications/extraseries/braindeath.html>

Portas, C. M., K. Krakow, P. Allen, O. Josephs, J. L. Armony, and C. D. Frith. 2000. «Auditory Processing Across the Sleep-Wake Cycle: Simultaneous EEG and fMRI Monitoring in Humans». *Neuron* 28 (3): 991-99.

Posner, M.I. 1994. «Attention: The Mechanisms of Consciousness».

Proceedings of the National Academy of Sciences 91:7398-403.

Posner, M. I., and M. K. Rothbart. 1998. «Attention, Self-Regulation and Consciousness». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 353 (1377): 1915-27.

Posner, M. I., and C. R. R. Snyder. 1975/2004. «Attention and Cognitive Control». In *Cognitive Psychology: Key Readings*, edited by D. A. Balota, and E. J. Marsh, 205-23. New York: Psychology Press.

-----1975. «Attention and Cognitive Control». In *Information Processing and Cognition: The Loyola Symposium*, edited by R. L. Solso, 55-85. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.

Prior, H., A. Schwarz, and O. Gunturkun. 2008. «Mirror-Induced Behavior in the Magpie (*Pica Pica*): Evidence of Self-Recognition». *PLOS Biology* 6 (8): e202.

Quiroga, R. Q., G. Kreiman, C. Koch, and I. Fried. 2008. «Sparse but Not.'Grandmother-Cell Coding in the Medial Temporal Lobe». *Trends in Cognitive Sciences* 12 (3): 87-91.

Quiroga, R. Q., R. Mukamel, E. A. kham, R. Malach, and I. Fried. 2008. «Human Single-Neuron Responses at the Threshold of Conscious Recognition?». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (9): 3599-604.

Quiroga, R. Q., L. Reddy, C. Koch, and I. Fried. 2007. «Decoding Visual Inputs from Multiple Neurons in the Human Temporal Lobe». *Journal of Neurophysiology* 98 (4): 1997-2007.

Quiroga, R. Q., L. Reddy, G. Kreiman, C. Koch, and I. Fried. 2005. «Invariant Visual Representation by Single Neurons in the Human Brain». *Nature* 435 (7045): 1102-7.

Raichle, M. E. 2010. «Two Views of Brain Function». *Trends in Cognitive Sciences* 14 (4): 180-90.

Raichle, M. E., J. A. Fiesz, T. O. Videen, and A. K. MacLeod. 1994. «Practice-Related Changes in Human Brain Functional Anatomy During Nonmotor Learning». *Cerebral Cortex* 4: 8-26.

Raichle, M. E., A. M. MacLeod, A. Z. Snyder, W. J. Powers, D. A. Gusnard, and G. L. Shulman. 2001. «A Default Mode of Brain Function». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 (2): 676-82.

Railo, H., and M. Koivisto. 2009. «The Electrophysiological Correlates of Stimulus Visibility and Metacontrast Masking». *Consciousness and Cognition* 18 (3): 794-803.

Ramachandran, V. S., and R. L. Gregory. 1991. «Perceptual Filling In of Artificially Induced Scotomas in Human Vision». *Nature* 350 (6320): 699-702.

Raymond, J. E., K. L. Shapiro, and K. M. Amcll. 1992. «Temporary

Suppression of Visual Processing in an RSVP Task: An Attentional Blink V
Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance 18
(3): 849-60.

Reddy, L., R. Q. Quiroga, P. Wilken, C. Koch, and I. Fried. 2006. «A Single-Neuron Correlate of Change Detection and Change Blindness in the Human Medial Temporal Lobe». *Current Biology* 16(20): 2066-72.

Reed, C. M., and N. I. Durlach. 1998. «Note on Information Transfer Rates in Human Communication». *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 7 (5): 509-18.

Reiss, D., and L. Marino. 2001. «Mirror Self-Recognition in the Bottlenose Dolphin: A Case of Cognitive Convergence». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 (10): 5937-42.

Rensink, R. A., J. K. O'Regan, and Clark. 1997. «To See or Not to See: The Need for Attention to Perceive Changes in Scenes». *Psychological Science* 8:368-73.

Reuss, H., A. Kiesel, W. Kunde, and B. Hommel. 2011. «Unconscious Activation of Task Sets». *Consciousness and Cognition* 20 (3): 556-67.

Reuter, F., A. Del Cul, B. Audoin, I. Malikova, L. Naccache, J. P. Ranjeva, O. Lyon-Caen, et al. 2007. «Intact Subliminal Processing and Delayed Conscious Access in Multiple Sclerosis». *Neuropsychologia* 45 (12): 2683-91.

Reuter, F., A. Del Cul, I. Malokova, L. Naccache, S. Confort-Gouny, L. Cohen, A. A. Cherif, et al. 2009. «White Matter Damage Impairs Access to Consciousness in Multiple Sclerosis». *Neuroimage* 44 (2): 590-99.

Reynvoet, B., and M. Brysbaert. 1999. «Single-Digit and Two-Digit Arabic Numerals Address the Same Semantic Number Line». *Cognition* 72 (2): 191-201.

-----2004. «Cross-Notation Number Priming Investigated at Different Stimulus Onset Asynchronies in Parity and Naming Tasks». *Journal of Experimental Psychology* 51 (2): 81-90.

Reynvoet, B., M. Brysbaert, and W. Fias. 2002. «Semantic Priming in Number Naming». *Quarterly Journal of Experimental Psychology A* 55 (4): 1127-39.

Reynvoet, B., W. Gevers, and B. Caessens. 2005. «Unconscious Primes Activate Motor Codes Through Semantics». *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, Cognition* 31 (5): 991-1000.

Ricoeur, P. 1990. *Soi-meme comme un autre*. Paris: Le Seuil.

Rigas, P., and M. A. Castro-Alamancos. 2007. «Thalamocortical Up States: Differential Effects of Intrinsic and Extrinsic Cortical Inputs on Persistent Activity». *Journal of Neuroscience* 27 (16): 4261-72.

Rockstroh, B., M. Müller, R. Cohen, and T. Elbert. 1992. «Probing the Functional Brain State During P300 Evocation». *Journal of Psychophysiology* 6:175-84.

Rodriguez, E., N. George, J. P. Lachaux, J. Martinerie, B. Renault, and F. J. Varela. 1999. «Perceptions Shadow: Long-Distance Synchronization of Human Brain Activity». *Nature* 397 (6718): 430-33.

Roelfsema, P. R. 2005. «Elemental Operations in Vision». *Trends in Cognitive Sciences* 9 (5): 226-33.

Roelfsema, P. R., P. S. Khayat, and H. Spekreijse. 2003. «Subtask Sequencing in the Primary Visual Cortex». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100 (9): 5467-72.

Roelfsema, P. R., V. A. Lamme, and H. Spekreijse. 1998. «Object-Based Attention in the Primary Visual Cortex of the Macaque Monkey». *Nature* 395 (6700): 376-81.

Ropper, A. H. 2010. «Cogito Ergo Sum by MRI». *New England Journal of Medicine* 362 (7): 648-49.

Rosanova, M., O. Gosseries, S. Casarotto, M. Boly, A. G. Casali, M. A. Bruno, M. Mariotti, et al. 2012. «Recovery of Cortical Effective Connectivity and Recovery of Consciousness in Vegetative Patients». *Brain* 135 (4): 1308-20.

Rosenthal, D. M. 2008. «Consciousness and Its Function». *Neuropsychologia* 46 (3): 829-40.

Ross, C. A., R. L. Margolis, S. A. Reading, M. Pletnikov, and J. T. Coyle. 2006. «Neurobiology of Schizophrenia». *Neuron* 52 (1): 139-53.

Rougier, N. P., D. C. Noelle, T. S. Braver, J. D. Cohen, and R. C. O'Reilly. 2005. «Prefrontal Cortex and Flexible Cognitive Control: Rules Without Symbols». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (22): 7338-43.

Rounis, E., B. Maniscalco, J. C. Rothwell, R. Passingham, and H. Lau. 2010. «Theta-Burst Transcranial Magnetic Stimulation to the Prefrontal Cortex Impairs Metacognitive Visual Awareness». *Cognitive Neuroscience* 1 (3): 165-75.

Sackur, J., and S. Dehaene. 2009. «The Cognitive Architecture for Chaining of Two Mental Operations». *Cognition* 111 (2): 187-211.

Sackur, J., L. Naccache, P. Pradat-Diehl, P. Azouvi, D. Mazevet, R. Katz, L. Cohen, and S. Dehaene. 2008. «Semantic Processing of Neglected Numbers». *Cortex* 44 (6): 673-82.

Sadaghiani, S., G. Hesselmann, K. J. Friston, and A. Kleinschmidt. 2010. «The Relation of Ongoing Brain Activity, Evoked Neural Responses, and Cognition». *Frontiers in Systems Neuroscience* 4:20.

Sadaghiani, S., G. Hesselmann, and A. Kleinschmidt. 2009. «Distributed

and Antagonistic Contributions of Ongoing Activity Fluctuations to Auditory Stimulus Detection». *Journal of Neuroscience* 29 (42): 13410-17.

Saga, Y., M. Iba, J. Tanji, and E. Hoshi. 2011. «Development of Multidimensional Representations of Task Phases in the Lateral Prefrontal Cortex». *Journal of Neuroscience* 31 (29): 10648-65.

Sahraie, A., L. Weiskrantz, J. L. Barbur, A. Simmons, S. C. R. Williams, and M. J. Brammer. 1997. «Pattern of Neuronal Activity Associated with Conscious and Unconscious Processing of Visual Signals». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94:9406-U.

Salin, P. A., and J. Bullier. 1995. «Corticocortical Connections in the Visual System: Structure and Function». *Physiological Reviews* 75 (1): 107-54.

Saur, D., B. Schelter, S. Schnell, D. Kratochvil, H. Kupper, P. Kellmeyer, D. Kummerer, et al. 2010. «Combining Functional and Anatomical Connectivity Reveals Brain Networks for Auditory Language Comprehension». *Neuroimage* 49 (4): 3187-97.

Saxe, R. 2006. «Uniquely Human Social Cognition». *Current Opinion in Neurobiology* 16 (2): 235-39.

Saxe, R., and L. J. Powell. 2006. «Its the Thought That Counts: Specific Brain Regions for One Component of Theory of Mind». *Psychological Science* 17 (8): 692-99.

Schenker, N. M., D. P. Buxhoevedn, W. L. Blackmon, K. Amunts, K. Zilles, and K. Semendeferi. 2008. «A Comparative Quantitative Analysis of Cytoarchitecture and Minicolumnar Organization in Brocas Area in Humans and Great Apes». *Journal of Comparative Neurology* 510 (1): 117-28.

Schenker, N. M., W. D. Hopkins, M. A. Spocter, A. R. Garrison, C. D. Stimpson, J. M. Erwin, P. R. Hof, and C. C. Sherwood. 2009. «Brocas Area Homologue in Chimpanzees (*Pan troglodytes*): Probabilistic Mapping, Asymmetry, and Comparison to Humans». *Cerebral Cortex* 20 (3): 730-42.

Schiff, N., U. Ribary, F. Plum, and R. Llinas. 1999. «Words Without Mind ». *Journal of Cognitive Neuroscience* 11 (6): 650-56.

Schiff, N. D. 2010. «Recovery of Consciousness After Brain Injury: A Mesocircuit Hypothesis». *Trends in Neurosciences* 33 (1): 1-9.

Schiff, N. D., J. T. Giacino, K. Kalmar, J. D. Victor, K. Baker, M. Gerber, B. Fritz, et al. 2007. «Behavioural Improvements with Thalamic Stimulation After Severe Traumatic Brain Injury». *Nature* 448 (7153): 600-3.

-----2008. «Behavioural Improvements with Thalamic Stimulation After Severe Traumatic Brain Injury». *Nature* 452 (7183): 120.

Schiff, N. D., U. Ribary, D. R. Moreno, B. Beattie, E. Kronberg, R. Blasberg, J. Giacino, et al. 2002. «Residual Cerebral Activity and Behavioural

Fragments Can Remain in the Persistently Vegetative Brain». *Brain* 125 (6): 1210-34.

Schiller, P. H., and S. L. Chorover. 1966. «Metacontrast: Its Relation to Evoked Potentials». *Science* 153 (742): 1398-400.

Schmid, M. C., S. W. Mrowka, J. Turchi, R. C. Saunders, M. Wilke, A. J. Peters, F. Q. Ye, and D. A. Leopold. 2010. «Blindsight Depends on the Lateral Geniculate Nucleus». *Nature* 466 (7304): 373-77.

Schmid, M. C., T. Panagiotaropoulos, M. A. Augath, N. K. Logothetis, and S. M. Smimakis. 2009. «Visually Driven Activation in Macaque Areas V2 and V3 Without Input from the Primary Visual Cortex». *PLOS One* 4 (5): e5527.

Schnakers, C, D. Ledoux, S. Majerus, P. Damas, F. Damas, B. Lambermont, M. Lamy, et al. 2008. «Diagnostic and Prognostic Use of Bispectral Index in Coma, Vegetative State and Related Disorders». *Brain Injury* 22 (12): 926-31.

Schnakers, C., A. Vanhaudenhuyse, J. Giacino, M. Ventura, M. Boly, S. Majerus, G. Moonen, and S. Laureys. 2009. «Diagnostic Accuracy of the Vegetative and Minimally Conscious State: Clinical Consensus Versus Standardized Neurobehavioral Assessment». *BMC Neurology* 9:35.

Schneider, W., and R. M. Shiffrin. 1977. «Controlled and Automatic Human Information Processing. I. Detection, Search, and Attention». *Psychological Review* 84 (1): 1-66. Schoenemann, P. T., M.J. Sheehan, and L. D. Glotzer. 2005. «Prefrontal White Matter Volume Is Disproportionately Larger in Humans Than in Other Primates». *Nature Neuroscience* 8 (2): 242-52.

Schurger, A., F. Pereira, A. Treisman, and J. D. Cohen. 2009. «Reproducibility Distinguishes Conscious from Nonconscious Neural Representations». *Science* 327 (5961): 97-99. Schurger, A., J. D. Sitt, and S. Dehaene. 2012. «An Accumulator Model for Spontaneous Neural Activity Prior to Self-Initiated Movement». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (42): E2904-13.

Schvaneveldt, R. W., and D. E. Meyer. 1976. «Lexical Ambiguity, Semantic Context, and Visual Word Recognition». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 2 (2): 243-56.

Self, M. W., R. N. Kooijmans, H. Super, V. A. Lamme, and P. R. Roelfsema. 2012. «Different Glutamate Receptors Convey Feedforward and Recurrent Processing in Macaque V1». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (27): 11031-36.

Selfridge, O. G. 1959. «Pandemonium: A Paradigm for Learning». In *Proceedings of the Symposium on Mechanisation of Thought Processes*, edited by D. V. Blake and A. M. Utdey, 511-29. London: H. M. Stationery Office.

Selimbeyoglu, A., and J. Parvizi. 2010. «Electrical Stimulation of the

Human Brain: Perceptual and Behavioral Phenomena Reported in the Old and New Literature». *Frontiers in Human Neuroscience* 4:46.

Sergent, C., S. Baillet, and S. Dehaene. 2005. «Timing of the Brain Events Underlying Access to Consciousness During the Attentional Blink». *Nature Neuroscience* 8 (10): 1391-400.

Sergent, C., and S. Dehaene. 2004. «Is Consciousness a Gradual Phenomenon? Evidence for an All-or-None Bifurcation During the Attentional Blink». *Psychological Science* 15(11): 720-28.

Sergent, C., V. Wyart, M. Babo-Rebelo, L. Cohen, L. Naccache, and C. Tallon-Baudry. 2013. «Cueing Attention After the Stimulus Is Gone Can Retrospectively Trigger Conscious Perception». *Current Biology* 23 (2): 150-55.

Shady, S., D. I. MacLeod, and H. S. Fisher. 2004. «Adaptation from Invisible Flicker». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101 (14): 5170-73.

Shallice, T. 1972. «Dual Functions of Consciousness». *Psychological Review* 79 (5): 383-93

-----1979. «A Theory of Consciousness». *Science* 204 (4395): 827.

-----1988. *From Neuropsychology to Mental Structure*. New York: Cambridge University Press.

Shanahan, M., and B. Baars. 2005. «Applying Global Workspace Theory to the Frame Problem ». *Cognition* 98 (2): 157-76.

Shao, L., Y. Shuai, J. Wang, S. Feng, B. Lu, Z. Li, Y. Zhao, et al. 2011. «Schizophrenia Susceptibility Gene Dysbindin Regulates Glutamatergic and Dopaminergic Functions via Distinctive Mechanisms in *Drosophila*». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (46): 18831-836.

Sherman, S. M. 2012. «Thalamocortical Interactions». *Current Opinion in Neurobiology* 22 (4): 575-79.

Shiffrin, R. M., and W. Schneider. 1977. «Controlled and Automatic Human Information Processing. II. Perceptual Learning, Automatic Attending, and a General Theory». *Psychological Review* 84 (2): 127-90.

Shima, K., M. Isoda, H. Mushiake, and J. Tanji. 2007. «Categorization of Behavioural Sequences in the Prefrontal Cortex». *Nature* 445 (7125): 315-18.

Shirvalkar, P., M. Seth, N. D. Schiff, and D. G. Herrera. 2006. «Cognitive Enhancement with Central Thalamic Electrical Stimulation». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (45): 17007-12.

Sidaros, A., A. W. Engberg, K. Sidaros, M. G. Liptrot, M. Heming, P. Petersen, O. B. Paulson, et al. 2008. «Diffusion Tensor Imaging During Recovery from Severe Traumatic Brain Injury and Relation to Clinical Outcome: A Longitudinal Study». *Brain* 131 (2): 559-72.

- Sidis, B. 1898. *The Psychology of Suggestion*. New York: D. Appleton.
- Siegler, R. S. 1987. «Strategy Choices in Subtraction». In *Cognitive Processes in Mathematics*, edited by J. Sloboda and D. Rogers, 81-106. Oxford: Clarendon Press.
- 1988. «Strategy Choice Procedures and the Development of Multiplication Skill». *Journal of Experimental Psychology: General* 117 (3): 258-75.
- 1989. «Mechanisms of Cognitive Development». *Annual Review of Psychology* 40:353-79.
- Siegler, R. S., and E. A. Jenkins. 1989. *How Children Discover New Strategies*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Sigala, N, M. Kusunoki, I. Nimmo-Smith, D. Gaffan, and J. Duncan. 2008. «Hierarchical Coding for Sequential Task Events in the Monkey Prefrontal Cortex». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (33): 11969-74.
- Sigman, M., and S. Dehaene. 2005. «Parsing a Cognitive Task: A Characterization of the Minds Bottleneck». *PLOS Biology* 3 (2): e37.
- 2008. «Brain Mechanisms of Serial and Parallel Processing During Dual-Task Performance». *Journal of Neuroscience* 28 (30): 7585-98.
- Silvanto, J., and Z. Cattaneo. 2010. «Transcranial Magnetic Stimulation Reveals the Content of Visual Short-Term Memory in the Visual Cortex». *Neuroimage* 50 (4): 1683-89.
- Silvanto, J., A. Cowey, N. Lavie, and V. Walsh. 2005. «Striate Cortex (V1) Activity Gates Awareness of Motion». *Nature Neuroscience* 8 (2): 143-44.
- Silvanto, J., N. Lavie, and V. Walsh. 2005. «Double Dissociation of V1 and V5/MT Activity in Visual Awareness». *Cerebral Cortex* 15 (11): 1736-41.
- Simons, D. J., and M. S. Ambinder. 2005. «Change Blindness: Theory and Consequences». *Current Directions in Psychological Science* 14(1): 44-48.
- Simons, D. J., and C. E Chabris. 1999. «Gorillas in Our Midst: Sustained Inattentional Blindness for Dynamic Events». *Perception* 28 (9): 1059-74.
- Singer, P. 1993. *Practical Ethics*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Singer, W. 1998. «Consciousness and the Structure of Neuronal Representations». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 353 (1377): 1829-40.
- Sitt, J. D., J. R. King, I. El Karoui, B. Rohaut, F. Faugeras, A. Gramfort, L. Cohen, et al. 2013. «Signatures of Consciousness and Predictors of Recovery in Vegetative and Minimally Conscious Patients». Submitted.
- Sklar, A. Y., N. Levy, A. Goldstein, R. Mandel, A. Maril, and R. R. Hassin. 2012. «Reading and Doing Arithmetic Nonconsciously ». *Proceedings of the*

National Academy of Sciences 109 (48): 19614-19.

Smallwood, J., E. Beach, J. W. Schooler, and T. C. Handy. 2008. «Going AWOL in the Brain: Mind Wandering Reduces Cortical Analysis of External Events». *Journal of Cognitive Neuroscience* 20 (3): 458-69.

Smedira, N. G., B. H. Evans, L. S. Grais, N. H. Cohen, B. Lo, M. Cooke, W. P. Schechter, et al. 1990. «Withholding and Withdrawal of Life Support from the Critically Ill». *New England Journal of Medicine* 322 (5): 309-15.

Smith, J. D., J. Schull, J. Strote, K. McGee, R. Egnor, and L. Erb. 1995. «The Uncertain Response in the Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*)». *Journal of Experimental Psychology: General* 124 (4): 391-408.

Soto, D., T. Mantyla, and J. Silvanto. 2011. «Working Memory Without Consciousness». *Current Biology* 21(22): R912-13.

Sporns, O., G. Tononi, and G. M. Edelman. 1991. «Modeling Perceptual Grouping and Figure-Ground Segregation by Means of Active Reentrant Connections». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 88 (1): 129-33.

Squires, K. C., C. Wickens, N. K. Squires, and E. Donchin. 1976. «The Effect of Stimulus Sequence on the Waveform of the Cortical Event-Related Potential». *Science* 193 (4258): 1142-46.

Squires, N. K., K. C. Squires, and S. A. Hillyard. 1975. «Two Varieties of Long-Latency Positive Waves Evoked by Unpredictable Auditory Stimuli in Man». *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 38 (4): 387-401.

Srinivasan, R., D. P. Russell, G. M. Edelman, and G. Tononi. 1999. «Increased Synchronization of Neuromagnetic Responses During Conscious Perception», *Journal of Neuroscience* 19 (13): 5435-48.

Staniek, M., and K. Lehnertz. 2008. «Symbolic Transfer Entropy». *Physical Review Letters* 100 (15): 158101.

Staunton, H. 2008. «Arousal by Stimulation of Deep-Brain Nuclei». *Nature* 452 (7183): E1; discussion E1-2.

Stephan, K. E., K. J. Friston, and C. D. Frith. 2009. «Dysconnection in Schizophrenia: From Abnormal Synaptic Plasticity to Failures of Self-Monitoring». *Schizophrenia Bulletin* 35 (3): 509-27.

Stephan, K. M., M. H. Thaut, G. Wunderlich, W. Schicks, B. Tian, L. Tellmann, T. Schmitz, et al. 2002. «Conscious and Subconscious Sensorimotor Synchronization-Prefrontal Cortex and the Influence of Awareness». *Neuroimage* 15 (2): 345-52.

Stetder, D. D., A. Das, J. Bennett, and C. D. Gilbert. 2002. «Lateral Connectivity and Contextual Interactions in Macaque Primary Visual Cortex». *Neuron* 36 (4): 739-50.

Steyn-Ross, M. L., D. A. Steyn-Ross, and J. W. Sleight. 2004. «Modelling

General Anaesthesia as a First-Order Phase Transition in the Cortex». *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 85 (2-3): 369-85.

Strayer, D. L., F. A. Drews, and W. A. Johnston. 2003. «Cell Phone-Induced Failures of Visual Attention During Simulated Driving». *Journal of Experimental Psychology: Applied* 9 (1): 23-32.

Striem-Amit, E., L. Cohen, S. Dehaene, and A. Amedi. 2012. «Reading with Sounds: Sensory Substitution Selectively Activates the Visual Word Form Area in the Blind». *Neuron* 76 (3): 640-52.

Suddendorf, T, and D. L. Buder. 2013. «The Nature of Visual Self-Recognition». *Trends in Cognitive Sciences* 17 (3): 121-27.

Super, H., H. Spekreijse, and V. A. Lamme. 2001a. «Two Distinct Modes of Sensory Processing Observed in Monkey Primary Visual Cortex (V1)» *Nature Neuroscience* 4 (3): 304-10.

-----2001b. «A Neural Correlate of Working Memory in the Monkey Primary Visual Cortex». *Science* 293 (5527): 120-24.

Super, H., C. van der Togt, H. Spekreijse, and V. A. Lamme. 2003. «Internal State of Monkey Primary Visual Cortex (V1) Predicts Figure-Ground Perception». *Journal of Neuroscience* 23 (8): 3407-14.

Supp, G. G., M. Siegel, J. F. Hipp, and A. K. Engel. 2011. «Cortical Hypersynchrony Predicts Breakdown of Sensory Processing During Loss of Consciousness». *Current Biology* 21 (23): 1988-93.

Taine, H. 1870. *De Tintelligence*. Paris: Hachette.

Tang, T. T, F. Yang, B. S. Chen, Y. Lu, Y. Ji, K. W. Roche, and B. Lu. 2009. «Dysbindin Regulates Hippocampal LTP by Controlling NMDA Receptor Surface Expression». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (50): 21395-400.

Taylor, P. C., V. Walsh, and M. Eimer. 2010. «The Neural Signature of Phosphene Perception». *Human Brain Mapping* 31 (9): 1408-17.

Telford, C. W. 1931. «The Refractory Phase of Voluntary and Associative Responses». *Journal of Experimental Psychology* 14 (1): 1-36.

Terrace, H. S., and L. K. Son. 2009. «Comparative Metacognition». *Current Opinion in Neurobiology* 19 (1): 67-74.

Thompson, S. P. 1910. «A Physiological Effect of an Alternating Magnetic Field». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* B82:396-99.

Tombu, M., and P. Jolicoeur. 2003. «A Central Capacity Sharing Model of Dual-Task Performance». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 29 (1): 3-18.

Tononi, G. 2008. «Consciousness as Integrated Information: A Provisional Manifesto». *Biological Bulletin* 215 (3): 216-42.

Tononi, G., and G. M. Edelman. 1998. «Consciousness and Complexity». *Science* 282 (5395): 1846-51.

Tooley, M. 1972. «Abortion and Infanticide». *Philosophy and Public Affairs* 2(1): 37-65.

-----1983. *Abortion and Infanticide*. London: Clarendon Press.

Treisman, A., and G. Gelade. 1980. «A Feature-Integration Theory of Attention». *Cognitive Psychology* 12:97-136.

Treisman, A., and J. Souther. 1986. «Illusory Words: The Roles of Attention and of Top-Down Constraints in Conjoining Letters to Form Words». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 12: 3-17.

Tsao, D. Y., W. A. Freiwald, R. B. Tootell, and M. S. Livingstone. 2006. «A Cortical Region Consisting Entirely of Face-Selective Cells». *Science* 311 (5761): 670-74.

Tshibanda, L., A. Vanhaudenhuyse, D. Galanaud, M. Boly, S. Laureys, and L. Puybasset. 2009. «Magnetic Resonance Spectroscopy and Diffusion Tensor Imaging in Coma Survivors: Promises and Pitfalls». *Progress in Brain Research* 177:215-29.

Tsodyks, M., T. Kenet, A. Grinvald, and A. Arieli. 1999. «Linking Spontaneous Activity of Single Cortical Neurons and the Underlying Functional Architecture». *Science* 286 (5446): 1943-46.

Tsubokawa, T., T. Yamamoto, Y. Katayama, T. Hirayama, S. Maejima, and T. Moriya. 1990. «Deep-Brain Stimulation in a Persistent Vegetative State: Follow-Up Results and Criteria for Selection of Candidates». *Brain Injury* 4 (4): 315-27.

Tsuchiya, N., and C. Koch. 2005. «Continuous Flash Suppression Reduces Negative After images». *Nature Neuroscience* 8 (8): 1096-101.

Tsunoda, K., Y. Yamane, M. Nishizaki, and M. Tanifuji. 2001. «Complex Objects Are Represented in Macaque Inferotemporal Cortex by the Combination of Feature Columns». *Nature Neuroscience* 4 (8): 832-38.

Tsushima, Y., Y. Sasaki, and T. Watanabe. 2006. «Greater Disruption Due to Failure of Inhibitory Control on an Ambiguous Distractor». *Science* 314 (5806): 1786-88.

Tsushima, Y., A. R. Seitz, and T. Watanabe. 2008. «Task-Irrelevant Learning Occurs Only When the Irrelevant Feature Is Weak». *Current Biology* 18 (12): R516-517.

Turing, A. M. 1936. «On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem». *Proceedings of the London Mathematical Society* 42:230-65.

-----1952. «The Chemical Basis of Morphogenesis». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 237:37-72.

Tyler, L. K., and W. Marslen-Wilson. 2008. «Fronto-Temporal Brain Systems Supporting Spoken Language Comprehension». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363 (1493): 1037-54.

Tzovara, A., A. O. Rossetti, L. Spierer, J. Grivel, M. M. Murray, M. Oddo, and M. De Lucia. 2012. «Progression of Auditory Discrimination Based on Neural Decoding Predicts Awakening from Coma». *Brain* 136 (1): 81-89.

Uhlhaas, P. J., D. E. Linden, W. Singer, C. Haenschel, M. Lindner, K. Maurer, and E. Rodriguez. 2006. «Dysfunctional Long-Range Coordination of Neural Activity During Gestalt Perception in Schizophrenia». *Journal of Neuroscience* 26 (31): 8168-75.

Uhlhaas, P. J., and W. Singer. 2010. «Abnormal Neural Oscillations and Synchrony in Schizophrenia». *Nature Reviews Neuroscience* 11 (2): 100-13.

van Aalderen-Smeets, S. I., R. Oostenveld, and J. Schwarzbach. 2006. «Investigating Neurophysiological Correlates of Metacontrast Masking with Magnetoencephalography». *Advances in Cognitive Psychology* 2 (1): 21-35.

Van den Bussche, E., K. Notbaert, and B. Reynvoet. 2009. «Masked Primes Can Be Genuinely Semantically Processed». *Journal of Experimental Psychology* 56 (5): 295-300.

Van den Bussche, E., and B. Reynvoet. 2007. «Masked Priming Effects in Semantic Categorization Are Independent of Category Size». *Journal of Experimental Psychology* 54 (3): 225-35.

van Gaal, S., L. Naccache, J. D. Meeuwese, A. M. van Loon, L. Cohen, and S. Dehaene. 2013. «Can Multiple Words Be Integrated Unconsciously?» Submitted.

van Gaal, S., K. R. Ridderinkhof, J. J. Fabreth, H. S. Scholte, and V. A. Lamme. 2008. «Frontal Cortex Mediates Unconsciously Triggered Inhibitory Control». *Journal of Neuroscience* 28 (32): 8053-62.

van Gaal, S., K. R. Ridderinkhof, H. S. Scholte, and V. A. Lamme. 2010. «Unconscious Activation of the Prefrontal No-Go Network». *Journal of Neuroscience* 30 (11): 4143-50.

Van Opstal, F., F. P. de Lange, and S. Dehaene. 2011. «Rapid Parallel Semantic Processing of Numbers Without Awareness». *Cognition* 120 (1): 136-47.

Varela, F., J. P. Lachaux, E. Rodriguez, and J. Martinerie. 2001. «The Brainweb: Phase Synchronization and Large-Scale Integration». *Nature Reviews Neuroscience* 2 (4): 229-39.

Velmans, M. 1991. «Is Human Information Processing Conscious?»

Behavioral and Brain Sciences 14:651-726.

Vemes, S. C., P. L. Oliver, E. Spiteri, H. E. Lockstone, R. Puliyadi, M. Taylor, and J. Ho, et al. 2011. «Foxp2 Regulates Gene Networks Implicated in Neurite Outgrowth in the Developing Brain». *PLOS Genetics* 7 (7): e1002145.

Vincent, J. L., G. H. Patel, M. D. Fox, A. Z. Snyder, J. T. Baker, D. C. Van Essen, J. M. Zempel, et al. 2007. «Intrinsic Functional Architecture in the Anaesthetized Monkey Brain». *Nature* 447 (7140): 83-86.

Vogel, E. K., S. J. Luck, and K. L. Shapiro. 1998. «Electrophysiological Evidence for a Postperceptual Locus of Suppression During the Attentional Blink». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 24 (6): 1656-74.

Vogel, E. K., and M. G. Machizawa. 2004. «Neural Activity Predicts Individual Differences in Visual Working Memory Capacity». *Nature* 428 (6984): 748-51.

Vogel, E. K., A. W. McCollough, and M. G. Machizawa. 2005. «Neural Measures Reveal Individual Differences in Controlling Access to Working Memory». *Nature* 438 (7067): 500-3.

Vogeley, K., P. Bussfeld, A. Newen, S. Herrmann, F. Happe, P. Falkai, W. Maier, et al. 2001. «Mind Reading: Neural Mechanisms of Theory of Mind and Self-Perspective». *NeuroImage* 14 (1 pt. 1): 170-81.

Voss, H. U., A. M. Uluc, J. P. Dyke, R. Watts, E. J. Kobylarz, B. D. McCandliss, L. A. Heier, et al. 2006. «Possible Axonal Regrowth in Late Recovery from the Minimally Conscious State». *Journal of Clinical Investigation* 116 (7): 2005-11.

Vuilleumier, P., N. Sagiv, E. Hertzog, R. A. Poldrack, D. Swick, R. D. Rafal, and J. D. Gabrieli. 2001. «Neural Fate of Seen and Unseen Faces in Visuospatial Neglect: A Combined Event-Related Functional MRI and Event-Related Potential Study». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 (6): 3495-500.

Vul, E., D. Hanus, and N. Kanwisher. 2009. «Attention as Inference: Selection Is Probabilistic; Responses Are All-or-None Samples». *Journal of Experimental Psychology: General* 138 (4): 546-60.

Vul, E., M. Nieuwenstein, and N. Kanwisher. 2008. «Temporal Selection Is Suppressed, Delayed, and Diffused During the Attentional Blink». *Psychological Science* 19(1): 55-61.

Vul, E., and H. Pashler. 2008. «Measuring the Crowd Within: Probabilistic Representations Within Individuals». *Psychological Science* (Wiley-Blackwell) 19 (7): 645-47.

Wacongne, C., J. P. Changeux, and S. Dehaene. 2012. «A Neuronal Model of Predictive Coding Accounting for the Mismatch Negativity». *Journal of Neuroscience* 32 (11): 3665-78.

Wacongne, C., E. Labyt, V. van Wassenhove, T. Bekinschtein, L. Naccache, and S. Dehaene. 2011. «Evidence for a Hierarchy of Predictions and Prediction Errors in Human Cortex». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (51): 20754-59.

Warner, U., S. Gais, H. Haider, R. Verleger, and J. Born. 2004. «Sleep Inspires Insight». *Nature* 427 (6972): 352-55.

Watson, J. B. 1913. «Psychology as the Behaviorist Views It». *Psychological Review* 20:158-77.

Wegner, D. M. 2003. *The Illusion of Conscious Will*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Weinberger, J. 2000. «William James and the Unconscious: Redressing a Century-Old Misunderstanding». *Psychological Science* 11 (6): 439-45.

Weiskrantz, L. 1986. *Blindsight: A Case Study and Its Implications*. Oxford: Clarendon Press.

-----1997. *Consciousness Lost and Found: A Neuropsychological Exploration*. New York: Oxford University Press.

Weiss, Y., E. P. Simoncelli, and E. H. Adelson. 2002. «Motion Illusions as Optimal Percepts». *Nature Neuroscience* 5 (6): 598-604.

Westmoreland, B. E., D. W. Klass, F. W. Sharbrough, and T. J. Reagan. 1975. «Alpha-Coma: Electroencephalographic, Clinical, Pathologic, and Etiologic Correlations». *Archives of Neurology* 32 (11): 713-18.

Whittingstall, K., and N. K. Logothetis. 2009. «Frequency-Band Coupling in Surface EEG Reflects Spiking Activity in Monkey Visual Cortex». *Neuron* 64 (2): 281-89.

Widaman, K. F., D. C. Geary, P. Cormier, and T. D. Little. 1989. «A Componential Model for Mental Addition». *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 15:898-919.

Wilke, M., N. K. Logothetis, and D. A. Leopold. 2003. «Generalized Flash Suppression of Salient Visual Targets». *Neuron* 39 (6): 1043-52.

-----2006. «Local Field Potential Reflects Perceptual Suppression in Monkey Visual Cortex». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (46): 17507-12.

Williams, M. A., C. I. Baker, H. P. Op de Beeck, W. M. Shim, S. Dang, C. Triantafyllou, and N. Kanwisher. 2008. «Feedback of Visual Object Information to Foveal Retinotopic Cortex». *Nature Neuroscience* 11 (12): 1439-45.

Williams, M. A., T. A. Visser, R. Cunnington, and J. B. Mattingley. 2008.

«Attenuation of Neural Responses in Primary Visual Cortex During the Attentional Blink». *Journal of Neuroscience* 28 (39): 9890-94.

Womelsdorf, T, J. M. Schoffelen, R. Oostenveld, W. Singer, R. Desimone, A. K. Engel, and P. Fries. 2007. «Modulation of Neuronal Interactions Through Neuronal Synchronization». *Science* 316 (5831): 1609-12.

Wong, K. F. 2002. «The Relationship Between Attentional Blink and Psychological Refractory Period». *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 28 (1): 54-71.

Wong, K. E, and X. J. Wang. 2006. «A Recurrent Network Mechanism of Time Integration in Perceptual Decisions». *Journal of Neuroscience* 26 (4): 1314-28.

Woodman, G. E, and S. J. Luck. 2003. «Dissociations Among Attention, Perception, and Awareness During Object-Substitution Masking». *Psychological Science* 14 (6): 605-11.

Wyart, V., S. Dehaene, and C. Tallon-Baudry. 2012. «Early Dissociation Between Neural Signatures of Endogenous Spatial Attention and Perceptual Awareness During Visual Masking». *Frontiers in Human Neuroscience* 6: 16.

Wyart, V., and C. Tallon-Baudry. 2008. «Neural Dissociation Between Visual Awareness and Spatial Attention». *Journal of Neuroscience* 28 (10): 2667-79.

-----2009. «How Ongoing Fluctuations in Human Visual Cortex Predict Perceptual Awareness: Baseline Shift Versus Decision Bias». *Journal of Neuroscience* 29 (27): 8715-25.

Wyler, A. R., G. A. Ojemann, and A. A. Ward, Jr. 1982. «Neurons in Human Epileptic Cortex: Correlation Between Unit and EEG Activity». *Annals of Neurology* 11 (3): 301-8.

Yang, T, and M. N. Shadlen. 2007. «Probabilistic Reasoning by Neurons». *Nature* 447 (7148): 1075-80.

Yokoyama, O., N. Miura, J. Watanabe, A. Takemoto, S. Uchida, M. Sugiura, K. Hone, et al. 2010. «Right Frontopolar Cortex Activity Correlates with Reliability of Retrospective Rating of Confidence in Short-Term Recognition Memory Performance». *Neuroscience Research* 68 (3): 199-206.

Zeki, S. 2003. «The Disunity of Consciousness». *Trends in Cognitive Sciences* 7 (5): 214-18.

Zhang, P., K. Jamison, S. Engel, B. He, and S. He. 2011. «Binocular Rivalry Requires Visual Attention». *Neuron* 71 (2): 362-69.

Zylberberg, A., S. Dehaene, G. B. Mindlin, and M. Sigman. 2009. «Neurophysiological Bases of Exponential Sensory Decay and Top-Down Memory Retrieval: A Model». *Frontiers in Computational Neuroscience* 3:4.

Zylberberg, A., S. Dehaene, P. R. Roelfsema, and M. Sigman. 2011. «The Human Turing Machine: A Neural Framework for Mental Programs». *Trends in Cognitive Sciences* 15 (7): 293-300.

Zylberberg, A., D. Fernandez Slezak, P. R. Roelfsema, S. Dehaene, and M. Sigman. 2010. «The Brains Router: A Cortical Network Model of Serial Processing in the Primate Brain». *PLOS Computational Biology* 6 (4): e1000765.

Иллюстрации

Рисунок 1: © Ministere de la Culture-Mediatheque du Patrimoine, Dist. RMN-Grand Palais / image IGN

Рисунок 4 (вверху справа): предоставлен автором.

Рисунок 4 (внизу): взят автором из D.A. Leopold and N.K. Logothetis, 1999. «Multistable Phenomena: Changing Views in Perception». Trends in Cognitive Sciences 3: 254-64. Copyright© 1999. С разрешения Elsevier.

Рисунок 5: предоставлен автором.

Рисунок 6 (вверху): D.J. Simons and C.F. Chabris. 1999. «Gorillas in Our Midst: Sustained Inattentional Blindness for Dynamic Events». Perception 28:1059-74.

Рисунок 7 (вверху и посередине): взят автором из S. Kouider and S. Dehaene. 2007. «Levels of Processing During Non-conscious Perception: A Critical Review of Visual Masking». Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 362 (1481): 857-75. Рисунок 1, p. 859.

Рисунок 7 (внизу): предоставлен автором.

Рисунок 9 (вверху): любезно предоставлен М. Гудейлом.

Рисунок 10: любезно предоставлен Э. Аделсоном.

Рисунок 11: взят автором из S. Dehaene et al. 1998. «Imaging Unconscious Semantic Priming». Nature 395: 597-600.

Рисунок 12: взят автором из M. Pessiglione et al. 2007. «How the Brain Translates Money into Force: A Neuroimaging Study of Subliminal Motivation». Science 316 (5826): 904-6. Любезно предоставлен М. Пессиглионе.

Рисунок 13: предоставлен автором.

Рисунок 14: предоставлен автором.

Рисунок 15: взят автором из R. Moreno-Bote, D.C. Knill, and A. Pouget. 2011. «Bayesian Sampling in Visual Perception». Proceedings of the National Academy of Sciences of the, United States of America 108 (30): 12491-96. Рисунок 1А.

Рисунок 16 (вверху): взят автором из S. Dehaene et al. 2001. «Cerebral Mechanisms of Word Masking and Unconscious Repetition Priming». Nature Neuroscience 4 (7): 752-58. Рисунок 2.

Рисунок 16 (внизу): взят автором из S. Sadaghiani et al. 2009. «Distributed and Antagonistic Contributions of Ongoing Activity Fluctuations to Auditory Stimulus Detection». Journal of Neuroscience 29 (42): 13410-17. Любезно предоставлен С. Садажиани.

Рисунок 17: взят автором из S. van Gaal et al. 2010. «Unconscious Activation of the Prefrontal No-Go Network». *Journal of Neuroscience* 30 (11): 4143-50. Рисунки 3 и 4. Любезно предоставлено С. ван Гаалом. Рисунок 18: взят автором из С. Sergent et al. 2005. «Timing of the Brain Events Underlying Access to Consciousness During the Attentional Blink». *Nature Neuroscience* 8 (10): 1391-400.

Рисунок 19: взят автором из А. Del Cul et al. 2007. «Brain Dynamics Underlying the Nonlinear Threshold for Access to Consciousness». *PLOS Biology* 5 (10): e260.

Рисунок 20: взят автором из L. Fisch, E. Privman, M. Ramot, M. Hard, Y. Nir, S. Kipervasser, et al. 2009. «Neural «Ignition»: Enhanced Activation Linked to Perceptual Awareness in Human Ventral Stream Visual Cortex». *Neuron* 64: 562-74. С разрешения Elsevier.

Рисунок 21 (вверху): взят автором из E. Rodriguez et al. 1999. «Perceptions Shadow: Long-Distance Synchronization of Human Brain Activity». *Nature* 397 (6718): 430-33. Рисунок 1 и 3.

Рисунок 21 (внизу): взят автором из R. Gaillard et al. 2009. «Converging Intracranial Markers of Conscious Access». *PLOS Biology* 7 (3): e61. Рисунок 8.

Рисунок 22: взят автором из R. Q. Quiroga, R. Mukamel, E. A. Isham, R. Malach, and I. Fried. 2008. «Human Single-Neuron Responses at the Threshold of Conscious Recognition». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105 (9): 3599-604. Рисунок 2. Copyright© 2008 National Academy of Sciences, U.S.A.

Рисунок 23 (справа): Copyright© 2003 Neuroscience of Attention & Perception Laboratory, Princeton University.

Рисунок 24 (вверху): В. J. Baars. 1989. *A Cognitive Theory of Consciousness*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. Любезно предоставлен Б. Баарсом.

Рисунок 24 (внизу): S. Dehaene, M. Kerszberg, and J.P. Changeux. 1998. «A Neuronal Model of a Global Workspace in Effortful Cognitive Tasks». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95 (24): 14529-34. Рисунок 1. Copyright© 1998 National Academy of Sciences, U.S.A.

Рисунок 25 (справа): любезно предоставлен М.Ч. де Шоттен.

Рисунок 26 (внизу): G. N. Elston. 2003. «Cortex, Cognition and the Cell: New Insights into the Pyramidal Neuron and Prefrontal Function». *Cerebral Cortex* 13 (11): 1124-38. С разрешения Oxford University Press.

Рисунок 27: взят автором из S. Dehaene et al. 2005. «Ongoing

Spontaneous Activity Controls Access to Consciousness: A Neuronal Model for Inattentive Blindness». PLOS Biology 3 (5): e141.

Рисунок 28: взят автором из S. Dehaene et al. 2006. «Conscious, Preconscious, and Subliminal Processing: A Testable Taxonomy». Trends in Cognitive Sciences 10 (5): 204-11.

Рисунок 29: взят автором из S. Laureys et al. 2004. «Brain Function in Coma, Vegetative State, and Related Disorders». Lancet Neurology 3 (9): 537-46.

Рисунок 30: взят автором из M. M. Monti, A. Vanhaudenhuyse, M. R. Coleman, M. Boly, J. D. Pickard, L. Tshibanda, et al. 2010. «Willful Modulation of Brain Activity in Disorders of Consciousness». New England Journal of Medicine 362: 579-89. Copyright © 2010 Massachusetts Medical Society. Воспроизводится с разрешения Massachusetts Medical Society.

Рисунок 31: взят автором из T. A. Bekinschtein, S. Dehaene, B. Rohaut, F. Tadel, L. Cohen, and L. Naccache. 2009. «Neural Signature of the Conscious Processing of Auditory Regularities». Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106 (5): 1672-77. Рисунок 2 and 3.

Рисунок 32: любезно предоставлен С. Лорейсом.

Рисунок 33: взят автором из J. R. King, J. D. Site, et al. 2013. «Long-Distance Information Sharing Indexes the State of Consciousness of Unresponsive Patients». Current Biology 23: 1914-19. Copyright© 2013. С разрешения Elsevier.

Рисунок 34: взят автором из G. Dehaene-Lambertz, S. Dehaene, and L. Hertz-Pannier. 2002. «Functional Neuroimaging of Speech Perception in Infants». Science 298 (5600): 2013-15.

Рисунок 35: взят автором из S. Kouider et al. 2013. «A Neural Marker of Perceptual Consciousness in Infants». Science 340 (6130): 376-80.

Об авторе



Станислас Деан, один из ведущих нейрочеловеческих мира, руководитель отдела когнитивной нейровизуализации в NeuroSpin building of the Commissariat A l'Energie Atomique in Saclay — самом продвинутом центре изучения мозга. В 2005 году он стал самым молодым членом Академии наук Франции. 190 публикаций в ключевых международных изданиях. Получил целый ряд международных наград, в том числе McDonnell Centennial Fellowship, Louis D prize (Французская академия наук, совместно с Д. Лебиэном), Heineken prize in Cognitive Science (Королевская академия Нидерландов).