

Борис Николай Конрад

Как запомнить всё (часть 1)

Содержание данного материала защищено авторскими правами.

**Любые действия, кроме чтения, в отношении него могут быть
осуществлены только с согласия правообладателей.**

Предисловие

Память. Она способна творить истинные чудеса, но порой совершает дикие ошибки. Мы не имеем понятия о том, что такое память, но рассчитываем на ее добротную работу и сильно раздражаемся, когда она нас подводит. Но постойте: ведь наш автомобиль работает не лучше, несмотря на то что автомобилю мы уделяем куда больше внимания, чем памяти, да и ухаживаем за ним не в пример тщательнее. Если нам в голову приходит сногшибательная идея, то это «наша» идея, а если мы что-то забыли, то в этом конечно же виновата какая-то «память». Многие замечают, насколько хороша их память, только после того, как тщетно стараются что-то забыть. И вот здесь-то и начинаются все проблемы. Что вообще такое «память»? Сколько у нас видов памяти? Нельзя ли где-нибудь купить новый накопитель и в чем заключается суть дела?

Вы держите в руках книгу о памяти, на страницах которой она рассматривается под новым углом зрения. Естественно, что эта книга, кроме всего прочего, и о мозге. Сегодня мы знаем, что память и мозг неотделимы друг от друга. Наши воспоминания, или, иными словами, содержание памяти, каким-то образом «сохраняются» внутри мозга. Вы узнаете о том, как мозг создает память, о нервных клетках, хранящих симпатию к Дженнифер Энистон, а также о системах памяти, существование которых ограничивается лишь долями секунды. Вы узнаете, как именно мозг помогает нам что-то припомнить и действительно ли мы никогда и ничего не забываем. О мозге ходит масса самых бессмысленных слухов – о креативных полушариях, или о дремлющих 90 % мозга, которые только и ждут, когда же их наконец разбудят. Естественно, если выпить какой-нибудь чудодейственный напиток, заняться креативной техникой или приклеить на голову соответствующий аппарат, то этот спящий мозг немедленно проснется и явит миру невиданное чудо.

Как дипломированный психолог, я прекрасно понимаю, почему эти соблазнительные картины так сильно действуют на публику, но, будучи одновременно нейрофизиологом, я также понимаю, что

многие из этих представлений – сущий вздор. Я называю себя нейрофизиологом, хотя годится и «исследователь мозга». Тем не менее корень «нейро-» является здесь главным. Как лектору и рассказчику по вопросам памяти – я выступаю также и в этом качестве – мне, кроме всего прочего, хочется еще и развлечь почтенную публику. Для этого еще не придумано ничего лучше упрощений и забавных примеров. Их вы тоже найдете в книге – в качестве объяснений, когда это уместно или когда предмет представляется очень сложным. Мы с вами отправимся на поиски «жесткого диска» головного мозга, узнаем, когда забывание является нормой и когда оно перестает ею быть. Вы узнаете, что такое обучение, и познакомитесь с методиками, позволяющими значительно улучшить способность к запоминанию.

Однако не в этом заключается главная цель книги – это не сборник упражнений для тренинга и полезных советов, которые, как известно, либо работают, либо нет. Вместо этого вы узнаете многое о головном мозге – о том, как он функционирует и что собой представляет. В результате вы сами научитесь оценивать состояние своей памяти и поймете, что надо делать, чтобы ее улучшить, и самое главное – когда стоит это делать. Кто захочет, тот сможет сотворить из своего мыслительного органа «супермозг». Собственно, он уже и так у вас есть – вы беспечно носите его с самого рождения надежно упакованным в черепной коробке. Наш мозг попадает в мир в момент нашего рождения, а затем постепенно вбирает этот мир в себя и делает понятным. С рождения мозг способен выучить любой язык и обучиться любому виду деятельности. Несмотря на это, мозг индийского врача разительно отличается от мозга датского рыбака. Оба они потратили на усовершенствование мозга всю жизнь и обучились великому множеству вещей, но каждый своим. Иногда, конечно, мы забываем номер телефона или имя человека, но в целом мозг редко подводит нас. Конечно, тот, кто считает такое содержание памяти главным, может позлословить по этому поводу, но и мы посмотрим на такого человека критически.

Я знаю, о чем говорю, потому что между делом позволяю себе выступать в телевизионных шоу и со сцены в качестве мнемониста. Надо сказать, что среди мнемонистов тоже идет нешуточное соперничество за звание человека с самой емкой памятью. Правда, критерии оценок сильно разнятся между собой. Эти соревнования носят скорее развлекательный характер и в целом достаточно маргинальны. В связи с выступлениями многие спрашивают меня: «Что это вообще такое – чемпионат мира по памяти? Нечто вроде Олимпийских игр, только мускулатура не в счет? Существует ли допинговый контроль и проверка крови на глюкозу? Не слишком ли тихо ведет себя публика – ведь надо все время концентрировать внимание?» Некоторые ожидают многого от конкурсов «ботаников», и эти конкурсы обрели неплохой вид с появлением шоу «Теория Большого взрыва». Фактически на турниры мировых чемпионатов по памяти собираются люди разных возрастов, чтобы посоревноваться в запоминании чисел, имен и телефонных номеров. Для этого требуется изрядная тренировка, и я участвую в этих шоу ради спортивного удовольствия, не задумываясь о престиже!

По-другому эти вещи оцениваются в Азии. Там наш вид спорта за последние годы разительно изменился. На чемпионате мира 2013 года в Лондоне монгольская команда заняла третье место. По возвращении домой в аэропорту их встречал глава монгольского правительства, капитан команды стал спортсменом года и руководителем отборочного жюри, своего рода Дитером Боленом Улан-Батора. Филиппинцы заняли второе место. Команду показали по национальному телевидению – как у нас показывают победивших футболистов, потом их чествовали в парламенте, а некоторым участникам выделили государственную поддержку, чтобы они могли заниматься любимым спортом профессионально. Мы, немцы, заняли на том чемпионате первое место! Мы сумели отстоять почетный титул. Меня, победителя, встречала в аэропорту одна только мама. Местная газета посвятила моей победе три строчки и при этом умудрилась перевернуть мою фамилию.

Правда, надо сказать, что меня это не сильно огорчает, потому что публичные выступления – это всего лишь повод поговорить на мою любимую тему. Меня часто спрашивают: «Скажите, господин Конрад, когда вы заметили, что можете делать такие вещи?» По тону вопроса понятно: спрашивающий ждет, что я скажу, будто мне открылся талант, проявились какие-то невероятные, почти сверхъестественные способности. Иногда я отвечаю: «Все очень просто. Дело было на занятиях по физике. В лаборатории меня укусил радиоактивный паук, с этого все и началось». Ну, это, конечно, шутка. На самом деле занятия физикой были здесь ни при чем. Как и в случае любого успеха, хорошую память я выработал благодаря упорным тренировкам.

Незадолго до окончания средней школы я посмотрел одно телевизионное шоу, где Верона Поот (тогда ее еще звали Фельдбуш) рассказывала, как один мнемонист дал ей несколько полезных советов, и она, воспользовавшись ими, невероятно развила свою память. Желаемый эффект – «если смогла она, то смогу и я» – был достигнут, и я с головой углубился в эту тему. Методы улучшения памяти очень сильно помогли мне в учебе. Я всегда был хорошим, но отнюдь не выдающимся учеником, однако, став студентом, я смог одновременно проходить курсы по двум специальностям, получая высшие баллы, и при этом имел свободное время на любимое хобби – соревнования по памяти. Консультанты по улучшению и развитию памяти, книги которых я читал, не могли объяснить мне, как работает память и почему она не развита у нас от природы. Как можно с помощью особых техник так улучшить память и почему никто не говорил мне об этом раньше, когда я учился в школе?

Работая над дипломом, я вдруг понял, что вместо чтения работ по физике и информатике я все время искал доступы к базам статей об обучении и памяти. Мне хотелось как можно больше узнать об этих предметах. Понятно, что одновременно мною двигала надежда найти еще несколько полезных советов по улучшению запоминания. Поначалу мне очень не хватало специальных знаний, но сам

процесс поиска просто завораживал! Так я пришел к решению использовать выпавший мне шанс и по окончании курса обучения сменить специальность и получить ученую степень по психологии. Я продолжил учебу в Мюнхене, где в процессе работы над докторской диссертацией получил уникальную возможность изучать особенности мозга лучших в мире мнемонистов. Не ужасайтесь – я обошелся без скальпеля, и все они до сих пор живы и здравствуют.

На семинарах и конференциях специалистов по памяти я теперь и сам выступаю как ученый и каждый раз задаю себе один и тот же вопрос: почему мои коллеги не делятся с обществом своими обширными познаниями в этой области? Именно поэтому я теперь участвую в телевизионных шоу и читаю популярные лекции, и именно поэтому я написал эту книгу. Мне очень хотелось, чтобы все люди получили шанс узнать, какое чудо наша память, понять, как она работает и почему иногда она нам отказывает, а также узнать о том, какие полезные знания, важные для обучения и повседневной жизни, добыты современной наукой.

Для того чтобы облегчить чтение, я до минимума сократил число ссылок. Список опубликованных научных статей на эту тему (большинство из которых написаны по-английски) приведен в конце книги. Кроме того, представлен список видеоматериалов, которые воспринимаются широкой публикой легче, чем научные публикации в специальных журналах. Эти видеокурсы наилучшим образом дополняют мою книгу. Иллюстрации тоже служат, с одной стороны, приятным развлечением, а с другой – полезным дополнением и средством самоконтроля: что вы можете сказать о каждой иллюстрации после прочтения соответствующей главы? Если вы хотите лучше усвоить прочитанное, то всякий раз, закрывая книгу и откладывая ее на время в сторону, подумайте и оцените то, что вы прочитали и что нового вы при этом узнали. Я с удовольствием отвечу на ваши вопросы, приму комментарии, похвалу и критику по адресу: info@boriskonrad.de.

Могу твердо обещать одно: прочтя эту книгу, вы начнете по-другому относиться к своей памяти – хотя бы потому, что ваш мозг начнет работать по-другому. Желаю вам и вашему мозгу новых знаний и большой радости и удовольствия в процессе их усвоения!

1

Что такое память?

Память – это всё. Без нее мы ничто.

Эрик Кандел

Кто из вас считает, что у него хорошая память? Когда на своих популярных лекциях я задаю этот вопрос, на него почти никто не отвечает утвердительно. Действительно, в этом отношении все мы имеем печальный опыт: мы часто стараемся что-то запомнить или заучить, а потом, когда пытаемся вспомнить, память нам отказывает; оказывается, мы все забыли. Сразу возникает скорбная мысль: «Да, память-то у меня не так хороша, как я думал...» С возрастом все становится еще хуже, и вот уже мужу приходится татуировать на руке имя жены. Думаю, на такое можно решиться только от великой любви, или я не прав?

Собственно, это всего лишь искаженное восприятие. Мы сильно раздражаемся, когда – в который уже раз! – не можем найти ключ в том месте, куда мы его якобы положили, но редко можно услышать такое, например, восклицание: «Ого, вот и ключик нашелся! Подумать только, пятый раз подряд! Это же чудо, что я его нашел!» Чудо между тем – это то, на что реально способна наша память. Что она для нас значит, мы замечаем только тогда, когда она начинает нам изменять. Люди, страдающие болезнью Альцгеймера, теряют не только свои воспоминания – они в конечном счете утрачивают и свою личность. Без памяти мы ничто, как красиво выразился один из самых выдающихся исследователей памяти Эрик Кандел. Все, что

нам известно, все, что мы знаем, все, что мы помним, основано на нашей способности регистрировать информацию в памяти.

Можем ли мы, немного видоизменив утверждение Кандела «Память – это всё», утверждать: «Мозг – это всё»? Вопрос сугубо философский. Как нейрофизиологу мне здесь очень легко впасть в преувеличение. Но, думается, привычка философов с порога отмечать все, что исходит от нейрофизиологии, приносит мало пользы. Сегодня мы знаем, что наш мозг кодирует информацию в нервных клетках и проводящих путях и хранит ее там десятки лет, все время что-то в ней меняя. Однако, несмотря на это знание, мы и сегодня не в состоянии точно объяснить, как это работает. Правда, кое-что мы все-таки знаем на основании данных классической психологии и физиологии мозга.

На первый взгляд, идеальным хранилищем информации является жесткий диск компьютера, откуда можно по первому требованию извлечь нужные в данный момент сведения. В сравнении с таким совершенством наш мозг выглядит довольно забывчивым. Но в этом-то и заключается сильная сторона человеческого мозга. Именно эта способность позволяет нам создавать новые интерпретации и ассоциации, приспосабливаясь к изменениям внешнего мира. Эта особенность придает нам те гениальные способности, которых начисто лишен компьютер. То, что мы иногда забываем класть ключ на место, – ничтожная плата за такие выдающиеся способности.

Память определяют как способность живого существа записывать информацию в нервной системе, а затем снова извлекать оттуда. При этом очень интересна фаза промежуточной консолидации памяти. Мы мало знаем об этой фазе; известно, что она протекает во сне и составляет тем не менее существенный аспект запоминания. Все это представляется очень увлекательным, если, например, задуматься о том, какой короткой подчас может оказаться наша память. Как человек, выступающий в соревнованиях по запоминанию, я потратил много труда на то, чтобы улучшить работу

моей долговременной памяти. В то же время как ученого меня интересуют и последние достижения в этой области. Однако прежде всего меня – как наверняка и каждого из вас – зачаровывает вопрос о том, что же такое память как таковая. Краткого и исчерпывающего ответа на этот вопрос пока не существует, но кое-какие знания на эту тему наука уже накопила, и я с удовольствием поделюсь ими с вами!

Эволюция памяти

Когда возник и сколько времени существует феномен памяти? Подобно всем другим живым существам, мы, современные люди, являемся продуктом эволюции. Наш вид мы гордо называем *Homo sapiens* (человек разумный), и это единственный на Земле биологический вид, обладающий культурой, историей и языком. Благодаря высочайшей производительности мозга наш выдающийся интеллект дал возможность выжить единственному в своем роде виду человека. Но и эволюции требуется время. Понадобилось около 650 миллионов лет для того, чтобы из первых нервных клеток беспозвоночных животных сформировался человеческий мозг. Современный человек существует около 200 тысяч лет. Вероятно, столько же лет и способности к членораздельной речи. Согласно другим гипотезам, первым попыткам связной речи не больше 100 тысяч лет, а первые языки появились не раньше чем 35 тысяч лет назад.

Всего несколько тысяч лет назад наши предки вели хотя и не очень простую, но куда более предсказуемую жизнь, чем мы. Социальные группы состояли из нескольких десятков человек, и люди должны были лишь понимать, кто друг, а кто враг. Не надо было запоминать имена соплеменников, фамилии работодателей и номера мобильных телефонов. При средней продолжительности жизни меньше 30 лет старческая деменция не представляла собой общественной проблемы. К оседлому образу жизни человек перешел не ранее чем 10 тысяч лет назад, во времена неолита. С появлением сельского хозяйства началась неолитическая революция, и численность социальных групп стала расти. Письменный язык, возникший из символов, появился всего несколько тысяч лет назад. И вот теперь, в XXI веке от Рождества Христова, мы уже озабочены тем, что творит с нами современная техника и как влияют на наш мозг и память компьютеры и мониторы.

«Новая среда вызывает зависимость. Она оказывает долгосрочное вредное воздействие на организм и прежде всего на дух. <...> Если мы не будем нагружать работой мозг, то ослабеет и наша память», – писал в 2012 году Манфред Шпитцер в книге «Цифровое слабоумие» (Digitale Demenz)^[1].

Вот другая мысль: «Новая среда опасна и вредоносна, потому что ее потребитель перестает пользоваться памятью... и воображением в попытке что-либо понять, несмотря на то, что он ничего не понял». Это цитата из Шпитцера? Ничуть не бывало, это вольный перевод высказывания Платона из воображаемого диалога между Сократом и Федром («Федр», 274b, 275). Такими словами великий философ критиковал в V веке до н. э. изобретение письменности.

Эволюция между тем продолжается. 35 тысяч лет назад мозг человека каменного века был немного больше мозга современного человека. Однако за 10 тысяч лет, прошедших с возникновения обществ, и за те 2,5 тысячи лет, что разделяют цитаты Платона и Шпитцера, эволюция не смогла сколь бы то ни было значимо изменить наш мозг. Того, что эволюция сделала с мозгом за предыдущие тысячелетия, вполне хватает на то, чтобы справляться с вызовами современного мира. Уровень развития человечества поражает, несмотря на то что наша память не приспособлена ни к современным информационным потокам, ни к письменности. Этот факт надо учитывать при изучении памяти и пользоваться им для того, чтобы улучшить способности к запоминанию!

Просто слюнки текут

Русский ученый Иван Павлов (1849–1936) проделал со своими подопытными собаками знаменитый эксперимент. После того как собаки Павлова некоторое время слышали звонок перед кормлением, сам звук звонка вызывал у них повышенное слюноотделение. То, что такое поведение характерно и для людей, подтверждается практикой многих пивных, где незадолго перед закрытием звенит звонок, вызывающий у последних, самых стойких посетителей приступ неукротимой жажды.

Фактически здесь речь идет о способностях памяти. То, что собака пускает слюни при виде корма, является безусловным врожденным рефлексом, который не требует обучения. В норме звон колокольчика не приводит к усилению слюноотделения. Только при условии сочетания этих двух раздражителей происходит возникновение, становление и усвоение классического условного рефлекса. Точно так же можно и отучить от какого-то поведения. Если, например, собака после усвоения условного рефлекса часто слышит звонок, но не получает после этого корм, то отделение слюны на звонок вскоре прекращается. Собака забывает эту связь? Совершенно не обязательно. Если звонок снова подкрепляется кормом, то отделение слюны на звонок очень быстро восстанавливается.

Владельцы собак, использующие при дрессировке кликеры, пошли еще дальше. Кликер – это приблизительно то же самое, что известно детям под названием квакающей лягушки. Конечно, современные дети этого уже не знают, так как у них вместо лягушек множество других развлечений. Короче, кликер – это маленький прибор, производящий короткие акустические сигналы при нажатии кнопки. Владелец собаки вполне осмысленно использует кликер в самом начале обучения – всякий раз, когда пес получает лакомство. Это ведет к выработке классического условного рефлекса. В ответ на

акустический сигнал у собаки начинается усиленное слюноотделение.

Но пускание слюней – это отнюдь не то поведение, какого добивается владелец собаки. Теперь кликер используют в моменты, когда собака хорошо себя ведет. Животное усваивает, что за хорошим поведением последует сигнал, а за сигналом – лакомство. Таким образом, собака легче и быстрее обучается приемлемому поведению. Всё вместе это называют выработкой оперантного (инструментального) условного рефлекса. Тот, кто сейчас спросит: «Что, и у людей все происходит так же?», надеюсь, не подумал о собственном ребенке. Хотя, конечно, набрав в Гугле «Кликер в обучении ребенка», вы получите великое множество ответов.



Разумеется, условные рефлексы вырабатываются и у людей, причем во всех формах; вообще, выработка условного рефлекса – это важнейшая форма обучения. Например, в одном эксперименте испытуемые получали удар током при рассматривании определенных геометрических фигур. Спустя недолгое время у испытуемых появлялась сильная потливость и другие признаки страха даже в тех случаях, когда показ геометрической фигуры не сопровождался ударом электрического тока. Это пример классического условного рефлекса. И наконец, после того как вслед за демонстрацией геометрической фигуры испытуемые получали вознаграждение, они переставали бояться удара током и с нетерпением ждали следующей фигуры. Это выработка оперантного условного рефлекса.

Все эти феномены находят осмысленное применение в поведенческой психотерапии. Страхи – это зачастую временные неправильные связи, возникшие в головном мозге, и если, например, человеку, страдающему арахнофобией (страхом перед пауками) многократно предъявлять изображение паука, вслед за чем не происходит ничего страшного, то фобия постепенно проходит (по крайней мере, в части случаев). В психотерапии методом положительной обратной связи пользуются как наиболее простым методом обучения.

Этот феномен хорошо известен нам по эффекту плацебо, выявленному еще Павловым в его опытах на собаках. Подопытное животное долгое время получало лекарство, вызывающее рвоту. После этого собаку начинало рвать после инъекции совершенно безвредного, нейтрального вещества. Может возникнуть и обратная ситуация, когда мы приучаемся к тому, что прием лекарства внутрь или его инъекция приводят к улучшению. В таких случаях прием плацебо или введение нейтрального солевого раствора в вену может вызвать улучшение самочувствия.

Что пьет корова?

Мой любимый футбольный клуб – ВФЛ! Это замечание на полях. Теперь назовите мне город в Рурской области. Вероятность того, что вы назовете Бохум, а не Дортмунд, Эссен или Хаттинген, будет намного выше, особенно если вы тоже болеете за ВФЛ из Бохума. Во мне, как в болельщике этого клуба, его название пробуждает сильные эмоции – подавленность, воодушевление, боль и счастье. Но это тоже замечание на полях.

В этих случаях говорят о примиряющем эффекте (прайминг-эффекте). Употребляя этот термин, имеют в виду, что предварительное произнесение какого-то слова изменяет вероятность возникновения каких-либо последующих реакций или ассоциаций. Все это имеет отношение и к памяти, поскольку нужная информация в такой ситуации не лежит на поверхности. Для специалистов по памяти прайминг-эффект очень интересен, потому что его исследование уводит в глубины мозга. Так, например, больные с некоторыми формами амнезии страдают от неспособности вспомнить какую-то усвоенную прежде информацию. Тем не менее у таких больных продолжает работать прайминг-эффект. Например, один такой пациент не мог расшифровать аббревиатуру футбольного клуба, но в ответ на второй вопрос уверенно называл Бохум.

Представляется, что прайминг играет роль и в поведении. Так, например, в ходе одного эксперимента выяснилось, что испытуемые медленнее переходят из одного помещения в другое, если в первом помещении им предварительно проводят инструктаж о задании и как бы вскользь упоминают о старости. Но исследования, даже научные, часто дают неоднозначный результат. Поэтому до сих пор не стихают споры о том, насколько глубоким является влияние прайминг-эффекта.

Прайминг, так же как и условный рефлекс, касается имплицитной памяти, то есть запоминания на подсознательном уровне. Мы можем пользоваться этим, чтобы перехитрить самих себя. Например, перед соревнованиями по памяти я напоминаю себе о своих успехах. Это приводит к тому, что мой мозг подсознательно нацеливается на быстрое усвоение информации, важной для достижения успеха. В других случаях перед очередным турниром я повторяю сведения, которые могут оказаться важными в соревновании. С помощью такого прайминга я начинаю соображать и запоминать лучше, чем без него, – эти два вида прайминг-эффекта хорошо помогают мне в соревнованиях. Во время экзаменов или при решении каких-либо задач вы тоже можете испробовать такой подход и получить от него ощутимую пользу: думайте об успехе и попытайтесь обдумать возможное содержание задачи!

И все-таки, что пьет корова? Тот, кто не знает этой шутки и должен ответить быстро и без раздумий, чаще всего отвечает: «Молоко!» Само упоминание слова «корова» благодаря прайминг-эффекту приводит к слову «молоко». Однако корова *дает* молоко, а сама она пьет воду.

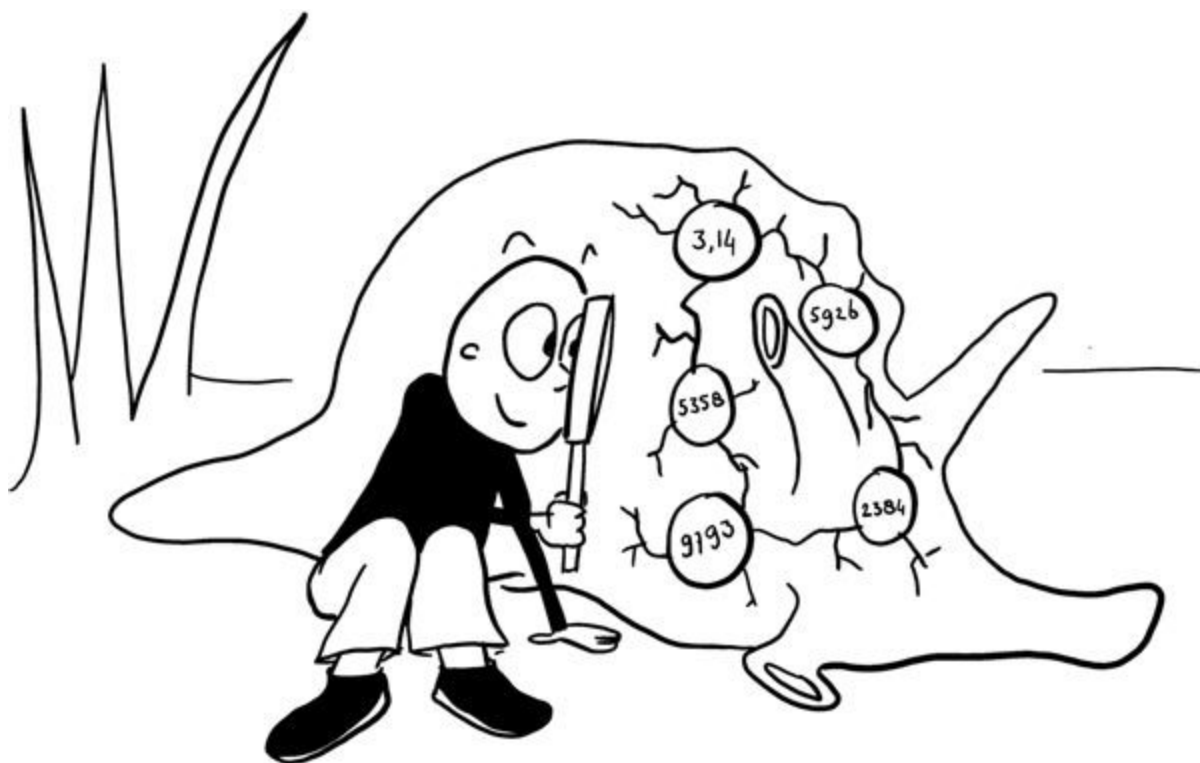
Память моллюсков

Когнитивные способности человека выше, чем у животного, и поэтому человек может обдумывать свои действия. Именно по этой причине применять кликер в отношении мужа на кухне – занятие совершенно бессмысленное. Однако, несмотря на это, основы памяти возникли в незапамятные времена, и подсознательные процессы, обеспечивающие запоминание, действуют у человека практически так же, как и у большинства животных. Чем ближе по строению мозг животного к мозгу человека, тем больше схожи между собой процессы запоминания и припоминания. Особенно сильно бросается в глаза эта схожесть при сравнении мозга человека с мозгом приматов, но наш мозг в целом похож и на мозг других млекопитающих. Поэтому знания о человеческом мозге и человеческой памяти основаны на экспериментах, проведенных на животных, каким бы странным это ни могло показаться.

В то время как в исследованиях на крысах и мышах изучали в основном поведение, известный австрийско-американский ученый Эрик Кандел изучал память на мозге одного морского моллюска. Этот моллюск называется аплизией, или морским зайцем, и именно это животное сделало Кандела нобелевским лауреатом. Очень рекомендую всем посмотреть фильм «В поисках памяти» (2009), посвященный работам Кандела.

Но почему именно аплизия? Согласно последнему большому исследованию, мозг человека состоит из 86 миллиардов нервных клеток. Конечно, это не так много, как звезд в Млечном Пути, но все же и это число впечатляет. Таким образом, в нашем мозге слишком много клеток, и они, кроме того, слишком малы, чтобы изучать их по отдельности. Напротив, у аплизии во всем ее организме всего 20 000 нервных клеток. Поэтому Кандел и его коллеги – вместо того, чтобы проследить в общих чертах процессы, протекающие в сложных системах, – решили более подробно изучить процессы памяти,

протекающие в более простых и обозримых системах. В танцевальных школах на первых занятиях учат движениям медленного вальса, а не искрометным импровизациям аргентинского танго. По той же причине изучение памяти лучше всего начинать с мозга морского зайца.



Оказалось, что и у аплии есть память. Естественно, морской заяц не в состоянии запоминать номера телефонов и не может назвать двадцать знаков числа π после запятой, но и у него можно сформировать условные рефлексы. Успешные в эволюционном плане биологические виды всегда продвигаются выше и дальше. Наш мозг способен на большее, нежели мозг аплии, в нашем мозге есть множество отделов, каждый из которых отвечает за свои, специализированные функции, но на нижнем уровне работы нашего

мозга функционируют многие, достаточно примитивные механизмы. Благодаря Канделу и его коллегам мы теперь многое знаем о формировании памяти на молекулярном уровне. Изучение поведения человека и животных моделей позволяет узнать больше о специализации определенных отделов мозга или даже отдельных нервных клеток. В опытах с участием людей специалисты по когнитивной психологии смогли показать, что существуют разные типы памяти, а исследования с применением магнитно-резонансной томографии указывают на то, что за различные виды памяти отвечают разные отделы мозга. Наши знания обо всех этих процессах ежедневно пополняются благодаря работам ученых, изучающих память и физиологию головного мозга.

Однако все эти достижения пока не дают возможности описать цельную картину. Точного ответа на вопрос о том, как именно функционирует память, у нас до сих пор нет. В то время как жесткий диск компьютера работает по строго определенным правилам и точно воспроизводит записанные на нем данные, с мозгом все обстоит совершенно иначе. За миллионы лет эволюции возникли невероятно сложные системы, детали работы которых нам до сих пор неизвестны. Но надо сказать, что знаем мы все же довольно много. Например, известно, что мы, люди, обладаем отнюдь не одним видом памяти, или, точнее, у нас не одна память, а несколько. Разные «памяти» выполняют разные обязанности. Окончание первой главы я посвящу описанию этих отдельных «памятей».

«Я же это знал!»

«Кратковременная память у меня очень даже неплохая, но долговременная могла бы быть и получше!» Я часто слышу такие высказывания от людей, посещающих мои лекции. Люди давно знают, что виды памяти различаются по способности разное время сохранять запоминаемые сведения. Кандел сумел показать, что кратковременная и долговременная память существуют уже у аплизий, причем процессы в структурах, отвечающих за разные виды памяти, сильно отличаются друг от друга. Эти отличия играют важную роль и в науке о человеческой памяти. Однако у человека есть и третий уровень памяти, предшествующий кратковременной памяти, – память такого типа называют ультракороткой.

Надо, однако, иметь в виду, что речь здесь идет об обобщающей модели. В мозге нет особых сейфов для хранения ультракороткой, кратковременной и долговременной памяти. Реальность, как всегда, намного сложнее модели. Этот факт хорошо известен нам по прогнозам погоды. Метеорологи множество раз примеряют свои модели к реальности, чтобы в полдень объявить по радио, что да, именно сейчас там-то и там-то идет дождь. В науке о памяти модели тоже позволяют плодотворно работать с допущениями и предпосылками. В процессе работы возникают бесчисленные новые идеи, усовершенствования и варианты, позволяющие уточнить представление о происходящих процессах, а затем ученые строят модель, в наибольшей степени соответствующую реальности.

Нам здесь будет достаточно рассмотреть простые модели. Ибо даже такие простые модели пользуются понятиями, которые сильно отличаются от понятий, употребляемых в обыденной речи. Если, например, психолог произносит словосочетание «кратковременная память», то он, скорее всего, имеет в виду нечто иное, нежели человек, далекий от психологии. Для того чтобы лучше понять суть научных представлений, можно с успехом прибегнуть к метафорам.

Интересно отметить, что в разные эпохи эти метафоры были различными. Древние греки сравнивали память с восковой дощечкой и архивом. Представление о том, что в мозге есть отдельные ящички для разных видов памяти, бытует до сих пор. Правда, в наше время человеческую память чаще всего сравнивают с компьютерной памятью. Согласно этим представлениям создается следующая картина: сенсоры, воспринимающие информацию с клавиатуры или видеокамеры, немедленно передают ее дальше. Это аналог ультракороткой памяти. Затем сведения передаются в оперативную память – аналог человеческой краткосрочной памяти, а после этого на «жесткий диск» – аналог долговременной памяти.

Проблемы начинаются с того, что эта аналогия изначально хромает, ибо информация (как это происходит в компьютере) в мозге хранится совершенно по-другому. Если в компьютере содержание точно копируется, сохраняется и в том же виде выдается по первому требованию, то припоминание у человека всегда сопряжено с изменением, коррекцией и толкованием содержания. Нет в человеческом мозге и кнопки стирания памяти, как нет и USB-порта для ее переноса. Возможно, среди читателей найдутся и такие, кто сейчас, через десять лет после появления этого изобретения, спросят: «Что такое USB-порт?» Но, несмотря на это, нам все же придется пользоваться компьютерными метафорами. В буквальном смысле такими метафорами являются слова «вызвать» и «сохранить». Вызов информации и ее сохранение происходят в компьютере, но эти процессы отсутствуют в биологических системах. Мы не вполне понимаем, как работают биологические системы, и поэтому за неимением лучших терминов прибегаем к понятиям информатики, чтобы описать то, что мы имеем в виду. Фраза «мозг изменяется в ходе взаимодействия с внешним миром» сложнее, но не более содержательна, нежели фраза «информация, сохраненная в мозге». Самое главное – это помнить, что «сохранение» информации – это всего лишь более или менее удачная метафора,

ибо сохранение информации в мозге протекает совершенно не так, как в компьютере.

Ультракороткая память

Действительно, отложению информации в кратковременной памяти предшествует ее попадание в ультракороткую память, которую называют также «сенсорной памятью». Дело в том, что информация исчезает из этой памяти быстрее, чем вы успеете произнести слово «ультракороткая». Например, при зрительном восприятии наш мозг формирует новые восприятия в течение долей секунды. Наглядный пример: если вы видите, как в ночи кто-то быстро проводит из стороны в сторону карманным фонариком, то вы видите след светового пятна – его траекторию, которая практически мгновенно исчезает. Исследования показывают, что время сохранения такого следа составляет от 15 до 300 миллисекунд. Кто-то может подумать: «Однако, ради бога, господин Конрад, 300 миллисекунд – это же не память!» Но, если мы вспомним определение, согласно которому памятью называют любую форму сохранения информации, то такое кратковременное сохранение информации тоже можно назвать, если угодно, запоминанием или памятью. Мало того, это восприятие очень важно для памяти, ибо именно оно фильтрует поступающую информацию, попутно решая вопрос о том, что стоит обрабатывать дальше.

Однако сенсорная память не ограничивается одной лишь модальностью зрительного восприятия. Помимо визуальной сенсорной памяти у нас есть такая же память в отношении всех других чувств, причем время хранения сенсорной информации в каждой модальности немного отличается. То, что на этапе сенсорной памяти информация фильтруется, прежде чем попасть в сознание, подтверждается эффектом коктейльной вечеринки: даже в самом шумном окружении вы отчетливо понимаете, что говорит вам собеседник, но слова людей, сидящих за соседними столами, сливаются для вас в бессодержательный шум. Но стоит кому-то из соседей произнести ваше имя или затронуть важную для вас тему,

как вы немедленно обратите на этого человека свое внимание. Таким образом, все шумы воспринимаются и фильтруются. В случае слухового восприятия сенсорную память можно уподобить эху, и поэтому в данном контексте она так и называется – «эхо-память».

Кратковременная память

В кратковременную память попадает лишь ничтожная доля нового содержания, воспринятого органами чувств. Кроме того, через кратковременную память транзитом проходит и то, что потом откладывается в долговременной памяти, откуда мы потом можем эти сведения извлечь и обдумать их. Короче, через кратковременную память проходит все, что мы активно обрабатываем, и поэтому кратковременную память называют иногда рабочей памятью. Таким образом, мы видим, что в обоих случаях процессы развиваются согласно разным моделям, но для понимания процессов, происходящих в кратковременной памяти, такое разделение в принципе не важно. «Кратковременной» эта память называется, потому что информация сохраняется в ней в среднем двадцать-тридцать секунд. Если поступающей информации мало, то срок сохранения может растянуться до двух минут. Но в любом случае время сохранения информации в кратковременной памяти действительно очень мало.

Всякая вновь поступающая в кратковременную память информация вытесняет находящуюся там информацию. Все хорошо знают этот феномен по запоминанию телефонного номера из телефонной книги. Набирая номер, вы отлично его помните, но он улетучивается из вашей памяти практически сразу после того, как в трубке раздаются длинные гудки. Если же вы перед тем, как набрать номер, посмотрите на часы, то можете быть уверенными, что сами вы прочитанный номер уже не вспомните, потому что информация о времени вытеснила информацию о номере телефона. Молодым людям словосочетание «телефонная книга» в большинстве случаев уже представляется совершенно непонятным. Таким людям я посоветую вспомнить о snapchat: последние семь просмотренных кадров вы еще помните, но в промежутке выскакивает сообщение по WhatsApp и стирает все, что содержалось до этого в

кратковременной памяти. Получается, что тот, кто создает за 0,3 секунды семь кадров снэпчата, не выходит за пределы сенсорной памяти.

Кратковременная память ограничена не только из-за малости времени, она мала и по объему. Например, она вмещает в среднем около семи цифр. Вот небольшое упражнение: прочтите по очереди следующие строчки, закройте глаза и попробуйте вспомнить все цифры.

92387

8631742

3510029011

Как это работает? Если вы не отвлекались и хорошо сосредоточились, то последовательность цифр первой строчки вы вспомните без особого труда. Средняя строчка уже трудна для запоминания; вы можете перепутать местами пару цифр, одну пропустить, но если хорошенько сосредоточитесь, то, возможно, вспомните и всю строчку правильно. Запомнить семь цифр – это в пределах средних человеческих возможностей.

Если испытуемые часто повторяют подобные упражнения, то запоминание семи цифр, как правило, перестает вызывать затруднение. Напротив, запомнить десять цифр последней строчки очень и очень трудно. Тот, кто может это сделать, как правило, осознанно или неосознанно прибегает к какой-то мнемонической тактике: например, напевает цифры на какую-нибудь любимую мелодию или членит последовательность на числа (триста пятьдесят один – ноль – ноль – двадцать девять – ноль – одиннадцать, вместо того чтобы запоминать последовательность три – пять – один – ноль

и т. д.). Однако, если я скажу вам, что в последней строчке число тридцать пять следует за записанной в обратном порядке датой теракта 11 сентября 2001 года, то вы тотчас и без затруднений запомните эту последовательность цифр.

Дело в том, что кратковременная память обрабатывает не цифры по отдельности. Фрагменты информации, с которыми она работает, называют блоками (chunks). Блоком может послужить и цифра. Или дата 11 сентября 2001 года, так как она указывает на один фрагмент значимой информации. Эффективной стратегией увеличения объема кратковременной памяти является разбиение информации на крупные блоки. Если вы поищите и найдете в последовательности цифр дату своего рождения, известный вам номер телефона или кредитной карты, то вы тем самым увеличите емкость своей кратковременной памяти. Разбиение информации на блоки и объем кратковременной памяти в 1950-х годах изучал американец Джордж Миллер, и с тех пор эта тема является самой обсуждаемой и самой цитируемой в статьях, посвященных исследованиям памяти. Для обыденной жизни важно знать, насколько ограничена емкость кратковременной памяти и что рациональное разбиение информации способствует увеличению этой емкости. Однако надо еще помнить о том, что малейшее отвлечение от основного содержания и восприятие какой-то иной информации приведет к немедленному стиранию той информации, которую вы старались запомнить.

Есть еще один способ членения информации: например, можно произнести первые пять цифр вслух, а остальные прочесть просто глазами. Применение этой тактики помогает большинству людей сохранить в памяти все десять цифр. Дело в том, что у кратковременной памяти несколько модальностей – она фиксирует не только зрительную, но и слуховую информацию, причем параллельно. В принципе мы не знаем всех тонкостей работы кратковременной памяти, но благодаря Алану Бэддели мы имеем в распоряжении удачную модель.

Если мы со стороны понаблюдаем за нашим мышлением, то поймем, что есть очень немного вещей, которые мы способны делать параллельно. Например, мы не можем вести два разговора сразу, но смотреть телевизор и разговаривать можем вполне. Мы можем говорить по телефону и одновременно разгадывать кроссворд. Во всяком случае, мужчины на это способны. Недавно я наткнулся в интернете на статью, в которой говорится о том, что нейрофизиологи обнаружили, будто женщины лучше мужчин приспособлены к многозадачности. Приводится ссылка на опубликованную в 2014 году работу о функционировании связей между полушариями головного мозга. В обычных условиях полушария взаимодействуют достаточно слабо. Тот, кто знает в Руре дорогу А40, в Мюнхене Ринг, а в Штутгарте какую-нибудь еще улицу, знает также и то, что, хотя теоретически сообщение прекрасное, продвижение по этим улицам может быть и страшно медленным. Точно так же, даже если два места соединены между собой короткой и удобной дорогой, то все равно человек может в какой-то данный момент находиться только в одном из этих мест. Так как у мужчин и женщин области мозга, отвечающие за кратковременную память, имеют одинаковое анатомическое строение, то едва ли можно ожидать большой разницы в ее емкости, и, между прочим, результаты исследования не являются однозначными. Если вам приходилось видеть мужчин, играющих в компьютерные игры, то вы подтвердите, что они способны одновременно контролировать множество самых разных вещей.

Как явствует из вышеприведенных примеров, одновременное выполнение функций возможно прежде всего в тех случаях, когда это выполнение требует решения разных, а не сходных по природе задач. Бэддели решил проверить это утверждение экспериментально и выяснил, что мы не способны одновременно выполнять два визуальных или слуховых задания, но вполне можем решать сложную математическую задачу и выполнять какое-либо визуальное задание. На этом феномене основана ролевая модель

памяти, разработанная Бэддели: по его мнению, память выполняет несколько связанных между собой ролей – роль фонологического шлейфа, пространственно-визуального блокнота, эпизодического буфера и центрального исполнительного органа. В учреждении этому соответствует магнитофон с коротким временем воспроизведения (фонологический шлейф), на который записывается информация, которая стирается при появлении новой информации, которая записывается вместо предыдущей, и доска для записей, на которой представляется зрительное содержание. Оно стирается при каждой смене содержания, заменяясь новым (пространственно-визуальный блокнот).



Позднее Бэддели добавил к своей модели эпизодический буфер для того, чтобы лучше объяснить результаты новых опытов. Например, таким буфером может быть болливый коллега, который

постоянно рассказывает какие-то забавные истории и сплетни, но не является источником важной и значимой информации. Центральный исполнительный орган – не начальница, а секретарша, которая реагирует на все источники информации, фильтрует их и подает в обработанном виде, в каковом они и попадают в поле зрения начальницы.

Когда мы видим перед собой ряд цифр или читаем текст, мы внутренне повторяем их, то есть создаем фонологический шлейф. Разделение слуховых и визуальных феноменов здесь не больше, чем при таком же разделении на фоне восприятия информации на сенсорном уровне. Пространственно-визуальный блок вступает в игру, когда мы зрительно представляем себе некую сцену, видим ее внутренним взором и можем ею манипулировать. Эта способность актуализировать содержание в рабочей памяти имеет очень большое значение. Осознанно мы замечаем это при выполнении в уме расчетов, когда мы каждый раз повторяем про себя (мысленно произносим) результаты промежуточных расчетов, но в конце концов запоминаем только конечный результат.

Сам Бэддели в одной из своих книг замечает, что, как это ни удивительно, даже люди, обладающие очень ограниченной кратковременной памятью, способны вести вполне нормальную жизнь. Тем не менее существует очевидная положительная корреляция между емкостью кратковременной памяти и тем, что мы называем интеллектом.

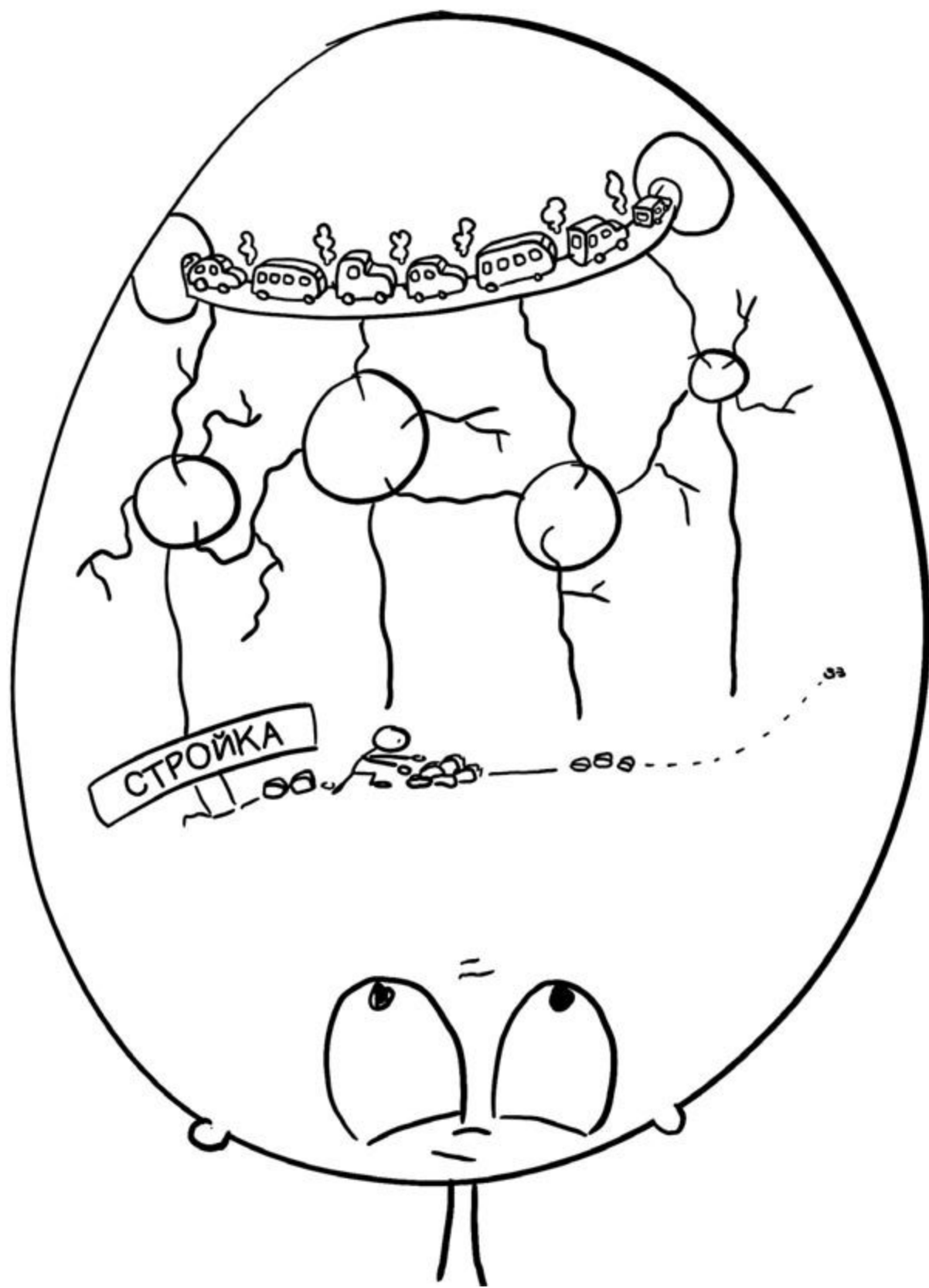
Долговременная память

Вы еще помните о Канделе и морском зайце? Выше я коротко их вам представил. Помните, как называется этот заяц? Если помните, то, значит, эта информация уже отложилась в долговременной памяти и вы смогли ее оттуда извлечь. Если же не помните, то, значит, при чтении предыдущей главы вы отметили название моллюска в рабочей памяти, откуда оно так и не добралось до памяти долговременной. Между прочим, морской заяц зовется «аплизия». Однако, даже если вы не знали этого названия, но вспомнили, что в предыдущей главе речь шла о каком-то моллюске, то, значит, ваша долговременная память участвует в этом процессе. Между прочим, Кандел нашел и у аплизий разницу между кратковременной и долговременной памятью. При мобилизации кратковременной памяти происходит укрепление связей между отдельными нервными клетками головного мозга. Изменяется количество выделяемых нейромедиаторов, что обеспечивает более обширное распространение сигналов. При формировании долговременной памяти, напротив, образуются новые или расширяются уже существующие физические связи.

Это можно сравнить с сетью дорожного движения. Если на дороге между двумя населенными пунктами часто образуются пробки, то на этом участке дороги можно в промежутках пускать дополнительные маршруты общественного транспорта. Например, во время футбольных матчей или торговых ярмарок, когда по дорогам пускают дополнительные специальные маршруты автобусов. Благодаря таким маршрутам люди получают возможность быстрее добираться до цели путешествия. Однако, как только власти отменяют дополнительные автобусы, ситуация становится прежней. Надежно улучшить ситуацию можно лишь строительством новых дорог или расширением старых. Если через некоторое время вы вспомните о том, что читали мою книгу, то, значит, мне удалось в

какой-то степени изменить строение вашего мозга. При расширении дорожной сети используют битум, а в мозге для этих целей организм использует белки, программа построения которых записана в молекулах ДНК.

Сравнение с дорогой демонстрирует также отличие мозга от жесткого диска компьютера. Несмотря на то что аналогия между сохранением информации на жестком диске и ее сохранением в мозге напрашивается сама собой, работает человеческая память совершенно по иным принципам. На диске отдельные фрагменты информации физически привязаны к определенным местам носителя и закодированы там в битах, то есть в определенной последовательности единиц и нулей. Кодирование единицы или нуля в определенной точке диска определяется ее намагниченностью или отсутствием намагниченности. Такая запись делает возможным сколь угодно долгое (во всяком случае, теоретически) хранение неизменной информации. Однако в мозге одна нервная клетка может образовывать тысячи связей. При этом приобретение новой информации всякий раз означает, что произошли изменения прежде существовавших связей. Более того, каждое новое припоминание приводит к дальнейшим перестройкам. Так же как дорожная сеть, сеть связей в мозге постоянно обновляется и так же разрушается со временем. То, что наш мозг ничего не забывает и мы просто теряем возможность добраться до нужной информации, – это не более чем миф. Тем не менее правда и то, что многие вещи скрытно закодированы в мозге и всплывают в памяти, например, при разглядывании фотографий из семейного альбома или снимков, сделанных во время интересных путешествий. Мы действительно вспоминаем вещи, которые считали давно забытыми. Однако если мы на самом деле что-то забываем, то это «что-то» уже никогда не всплывает в нашем сознании.



Кандел, помимо всего прочего, нашел, что очень важны повторные стимулы, так как именно они приводят к образованию новых путей формирования памяти. Мы знаем это и по нашему собственному опыту: то, что мы слышим один раз, быстро улетучивается из памяти, а частое повторение, наоборот, ведет к долгому и устойчивому запоминанию. Поэтому многие до сих пор думают, что столь ненавистные повторы приносят пользу. То есть полезны мало меняющиеся повторения одного и того же. По счастью, это совсем не так, ибо, вместо того чтобы насильно устанавливать связи между очень немногими нейронами, есть множество других способов улучшить систему запоминания. Есть множество типов ультракороткой и кратковременной памяти, и то же самое касается памяти долговременной.

«Должно быть, это находится у меня в другой памяти»

Подумайте о каком-нибудь великолепном путешествии. Может быть, вы посетили другую страну или другой город? Уделите немного времени погружению в воспоминания. В этом случае вы попытаетесь мобилизовать свою эпизодическую память. То есть вы будете вспоминать определенные эпизоды своей жизни.

Однако возможно, в этом путешествии вы узнали что-то новое. Ну, например, научились заниматься виндсерфингом или есть рис палочками. В этом случае будет работать процедурная память, в которой хранятся способности к проведению процедур – например умение кататься на велосипеде, варить макароны или ходить в туалет после каждой третьей кружки пива.

Помимо способностей вы усвоили некоторые новые факты. Например, вы выучили, как называется столица посещенной вами страны, что необычного там едят на завтрак или имя автора и название книги, которую вы читали, сидя у бассейна. Все эти факты хранятся в семантической памяти.

Может быть, вспоминая все это, вы решите, что завтра вам просто необходимо навестить в ближайшее туристическое бюро и взять там новый каталог. Задача, согласно которой я должен уже сейчас знать, что я должен что-то сделать в определенный момент будущего, выполняется перспективной памятью.

Все эти представления – не более чем модели, которые служат для лучшего понимания и постановки целей и задач новых исследований. Есть, кроме того, модель автобиографической памяти, которая частично пересекается с эпизодической памятью. Сюда относят наши личностные воспоминания, и, естественно, в их число попадают и воспоминания об отпуске. Если же я попрошу вас заучить наизусть список слов и завтра на память их воспроизвести,

то это будет задача для эпизодической, но ни в коем случае не для автобиографической памяти. Но вот, например, то, что я помню имя моей матери, относится к автобиографической, а не к эпизодической памяти.

В долговременной памяти, таким образом, действуют различные системы. Есть и иные возможности различения типов памяти помимо перечисленных. Если вы что-то забыли, напрягитесь: возможно, нужные вам сведения просто находятся в другой памяти?

Декларативная память: «Это я знаю!»

Лучше всего нам понятна декларативная память. В 1972 году, по предложению психолога Эндела Талвинга, она была разделена между упомянутыми выше семантической и эпизодической памятью. Декларативную память называют еще и эксплицитной. Эти термины являются синонимами. То, что хранится в этой памяти, хорошо известно ее носителю. Человек может описать и объяснить содержание эксплицитной (декларативной) памяти. Если вас об этом спрашивают, то вы радостно восклицаете: «Это я знаю!»

Сюда относят факты, сведения, которые вы можете упомянуть непосредственно, если вам задали соответствующий, «правильный» вопрос. Как называется столица Дании? Кто был первым президентом Соединенных Штатов? Как часто футбольная команда Германии становилась чемпионом мира? Сюда же относится способность узнавать какой-либо фрукт или знакомого вам человека. У этого знания нет, однако, никаких временных связей. Вы не знаете ничего иного, если, например, заучили, что столица Дании – Копенгаген. Возможно, конечно, что вы при этом вспомните, где видели финал чемпионата мира 2014 года или смотрели фильм «Чудо Берна». Но вам не надо этого помнить для того, чтобы на соответствующий вопрос откликнуться: «Германия была чемпионом мира четыре раза!» Правда, если поблизости оказывается голландец, то большинству германских болельщиков приходится стыдливо прикусить язык.

Изначально все эти сведения воспринимаются на уровне эпизодической памяти. После завтрака в каком-нибудь отеле Эдинбурга вы, наверное, лучше всего запомните свое удивление по поводу того, что бараний желудок, набитый потрохами, смешанными с овсяной кашей, называется у шотландцев «хаггис». Те, кто отважился это попробовать, должно быть, до сих пор помнят вкус. Только с течением времени возникает сухое припоминание: «темная,

в общем, съедобная штука, похожая на толстую колбасу с потрохами + Шотландия = хаггис», – отделенное от связанного с ним события, которое, возможно, будет вскоре совсем забыто. Семантическая и эпизодическая память тесно связаны между собой. Возможно, достаточно будет одного взгляда на хаггис, чтобы немедленно вспомнить о том отеле в Эдинбурге. Если вы не помните, как выглядит шотландский флаг, то, скорее всего, вспомните, если, задумавшись о своей поездке в Шотландию, представите себе, где именно в Эдинбурге висел такой флаг. В том, что существуют различные виды памяти, мы убеждаемся ввиду того, что существуют разнообразные формы амнезий, то есть нарушений памяти, касающихся той или другой системы памяти.

Другой интересный аспект – осознание воспоминания. Согласно определению Талвинга, декларативной памятью обладает только человек, ибо животные лишены сознания. У животных также нет языка и они не способны выразить воспоминания в речевой форме, а значит, они их не «знают». Но действительно ли человеческая память такая особенная? Мы не можем, к великому сожалению, прямо спросить об этом наших меньших братьев. Когда мама с воодушевлением говорит своей собаке: «Сейчас к нам придет Борис! Он принесет тебе что-нибудь вкусненькое! Ты знаешь об этом, да? Да?» – радостное возбуждение собаки связано отнюдь не с эпизодической памятью о полученных ранее сахарных косточках – это просто условный рефлекс: собака радуется хорошему настроению хозяйки.

Однако при более внимательном наблюдении можно увидеть примеры, указывающие на то, что и у животных есть нечто похожее на эпизодическую память. Например, некоторые птицы не только запоминают места, где они прячут плоды, но также и когда они их спрятали, и насколько спелыми те были, чтобы потом вовремя их откопать и съесть. При наблюдении за домашними кошками мы видим, как они во сне «охотятся». Эти движения основаны на припоминании во сне реальных пережитых кошками эпизодов.

Процедурная память: «Это я могу!»

Для способностей и умения выполнять какие-либо действия помимо декларативной существует и процедурная память. Это не декларативная память, так как ее содержание очень трудно, а порой и невозможно выразить словами. Это знают все родители, пытавшиеся теоретически объяснить ребенку, как надо кататься на велосипеде. В этом умении заключается нечто большее, чем просто нажатие на педали. «Это я могу!» – характерное выражение процедурной памяти.

В 2015 году сеть обошло видео американца Дестина Сэндлина. Он построил велосипед, который отклонялся влево, когда руль поворачивали вправо, и наоборот. То есть это была полная противоположность нормальному велосипеду. Очень смешно выглядят попытки людей ездить так, причем совершенно безуспешно – во всяком случае, если это не приводит к тяжелым травмам. Сэндлину пришлось тренироваться целый месяц, прежде чем он смог овладеть своим странным детищем. Интересно еще вот что: в какой-то момент в мозгу Сэндлина что-то щелкнуло, и с этого времени он потерял способность ездить на обычном велосипеде. Перестроить процедурную память очень тяжело, но всякое обучение в принципе базируется на методе проб и ошибок. Мы учимся бегать в раннем детстве, и это умение не меняется во взрослом состоянии.

Во многих видах спорта те, кто начинает заниматься в детстве, очень глубоко усваивают нужные движения, а всякий, кто начинает заниматься этим видом в зрелом возрасте, никогда не достигает такого же уровня. Я вижу это на собственном опыте игры в стекинг^[2]. Эта игра заключается в укладывании стаканов в штабеля на время, и, вероятно, вы видели видео с этой игрой. Это примерно такая же хорошая тренировка для мозга, как жонглирование, потому что в игре задействованы мышцы обеих половин тела, и к тому же в ней требуется хорошая координация движений. В моей возрастной

группе (старше 25 лет) я добился неплохих результатов. В моей возрастной группе рекорд 2016 года для вида «Цикл» равен 7,5 секунды. Абсолютный рекорд в группе подростков составляет пять секунд, что на целых 33 % лучше. Раньше считалось, что так быстро могут складывать пирамидки только дети, и думали, что дело здесь в размере кистей рук. Однако рекорд для возрастной группы от 19 до 25 лет тоже был достаточно выдающимся. В этой «студенческой группе» есть много таких любителей, которые тренируются годами и довольно медленно прогрессируют, но все же делают это неуклонно, – и поэтому мировой рекорд в этой группе ненамного хуже, чем в группе подростков. Дело, как выяснилось, не в размере рук и не в способности к быстрым движениям, а всего лишь в состоянии процедурной памяти, которая в наибольшей степени восприимчива именно у детей и подростков.

Навыки, приобретенные в детстве, могут потом помочь в приобретении новых навыков. Показательны, например, опыты с обучением набору на клавиатуре определенных последовательностей символов. В этих опытах намного превосходят остальных участников те, кто умеет играть на клавишных инструментах. Несмотря на то что клавиатура фортепиано ни капли не похожа на компьютерную, люди, привыкшие нажимать на клавиши, быстрее усваивают нужные последовательности нажатий на кнопки компьютерной клавиатуры.

Автобиографическая память: воспоминания о ЖИЗНИ

Автобиографическая память – это хранилище всех воспоминаний, касающихся нашей жизни. Эта память в значительной степени перекрывается с эпизодической памятью: я, например, знаю, что делал прошлым летом. Я помню также, что ел сегодня утром на завтрак. Но я уже не помню, что ел на завтрак прошлым летом. Правда, в виде исключения я могу запомнить завтрак в какой-то особый день, который запомнился мне в связи с какими-то эмоциями или другими важными и исполненными какого-то особого смысла событиями, и отложился в долговременной памяти. Например, прошлым летом я был в Сан-Диего, где добился большого успеха на турнире по памяти, победив в полуфинале прошлогоднего победителя и выйдя в финал. Так вот, я точно помню, что ел в тот знаменательный для меня день, и даже помню, что я в тот день думал и чувствовал. Однако для того, чтобы все это вспомнить, мне нужно какое-то основание, какой-то пусковой момент, триггер: это должно быть желание вспомнить, чтобы рассказать, или какие-то сходные обстоятельства в настоящем.

Важно еще одно: какое-то воспоминание обязательно означает реконструкцию сцены, то есть формирование каждый раз нового воспоминания. Мы всегда склонны доверять своим воспоминаниям так, будто они достоверны, как видеозаписи. Однако наш мозг всякий раз строит в сознании все картины происшедшего заново и с незаурядной креативностью заполняет образовавшиеся пробелы. О ложных воспоминаниях мы поговорим в третьей главе, ибо они могут быть очень живыми и яркими. Если уметь задавать правильные вопросы, то можно выяснить, что люди часто вставляют несуществующие воспоминания в свою память целыми блоками.

Например, это можно было видеть во время избирательной кампании в США 2016 года, когда кандидаты страстно спорили о том, праздновали ли определенные люди в стране трагедию 11 сентября. «But I saw it!»^[3] Один из кандидатов и некоторые репортеры были уверены в достоверности своего воспоминания. Фактически же многое говорит о том, что в воспоминаниях таких людей телевизионные кадры, на которых были запечатлены ликующие толпы в некоторых арабских странах, были перенесены в США. Эти воспоминания являются субъективно истинными, как и связанное с ними возмущение, но упреки в этой ситуации тем не менее не всегда оказываются справедливыми.

Попытка объяснить то, как создается содержание автобиографической памяти, представлена в модели, предложенной двумя британскими учеными в 2000 году. В системе памяти о собственной самости эти ученые выделяют различные составные части. Мы располагаем основополагающими знаниями об определенных фазах жизни или темах: школьные годы, время обучения в университете, первое рабочее место и т. д. При этом упомянутые временные отрезки определены не вполне четко и часто накладываются друг на друга. Вышеприведенный пример многие могут видоизменить, разделив жизнь на период первого брака, второго, третьего... В любом случае мы обладаем вполне определенными и непосредственными знаниями о каждой из этих фаз. Я знаю, где я учился, где тогда жил и с кем проводил свободное время. В этой памяти, однако, могут отсутствовать какие-то конкретные и подробные воспоминания. Далее, надо различать обобщенные воспоминания (я тогда бегал) и воспоминания конкретные (мой первый марафонский забег). Эти последние воспоминания сохраняются в виде конкретных точечных единиц, особенно если речь идет о том, что произошло в первый раз (мой первый поцелуй), или о каком-то поворотном событии в жизни (выпускной бал, выход на первую работу), или о каких-то знаменательных событиях, отграничивающих один этап жизни от

другого (рождение детей, свадьба, похороны близких, трагедия 11 сентября).

Если же мы вспоминаем об отдельных моментах, не имеющих столь важного значения, то в игру вступают все упомянутые уровни, для того чтобы сконструировать воспоминание. Например, если я встречаю старого друга, с которым познакомился когда-то во время годичного пребывания в Англии, то в моем мозге пробуждаются воспоминания о том времени. Я начинаю думать о студенческой пивной в кампусе и вспоминаю тогдашние вечеринки. Сохраненная в долговременной памяти информация об отдельных событиях, впечатления от фотографий, на которых я изображен вместе с этим другом, создают некий образ в моей рабочей памяти, но этот образ ни в коем случае не является точным повторением того, что имело место в то уже довольно далекое время. Наша память может в какой-то степени приукрасить прошлое, польстить нашему самолюбию и одновременно эффективно использовать место воспоминания и место встречи. Собственно говоря, это и не важно – иметь в памяти воспоминания о каждой завтраке и каждой вечеринке. Во всяком случае, не все завтраки и вечеринки студенческих времен стоят достоверного воспоминания.

Напротив, спонтанные воспоминания являются оживлением подлинных единичных эпизодов. При этом бывает весьма увлекательно наблюдать в этих сценах себя – со стороны. Подумайте, как вы наблюдаете вспомнившуюся вам сцену – изнутри, так сказать, взглядом своего «я»? Или вы видите в воспоминании сцену с высоты птичьего полета, как будто глазами другого наблюдателя? По большей части встречаются оба вида припоминания, и перспектива ничего не прибавляет к истинности воспоминания. Качество припоминания зависит от его давности, но также и от культурных факторов и, кроме того, от пола. В своих воспоминаниях женщины видят себя со стороны чаще, чем мужчины, что, по мнению некоторых специалистов, определяется тем, что в нашей культуре женщины вынуждены более тщательно,

чем мужчины, следить за своей внешностью, каковую, с большей вероятностью, и откладывают в своей памяти. Для многих мужчин, напротив, характерна склонность вытеснять из памяти собственный образ.

Автобиографическая память спортсменов-мнемонистов несколько не сильнее, чем у всех остальных людей. Мне это известно из собственного опыта и из бесед с коллегами. Есть, однако, группа настоящих искусников памяти, у которых дело обстоит не так! Люди с чрезвычайно сильно развитой автобиографической памятью могут намного лучше, чем другие, припоминать в деталях какие-то единичные конкретные события своей жизни. Например, такие люди могут помнить каждый свой день, начиная с подросткового возраста. Еще интереснее то, что такие люди легко привязывают воспоминания к определенным датам. Вы, например, помните, что вы делали 20 марта 1999 года? Если да, то вы, видимо, принадлежите к последней группе (я, между прочим, с большим удовольствием с вами познакомлюсь; если вы согласны, то напишите мне на почту!). Этот феномен стал известен сравнительно недавно. У американского исследователя памяти Макгафа была одна пациентка, обладавшая такой способностью. Женщина страдала оттого, что не могла контролировать поток своих воспоминаний, и они сильно омрачали ей жизнь. С 2006 по 2008 год Макгаф вместе со своими коллегами Паркер и Кэхиллом изучал эту необыкновенную память. Параллельно выяснилось, что на свете живет довольно много людей, обладающих такой же памятью на события своей жизни, с той лишь разницей, что этим людям воспоминания не причиняют никаких страданий. При более внимательном изучении выяснилось, что у некоторых эти способности являются мнимыми, и к настоящему времени в мире известны всего двадцать человек с феноменальной автобиографической памятью. При этом их исключительные способности к запоминанию автобиографической памятью и ограничиваются. В том, что касается запоминания имен или обучения в школе, эти люди ничем не отличаются от остальных.

Перспективная память: напоминать себе

Не принадлежите ли вы к тем людям, для которых Рождество всегда наступает так внезапно, что они не успевают купить своим близким подарки? Естественно, вы не забываете, когда именно приходит Рождество. Вы просто не успеваете к нему заранее подготовиться. Тем не менее мы все равно обозначаем такую ситуацию как проявление забывчивости. Если я спрошу вас: «Когда будет День святого Валентина?», то вы включите свою семантическую память и ответите: «Четырнадцатого февраля».

То, что вы к 14 февраля не окажетесь без подарка для любимого, случается отнюдь не благодаря этому знанию. В наше время не пропустить День святого Валентина помогает реклама, а уж что касается Рождества, то здесь надо обладать поистине феноменальными способностями, чтобы его проспать; но в случае дней рождения или личных годовщин все, к несчастью, обстоит иначе. Информация об этих событиях, несомненно, хранится где-то в мозге, но она почему-то не всплывает в нужный момент. В нашем сложном мире это может повлечь за собой трагические последствия. При авиационных и других катастрофах это называют «человеческим фактором» – в таких случаях у человека отказывает именно перспективная память. Естественно, пилот разбившегося самолета знал, какие именно системы надо проверить перед взлетом, и, мало того, старательно их проверял. Но в этот раз он упустил какую-то мелкую деталь. Понятно, что и у других пилотов такое тоже случается, но в этот раз непроверенная система оказалась дефектной...

То же самое происходит и в мелочах. Вполне вероятно, что больной с легкой деменцией может без затруднений описать, что надо сделать при приготовлении пищи, и не забудет при этом указать выключение плиты. Однако если он, готовя себе еду, регулярно забывает выключать плиту, то его нельзя оставлять жить

одного. Собственно, например, Хорст Зеехофер наверняка знает, что правит в коалиции с Ангелой Меркель, но почему-то регулярно забывает об этом всякий раз, когда подходит к микрофону.

В перспективной памяти больше впечатляет то, что она так часто работает, а не то, что она иногда отказывает. Нам легче вспомнить то, что привязано к определенному событию или месту, чем то, что привязано к определенному времени. Мы быстро вспоминаем о каком-то деле, которое надо сделать, если вдруг случайно обращаем внимание на предмет, имеющий отношение к этому делу. «Эге, да это же почтовое отделение; я вспомнил, мне надо отправить письмо», «Что-то волосы стали лезть мне в глаза. Пора звонить парикмахеру», «О, это же щенок! Надо его погладить». Намного тяжелее помнить, что в следующую среду, в 15 часов надо позвонить клиенту. Наши внутренние часы плохо справляются с ролью будильника, и если мы в нужный момент заняты чем-то другим, то можем пропустить запланированное дело. Для таких случаев лучше пользоваться внешними будильниками.

Тот, кто хочет, чтобы другие неукоснительно выполняли запланированное, должен напомнить об этом. Ребенок, который плачет, когда он голоден, будет, без сомнения, накормлен. Ребенок же, который терпеливо ждет, что мама и сама знает, что его надо кормить в 19 часов, уже в самом раннем детстве познакомится с голодными диетами. Наилучший способ помочь перспективной памяти – это применение каких-то внешних напоминалок – списков, календарей, будильников, таймеров.

Однако, пользуясь всеми этими вспомогательными средствами, надо обязательно помечать, о чем они, собственно, должны напомнить. Здесь я уже говорю о собственном печальном опыте с утренней передачей Берлинского радио с Томасом Кошвицем. Случилось это несколько лет назад, я тогда был еще студентом. Мне позвонила милая женщина-редактор и спросила, не хочу ли я дать на радио интервью. О, с радостью! Вживую? Тем лучше! Когда мне надо быть у вас? В следующий вторник, в шесть тридцать? Ой, это не

рано? Все же я был тогда всего лишь студентом. Но если передача идет не в записи, то делать нечего, надо ехать. Во вторник меня ровно в шесть разбудил заботливо поставленный с вечера будильник. «Что? Шесть утра? За каким дьяволом я поставил будильник на шесть утра? Лекции начинаются в десять, идиот!» Щелк! Однако в половине седьмого снова раздался звонок. «Черт, он что, сломался?» Однако через секунду до меня дошло, что звонит не будильник, а телефон. Не помню, что я пробурчал в трубку, но помню, что услышал в ответ: «Алло, это радио “Берлин”! Простите, что я немного задержалась со звонком, но передача сейчас пойдет в эфир. Господин Кошвиц уже начал обратный отсчет – три, два, один... Алло, господин Конрад, скажите нам, когда вы в последний раз что-то забывали?» – «О, это происходит со мной вечно...»

2

Есть ли в мозге «жесткий диск»?

Ваш мозг у вас с собой?

Вы когда-нибудь пытались разобраться в собственном мозге? У вас он есть, в этом я могу вас уверить. Объем его составляет от 1 до 1,5 л, а весит он около 1,5 кг. Объему и весу нашего мозга приблизительно соответствует пластиковая бутылка с минеральной водой емкостью 1,25 л. Между прочим, мозг примерно на три четверти состоит из воды. Все остальное – это в основном жир и белок. Самое удивительное заключается в том, что это тесто без муки способно очень и очень на многое.

Мозг мужчины по объему и весу превосходит женский мозг приблизительно на 10 %. Не спешите, однако, радоваться и торжествовать, уважаемые господа! Дело в том, что качество мозга отнюдь не зависит от его веса. Мозг слона весит в среднем пять килограммов, а мозг синего кита – целых восемь. Надо, правда, вспомнить, что и слоны, и киты несколько тяжелее человека. Но! Отношение веса мозга к весу тела является у человека наибольшим среди всех млекопитающих. И это правда, что чем больше это отношение, тем умнее данный биологический вид. У слонов вес мозга составляет всего лишь 0,2 % от веса тела, а у нас – целых 2 %! Между прочим, такое же соотношение у некоторых мышей и дельфинов, а у некоторых птиц доля мозга в весе тела составляет до 8 %. Для того чтобы все же отвести человеку первое место, в 1973 году был разработан и внедрен в исследовательскую практику «коэффициент энцефализации». Это величина, по которой сравнивают между собой различные биологические виды. Суть заключается в следующем: рассчитывают, каким по весу должен быть мозг у представителей какого-то вида при определенном весе тела и во сколько раз он отличается от реального веса мозга. И смотрите-ка, при таком расчете наш мозг оказывается в семь раз больше, чем он должен быть, исходя из веса нашего тела. Мы, несмотря ни на что, все равно первые. Даже у дельфинов

коэффициент едва дотягивает до смехотворных четырех или пяти. Правда, дельфины, возможно, и сами смеются над нами, видя, какими пустяками мы занимаемся.

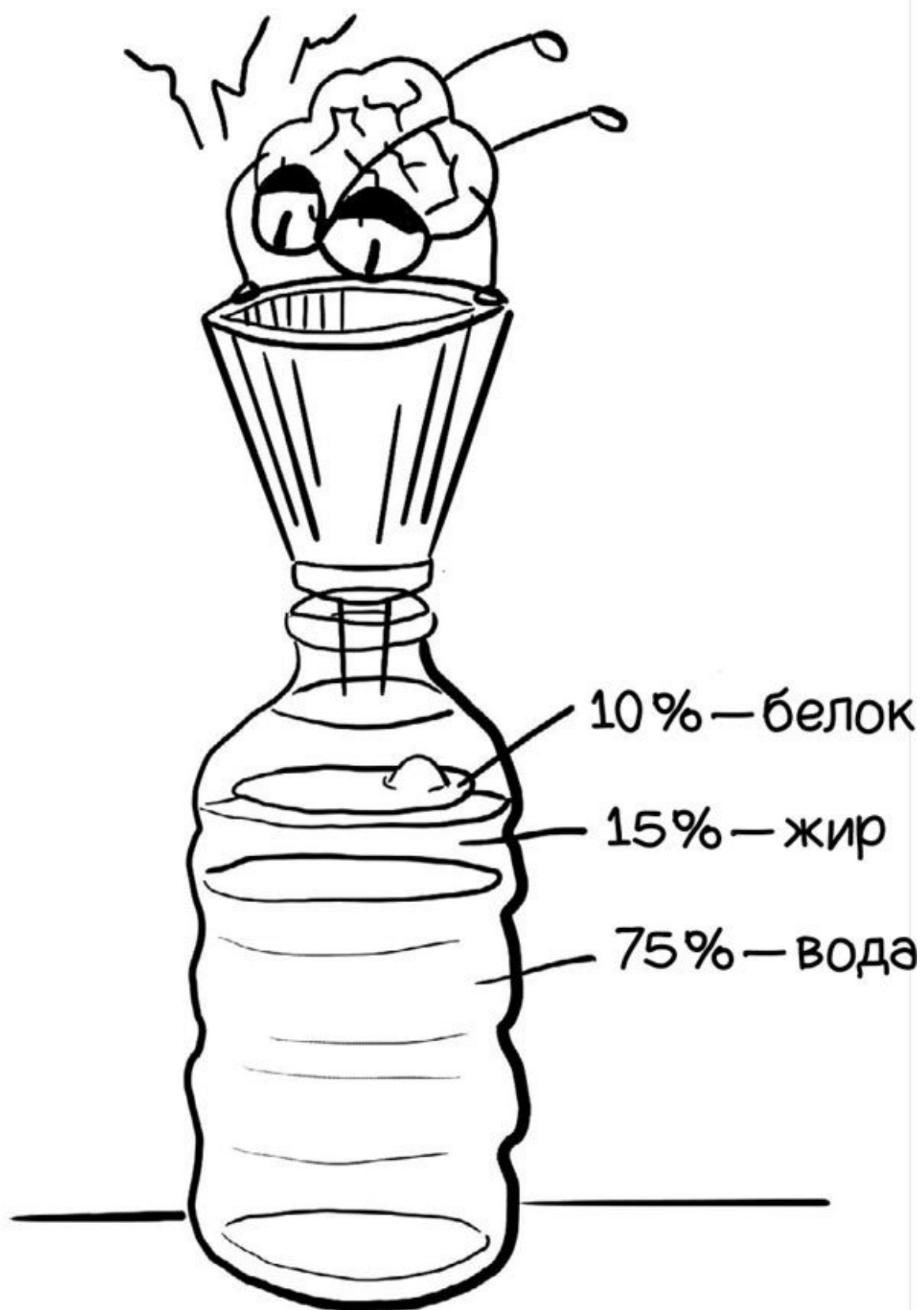
Согласно результатам ряда исследований, у нас, людей, действительно внутри одного пола наблюдается некоторая корреляция между интеллектом и весом мозга. Это не значит, что большой мозг непременно принадлежит толковому человеку и наоборот. Например, мозг Альберта Эйнштейна был легче среднего, как выяснилось после его смерти. Функционально между мозгом женщины и мозгом мужчины нет уловимой разницы. Несколько меньший по размерам женский мозг умеет делать то же самое, что и мужской, скорее всего, за счет лучшей организации. Однако в деталях между ними все же есть некоторая разница. Если подвергнуть количественным измерениям множество образцов мужского и женского мозга, то можно удостовериться в том, что есть отделы мозга, которые в среднем лучше развиты у мужчин, и отделы, которые лучше – в среднем – развиты у женщин. Однако для такого вывода надо исследовать множество образцов человеческого мозга. Проще говоря, при взгляде на голого человека можно сразу сказать, мужчина это или женщина, но при взгляде на изолированный человеческий мозг невозможно определить, принадлежит он мужчине или женщине.

Лишено разумного содержания также и утверждение о том, что кто-то является «правополушарным», а кто-то «левополушарным» человеком. Будучи специалистом по нейробиологии, я всякий раз недоуменно пожимаю плечами, когда слышу, как тот или иной самозванный эксперт утверждает, что мы принадлежим либо к первой категории, либо ко второй, а третьего не дано, потому что якобы одно из полушарий непременно должно доминировать.

Одно полушарие склонно к художественному творчеству, а другое – к логическому мышлению. Но это же бессмыслица. С тех пор как были изобретены определенные методы исследования мозга, мы можем установить, какие области мозга становятся более

активными, чем другие, при выполнении тех или иных задач. Именно благодаря этим методам и возникла такая, насквозь фальшивая картина. Конечно, это правда, что некоторые функции преобладают в одном из полушарий мозга – например, у правшей почти всегда речевой центр находится в левом полушарии. Но даже писатели и поэты используют левое полушарие не в большей степени, чем правое. Вывод таков: естественно, мы используем весь наш мозг целиком, а не 10 % или какую-то иную долю. Такой пустой растраты энергии природа никогда бы не допустила, ибо мозг, составляющий по весу лишь 2 % от веса тела, потребляет 20 % всей энергии, какой располагает организм.

Мозг состоит из множества частей. Учебники по строению мозга – по его анатомии, – которые содержат даже начальные сведения, не бывают по объему меньше 400 страниц. Скажем, что это довольно большая нагрузка на память студентов-медиков, но нам, всем остальным, это не нужно. Тем не менее очень интересно хотя бы в общих чертах представлять себе строение головного мозга человека.



Вот главные составные части этого удивительного органа: промежуточный мозг, мозжечок и большой мозг. Ствол мозга – это вход в мозг. Мозг надежно защищен от внешних воздействий черепом, в полости которого он спрятан, и поэтому нуждается в путях поступления информации от органов чувств, в сведениях о состоянии тела и его изменениях, в информации из всех уголков и областей организма. Для передачи информации мы располагаем нервами, и большинство из них проходят в стволе головного мозга. Таким образом, можно сказать, что ствол является распределительной коробкой мозга. Однако здесь же находится и «отдел технического обслуживания» организма, то есть органы управления такими основополагающими процессами, как дыхание, деятельность сердца и обмен веществ. Здесь же замыкаются такие важные рефлексы, как, например, глотательный рефлекс. Все эти функции осуществляются независимо от сознания. В противном случае мы бы периодически наверняка забывали дышать и глотать. Локализованные здесь функции возникли в процессе эволюции сотни миллионов лет назад, в связи с чем эту часть мозга часто называют с оттенком пренебрежения «мозгом рептилии». Однако для выживания часто оказывается достаточно и ствола мозга. В 1940-х годах в США всю страну объехал владелец безголового петушка Майка. Этому петушку неправильно отрубили голову, и у него уцелел ствол мозга и еще немного мозговой ткани. Птица выжила. Кормить ее можно было непосредственно через рассеченный открытый пищевод. Петушок бродил по двору и пытался клевать и даже кудахтать. Все это придает новое значение буквальному понятию о безголовости.

Мозжечок играет важную роль в управлении движениями. Несмотря на то что он и в самом деле мал в сравнении с большим мозгом (бывают, оказывается, и вполне осмысленные названия), большое количество складок многократно увеличивает площадь его

поверхности. Мозжечок получает и перерабатывает информацию о равновесии и о текущем положении движущихся частей тела, а следовательно, может детально ими управлять, придавая им плавность и согласованность. В то время как большой мозг принимает стратегические решения: «Так, сейчас мы двинем рукой», мозжечок задуманное движение выполняет, включая для этого нужные мышцы в нужной последовательности, посылая им электрические сигналы по нервам. Помимо этого мозжечок играет важную роль в обучении, в формировании процедурной памяти; заученная последовательность движений осуществляется именно под руководством мозжечка, и поэтому стереотипные движения нами не осознаются. В последнее время многие ученые склоняются к тому, что мозжечок играет роль и в освоении более сложных форм поведения.

Промежуточный мозг располагается в глубине мозга, под его полушариями, между другими частями. Промежуточный мозг принимает информацию от органов чувств (за исключением обоняния). Эту роль главным образом играет таламус, так сказать, привратник большого мозга. Таламус (зрительный бугор) решает, в зависимости от обстоятельств, какую информацию надо передать в большой мозг, а какую – нет.

На вас сейчас надет пояс? Вы его чувствуете? До того как я задал этот вопрос, вы его – почти наверняка – не чувствовали. Таламус отсекает эту информацию от большого мозга, но нервные волокна постоянно передают в таламус сигналы о легком давлении в области талии. Только в том случае, если большой мозг пожелает удостовериться, что пояс на месте, вы снова начнете осознавать его присутствие. Кроме того, таламус отреагирует и начнет пропускать информацию о поясе в большой мозг, если вас кто-то за пояс дернет. Я, например, живу возле церкви. Когда колокол отбивает очередной час, я едва слышу этот звон, а гости от неожиданности вздрагивают. Когда мы спим, таламус вообще практически запирает ворота, отгораживая нас от ненужного потока поступающей в мозг

информации от органов чувств. Кроме того, в промежуточном мозге расположен еще и гипоталамус (буквально подбугорье, то есть область «под таламусом»), управляющий деятельностью автономной (вегетативной) нервной системы, регулирующей автоматические процессы, протекающие в организме, а также вместе с гипофизом осуществляющий и гормональную регуляцию.

Большой мозг – это та часть головного мозга, которую мы, как правило, имеем в виду, произнося слово «мозг». Когда мы смотрим на мозг сверху, мы видим складки коры большого мозга. Именно здесь локализованы способности, делающие нас людьми и выделяющие из остального животного царства. Все вышеназванные части головного мозга отличаются от соответствующих частей головного мозга приматов меньше, чем большой мозг человека отличается от большого мозга тех же приматов. Естественно, и в этом случае речь идет не о едином большом мозге, а о совокупности его областей – например полушарий, которые соединены между собой так называемым мозолистым телом. Полушария состоят каждое из четырех долей плюс доля островка. Доли подразделяются на участки посредством борозд и извилин. Эти участки специализируются на каких-то частных задачах и функциях. Именно здесь, в коре больших полушарий, локализованы функции нашего мышления и сознания.

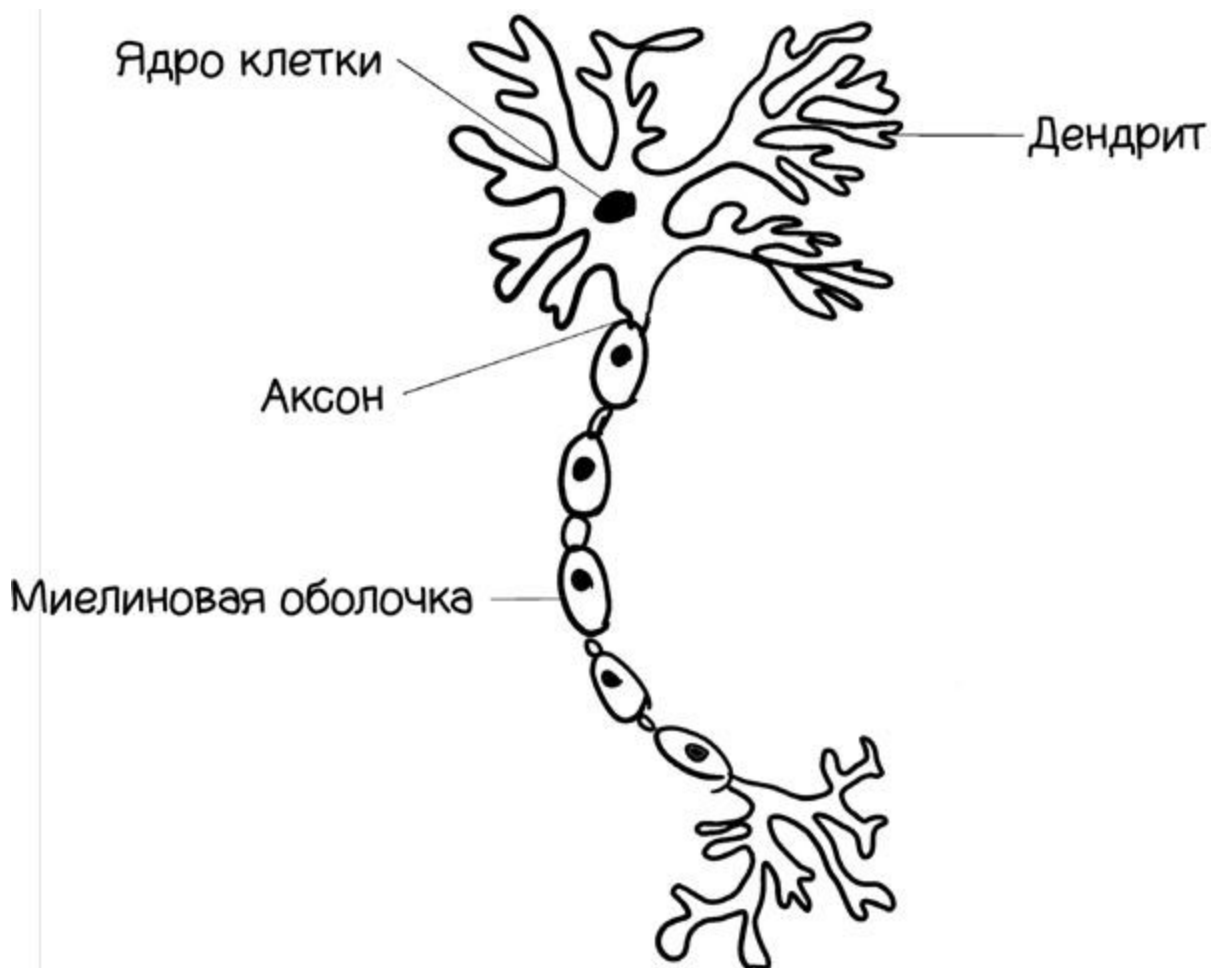
Нейроны

Говоря об обучении, мы часто упоминаем клетки серого вещества. Мы говорим, что нервные клетки не восстанавливаются, опять-таки имея в виду клетки серого вещества. Так как же выглядят эти наши клетки? Надо надеяться, что у вас они отнюдь не серые, ибо такой цвет мозг приобретает только в банке с консервирующим раствором. Клетки серого вещества живого мозга прозрачны, а протекающая сквозь ткани мозга кровь придает ему скорее розоватый цвет. Большая часть серого вещества представлена корой головного мозга. Здесь нервные клетки расположены чрезвычайно густо. В науке их называют «нейронами». На нейронах находятся синапсы, места переключения, в которых нейроны соединяются друг с другом. Помимо этого, в мозге есть клетки еще трех типов. Об этих клетках в популярной литературе пишут реже, хотя именно они помогают нервным клеткам нормально функционировать. Эти клетки называют глиальными. Белое вещество мозга состоит прежде всего из нервных волокон, соединяющих между собой нейроны.

Как уже было сказано выше, в человеческом мозге содержатся от 86 до 100 миллиардов нейронов. Размеры нейронов сильно варьируют – от четырех до ста микрометров в диаметре. Таким образом, футбольный мяч в 1,4 миллиарда раз больше среднего (приблизительно шарообразного) нейрона диаметром 20 микрометров. Однако если развернуть и выпрямить все связи нейронов, то эта цепь протянется в длину на 1720 километров – это расстояние в два раза больше расстояния от Фленсбурга до Мюнхена. Естественно, нейроны есть не только в головном мозге – они рассеяны по всему нашему телу. В спинном мозге число нейронов достигает 20 миллионов, а в кишечнике их более 100 миллионов, так что мы можем с полным правом говорить о «кишечном» или «втором» мозге.

Нейроны – это особая форма клеток организма. Существуют разные виды нейронов, но для всех них характерно одно свойство – способность «проводить возбуждение», то есть способность, в зависимости от входящего сигнала, порождать и передавать дальше другой сигнал – или, как говорят нейрофизиологи, «разряжаться». Один нейрон может разряжаться до нескольких десятков раз в секунду. При этом у нейрона множество входов и только один выход. Этот выход работает по принципу «все или ничего». У возбуждения существует порог. Если этот порог достигнут, то происходит разряд. Это можно сравнить со средневековой деревней. На стенах, окружающих деревню, сидят наблюдатели и смотрят, не приближается ли враг. Задача наблюдателей – сообщать об опасности князю в ближайшей крепости. Однако князю докладывают об опасности не каждый раз, когда вдали появляются чужаки. В этом случае в городе постоянно царила бы паника, и никому не было бы пользы от такой бдительности. Князю сообщают об угрозе только в тех случаях, когда много наблюдателей одновременно видят большое скопление чужеземцев или если те подобралась слишком близко к стенам крепости. Только тогда настает время подать сигнал тревоги.

Один нейрон может одновременно получать тысячи входящих сигналов (вероятно, что столько же было и наблюдателей вокруг крепости). Однако в результате разряда на выходе появляется единственный сигнал. Волокна, по которым сигналы поступают в нейрон, называются дендритами, а волокно, по которому сигнал покидает нейрон, – аксоном. Сигнал представляет собой электрический импульс, и электрические потенциалы нервных клеток (точнее, их величины) решают, разряжаться им или нет.



Существуют различные типы нервных клеток (нейронов). На рисунке показано типичное строение нервной клетки. Вокруг клеточного ядра располагается тело клетки, в которое входят многочисленные входящие отростки – дендриты. Напротив, отросток, по которому возбуждение (электрический сигнал) распространяется в направлении от клетки, только один (аксон). Каждый аксон обернут прерывистым футляром из вспомогательных клеток белого вещества. Эти футляры называются миелиновыми оболочками. Именно они обеспечивают высокую скорость проведения импульса по аксонам

Одиночные нейроны могут немного. Нейрон либо передает сигнал, либо не передает. Это не слишком мудреная задача. С помощью такого механизма невозможно хранить информацию. Только совместная деятельность объединенных в сети нейронов обеспечивает невероятные способности, которые проявляет наш мозг. Аксон нейрона может достигать метра в длину, но при этом очень тонок. То, что мы обычно называем нервными волокнами, представляет собой пучок аксонов, упакованных в защитный футляр. Скорость передачи нервного импульса в нервной системе человека колеблется от двух до ста двадцати метров в секунду, то есть до 430 километров в час. Это больше, чем скорость гонщика «Формулы-1», но меньше скорости пассажирского реактивного самолета.

Нейроны с самым быстрым проведением импульсов по аксонам управляют движениями произвольных мышц тела. Внутри головного мозга скорость проведения по аксонам меньше, и в среднем составляет тридцать метров в секунду. Протяженности проводящих путей внутри мозга невелики, а более низкая скорость распространения импульсов обеспечивает более надежное проведение. Ничего особенного, точно так же планируют городские магистрали. Два удаленных друг от друга населенных пункта соединяют между собой широкой скоростной трассой, которая при этом занимает значительное пространство. В жилых кварталах, однако, каждый дом стоит на узкой улице, скорость движения по которой, соответственно, ограничена.

Синапсы

В передаче возбуждения важно не только число соединений между нейронами, но и способ их деятельности. Входные и выходные пути проведения связаны с другими клетками не как электрические кабели. Пути проведения начинаются и оканчиваются особыми контактными структурами – синапсами. Сообщающиеся между собой нейроны непосредственно не соприкасаются, между ними всегда есть щель. Когда электрический импульс доходит до окончания аксона возбужденной клетки, из него выделяется сигнальное вещество (нейротрансмиттер), поступающее в щель, через которую оно переходит к началу дендрита, где соединяется с расположенными на нем рецепторами. Это соединение приводит к формированию на дендрите электрического потенциала, то есть происходит электрохимическое возбуждение. После этого нейротрансмиттер отделяется от рецептора и снова захватывается аксоном, или просто разрушается в щели. Все эти события происходят в течение ничтожных долей секунды. Нейротрансмиттер не во всех случаях приводит к возникновению потенциала действия (возбуждения следующей клетки). В некоторых случаях нейротрансмиттер лишь повышает возбудимость нейрона, а в некоторых – уменьшает ее, блокируя проведение следующих импульсов. В большинстве случаев один нейрон выделяет из своих окончаний один и тот же нейромедиатор (нейротрансмиттер). Поэтому нейроны часто классифицируют по их нейромедиаторам.

В настоящее время известно более ста различных нейротрансмиттеров. Самыми распространенными являются глутамат и гамма-аминомасляная кислота (ГАМК). Глутамат возбуждает, передает приказ: «Разряжаться!», ГАМК отдает противоположный приказ: «Успокоиться!»

Самыми известными нейротрансмиттерами являются серотонин и дофамин, «гормоны счастья». Каждый нейротрансмиттер выполняет

в нервной системе свои специфические задачи, и только потому, что один нейрон, как правило, реагирует на один-единственный медиатор, можно обнаруживать действующие нейронные сети. Например, нейроны, реагирующие на дофамин, называют «дофаминергическими». Самая известная дофаминергическая система связывает ствол мозга (а через него средний мозг) с лимбической системой. Эту систему иначе называют системой вознаграждения. Расположенные в центральной части головного мозга структуры, принадлежащие лимбической системе, очень важны для обработки эмоций, а также для формирования мотиваций и долговременной памяти. Сигналы в этой сети передаются за счет дофамина. При позитивных переживаниях, например когда мы получаем какое-то вознаграждение, в окончаниях выделяется еще больше дофамина. В этом есть несомненный биологический смысл: если мы едим и насыщаемся, то чувствуем покой, счастье и благополучие. Это ощущение откладывается в головном мозге, и память создает мотивацию вовремя и хорошо питаться.



Синапс – это соединение двух нейронов. Здесь возбуждение передается с одной нервной клетки на другую. Этот процесс осуществляется нейротрансмиттером, в данном случае дофамином. Когда нейрон «разряжается», в аксоне возникает электрическое возбуждение (вверху). Содержащийся в пузырьках нейротрансмиттер выделяется в синаптическую щель – пространство, отделяющее аксон от дендрита следующей нервной клетки. На дендритах принимающего возбуждение нейрона расположены соответствующие рецепторы – молекулы, связывающиеся с нейротрансмиттером (в данном случае с дофамином). Если с рецепторами связывается достаточное количество молекул нейротрансмиттера, на этом месте возникает электрический сигнал. Неиспользованные молекулы медиатора снова захватываются аксоном или разрушаются

Эта основополагающая система возникла давно и присутствует у всех без исключения млекопитающих. Дофамин в качестве нейротрансмиттера работает в нервной системе практически всех животных. В эти процессы активно вмешиваются наркотические вещества, вызывающие зависимость. Например, кокаин препятствует обратному захвату дофамина в синапсах. Развивается чрезмерное возбуждение, приводящее к ощущению безмерного счастья и к повышенной работоспособности. Однако при переизбытке дофамина у рецепторов притупляется чувствительность к этому нейромедиатору. Нормального количества дофамина перестает хватать без дополнительного введения кокаина или амфетамина, что довольно быстро приводит к наркотической зависимости.

Влияние выброса дофамина на нейрон зависит также от типа его рецепторов, воспринимающих сигнал. Существует пять видов дофаминовых рецепторов, которые можно разделить на два класса: выделение дофамина в синапс сопровождается, в зависимости от типа рецепторов, возбуждением или торможением целевого нейрона. Происходит приблизительно то же, что в трудовом коллективе. Если шеф рычит на сотрудников, выдавая им свои ценные указания, и рык этот становится все более и более грозным, то это вызывает у сотрудников (рецепторов) разные реакции. Одного сотрудника это стимулирует. На другого не оказывает никакого действия, а третьего вгоняет в ступор. Результат: первый станет работать лучше, а второй и третий – нет. В конторе, кроме того, сидят и другие сотрудники, подчиняющиеся другому шефу. Они замечают, что количество медиатора (распоряжений) в конторе стало больше, но они, в силу ненадобности, на них не реагируют. Из этого многообразия медиаторов и рецепторов следует, что в зависимости от внешних условий вся нервная система в совокупности может обеспечивать целый спектр многообразных реакций. В целом считается, что глутамат и ГАМК обеспечивают быстрый и непосредственный обмен информацией, а такие медиаторы, как дофамин и серотонин, очень важны для медленных, касающихся всей нервной системы изменений. Например, они отвечают за спокойствие или, наоборот, повышение уровня бодрствования.

Помимо этого, синапсы играют важную роль в обучении! Почему и каким образом? Дело в том, что они могут менять свои свойства. Из исследований Кандела, проведенных на аплизиях, нам известно, что если непрерывно активировать один и тот же нейрон, то он в конце концов начнет выделять все меньше и меньше медиатора, что, естественно, приводит к уменьшению возбуждения следующего нейрона. Если же на фоне привычной стимуляции приходит какой-то другой сигнал, то синапсы начнут выделять больше медиатора. Такое происходит, например, в тех случаях, когда аплизии постоянно поглаживают чувствительные отростки, а затем внезапно наносят по

хвосту удар током. После этого даже поглаживание приводит к усилению выделения медиаторов в синапсе и к сильным движениям хвоста – даже без всякого удара током. Эти изменения являются кратковременными: биохимические реакции меняются, но их прочного встраивания не происходит. Таким образом, в данном случае речь идет о кратковременной памяти. Однако при повторных или длительных раздражениях одного нейрона в мозге происходит реальная перестройка. Возникают новые точки контакта, начинается разрастание дендритов, укрепляются существующие соединения и возникают новые.

В поисках следов памяти

Сто лет назад ученые, изучавшие мозг, считали, что память хранится в мозге в закодированном виде. Если мы чему-то научились и в результате изменилось строение мозга, то в нем непременно должны остаться следы приобретенного знания. Эти гипотетические следы были названы энграммами. Много сил было потрачено на их поиск и обнаружение. Но, несмотря на все усилия, эти изменения не были найдены ни в одном участке головного мозга. Как мы усвоили из предыдущей главы, мозг постоянно изменяется в процессе обучения. Одно-единственное запоминание приводит ко многим изменениям, так как по ходу его происходит активация множества нейронов. Значит, след памяти надо искать в специфической последовательности переноса возбуждения.

Например, путешествие в Париж способно активировать множество систем памяти. Представьте себе, что вы стоите вместе с возлюбленной на Эйфелевой башне. От одного этого у вас в мозге происходит активация множества нервных клеток: одни обрабатывают эмоции, другие обеспечивают данными автобиографическую память, третьи важны для формирования семантической памяти, где откладывается такая важная для викторин информация, как, например, то, что высота Эйфелевой башни – 324 метра. Если же вы поцелуете возлюбленную, то забудете обо всем на свете. Чувственность захлестывает вас обоих, вы закрываете глаза и не замечаете, как карманный воришка вытаскивает из вашего кармана бумажник. Ах, о чем это я... рассказывая впоследствии дома обо всем увиденном и пережитом в Париже, вы снова включаете сходные нейронные сети и заново переживаете романтические моменты, поцелуй и свой взволнованный рассказ в полицейском участке.

Особые клетки головного мозга

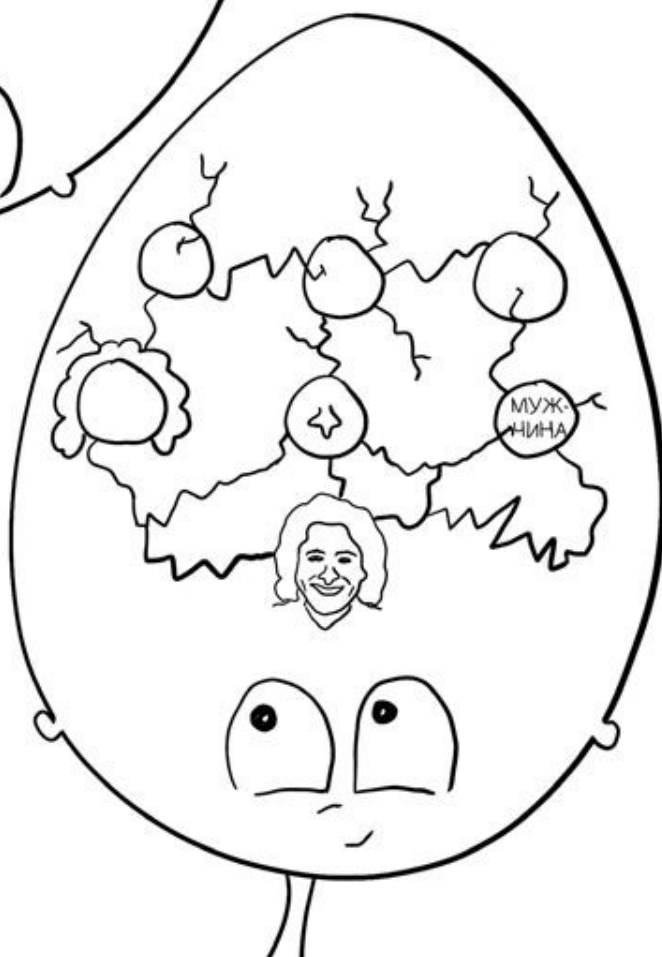
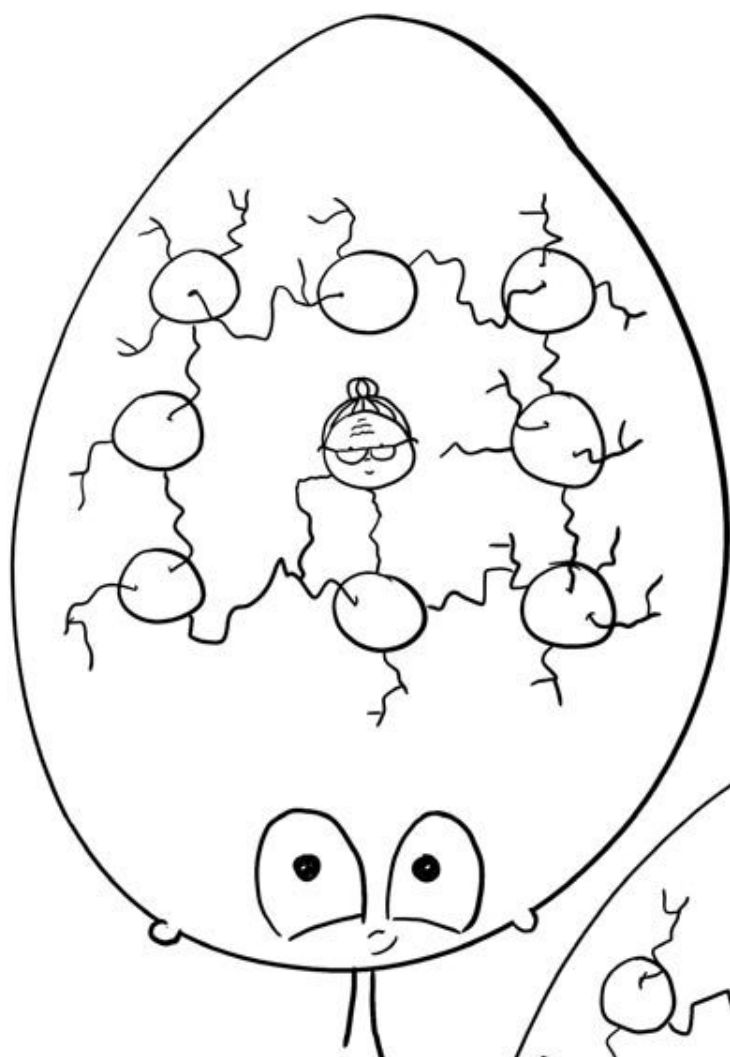
Один нейрон не способен хранить информацию, он может лишь передавать импульсы. Воспоминание – это всегда цепь и последовательность возбуждений. Однако, несмотря на это, существуют отдельные нейроны, которые совершают удивительные вещи! Например, есть клетки, которые называют «нейронами места» или «нейронами решетки». В 2014 году эти клетки получили Нобелевскую премию. Ну, конечно, не они сами, а нейробиологи Джон О'Кифи, Мэй Бритт Мозер и Эдвард Мозер, открывшие эти клетки. Бабушкин нейрон – это скорее модель, нежели настоящая нервная клетка. Напротив, нейроны Дженнифер Энистон кажутся настоящими, хотя это уже другая история.

Изучать то, как отдельные нейроны реагируют на определенные мысли, трудно. Для наблюдения за нейронами и их поведением нам пришлось бы извлечь мозг из черепной коробки, но такой мозг не способен мыслить. То есть изучать надо живой мозг. Это правда, что современные методы наружного исследования не позволяют исследовать на живом мозге поведение отдельных нейронов. Для этого надо ввести электроды в ткань мозга, но интактный мозг между тем надежно защищен от взлома сводом черепа. Поэтому исследования, удостоенные в 2014 году Нобелевской премии, были проведены на животных. Ученые наблюдали за ходом возбуждения в отдельных нейронах гиппокампа (области мозга, о которой мы еще будем говорить ниже) крысы. При этом ученые установили, что существуют определенные нейроны, которые всегда активировались, когда животное находилось в определенном месте своего пути. Животное перемещалось по клетке свободно, и нейроны возбуждались независимо от направления, в котором животное бежало, оказываясь в определенном месте. Как только крыса оказывалась в топографическом поле данного нейрона, он тотчас же разряжался. Разряд не зависел от временных параметров, но только

и исключительно от места. Эти специализированные нейроны были названы авторами «place cells», то есть клетками места. Так, впервые стало понятно, как мозг учится оценивать, в каком месте пространства он находится.

Однако эти клетки, или нейроны места, не привязаны к GPS-координатам. Во-первых, каждая клетка реагирует на определенное поле, а не на точку. Когда животное исследует лабиринт со множеством отсеков, нервная клетка реагирует на весь отсек, а не на положение животного в нем. Во-вторых, при исследовании другого окружения активируются те же нервные клетки. Интересно наблюдать, как изменяются при этом поля, на которые реагирует одна клетка. Если клетка разряжается в квадратном боксе в нижнем левом углу, то она же разряжается в продолговатом прямоугольном боксе тоже именно в нижнем левом углу. Если после этого поместить крысу на стол, не имеющий стен, но ограниченный своими краями, то и на нем клетка разряжается в нижнем левом углу. Таким образом, важна ориентация границ доступного животному пространства. Кроме того, поля накладываются друг на друга, поэтому, хотя на первый взгляд и кажется, что каждая клетка обладает своим полем, на самом деле точное местоположение поля закодировано в активности множества нейронов. Так как поля этих клеток варьируют, то одного этого механизма недостаточно для того, чтобы точно кодировать местоположение.

Поэтому существует дополнительный механизм, тоже открытый Мозерами: так называемые нейроны решетки (координатные нейроны). Эти нейроны тоже разряжаются при нахождении организма в определенных местах, но не в каких-то определенных местах данного пространства, а в сети точек, упорядоченных в точном геометрическом порядке – в гексагональную решетчатую структуру. Эти клетки расположены не в гиппокампе, а в соседней области большого мозга, но активно сообщаются с клетками места, придавая мозгу способность сохранять информацию о местоположении.



Эти результаты можно получить и воспроизвести на мозге крыс, мышей, а также приматов. Однако это не значит, что их можно автоматически воспроизвести и у человека. Конечно, эти опыты с введением электродов можно в принципе выполнять и на человеке – по глупости ради этого можно даже вскрыть черепную коробку. Вероятно, нашлись бы сумасшедшие ученые и жадные до денег испытуемые, которые могли бы воплотить такой подход в жизнь, но, к счастью, существует законодательство, прямо запрещающее такое вмешательство. Тем, что мы все же располагаем такими результатами, мы обязаны существованию больных (по большей части с эпилепсией), которым показаны нейрохирургические операции на открытом мозге. Во время таких операций к мозгу прикладывают электроды и возбуждают определенные его участки. С согласия больного можно также с помощью таких же электродов исследовать функции и других участков мозга.

Естественно, в отличие от голодных крыс, людей не выпускают в незнакомое замкнутое пространство, где они бы ходили в поисках пищи. Вместо этого ученые предъявляют пациентам изображения виртуальной реальности на компьютерном экране. Полученные результаты подтвердили выводы, сделанные в исследованиях на животных: в аналогичных участках мозга человека находятся нервные клетки, разряжающиеся в зависимости от местоположения, как это происходит и у экспериментальных животных. То есть нейроны места и нейроны решетки существуют также и в нашем мозге. Одно уточнение: то, что отдельные клетки разряжаются в каком-то определенном месте, не означает, что важная для ориентации информация хранится именно в этих клетках. Нейрону для активации требуется поступление информации от тысяч других нейронов, и только поступление такой информации делает возможным разряд определенного нейрона в каком-то данном месте.

Используя такой же способ регистрации активности отдельных нейронов у больных эпилепсией перед операцией на открытом мозге, американские нейрофизиологи начали искать гипотетические нервные клетки, которые в шутку называли «бабушкиными нейронами». Это соответствовало представлению о том, что когда человек видит собственную бабушку, в его мозге разряжается какой-то единственный нейрон.

Однако на самом деле обнаруженная учеными картина оказалась куда более впечатляющей: в Пасадине, недалеко от Голливуда, ученые под руководством Р. Кирогги нашли нейрон... Дженнифер Энистон! То есть нервную клетку головного мозга, которая разряжалась при предъявлении испытуемому изображения Дженнифер Энистон. Пойдет ли и в данном случае речь о Нобелевской премии, пока неясно. Во всяком случае, этот результат не только привлек повышенное внимание научных кругов, но и навлек на себя критику коллег. Если учесть число фильмов, которые смотрит средний американец, и число фильмов, в которых играет Дженнифер Энистон, то мы не станем удивляться тому, что люди чаще видят именно ее, а не собственных бабушек. Естественно, Дженнифер Энистон – это всего лишь наглядный пример. Например, были выявлены нейроны, разряжающиеся при виде Билла Клинтона или Майкла Джексона. С большой долей вероятности можно предположить, что существуют нейроны, разряжающиеся у человека и при виде его собственной бабушки. Трудность, видимо, заключается в том, что в этом случае ученым помимо просьбы о разрешении ввести электроды в мозг придется просить больного о разрешении заглянуть в фотоальбом с частными фотографиями бабушки.

Однако для исследователей важно, конечно, нечто другое, а именно: нет ничего особенного в том, что какая-то одна клетка разряжается, когда испытуемому предъявляют определенную фотографию. Скорее всего, эта клетка является частью энграммы, которая верно кодирует этот образ. Особенность состоит в том, что

клетка Дженнифер Энистон разряжается при виде разных фотографий этой актрисы, а не фотографий других похожих блондинок. Даже Джулии Робертс! Однако эта же клетка разряжается при упоминании имени Дженнифер Энистон или при прочтении его в тексте. То же самое происходит при просмотре кадров из сериала «Друзья», благодаря которому стала известна Дженнифер Энистон, даже если актриса отсутствует на предъявленных кадрах. Значит, клетка реагирует на личность определенного человека, а не только на его изображение. Естественно, мы не рождаемся на свет с клеткой Дженнифер Энистон. Во всяком случае, я очень на это надеюсь! Определенный нейрон обучается реагировать разрядом на образ Энистон. Естественно также, что информация об Энистон закодирована и хранится не в одном этом нейроне. Сам нейрон не имеет об актрисе ни малейшего понятия. Все дело в сетевом взаимодействии с другими нейронами, которое происходит таким образом, что при просмотре сериала «Друзья» по дендритам этого нейрона поступает так много сигналов, что вместе они преодолевают порог возбуждения, и нейрон разряжается.

Вот еще один пример. У нас, немцев, наверняка есть нейрон Томаса Готтшалька. У меня, во всяком случае, он точно есть, как у фаната передачи «Спорим, что?..» (Wetten, dass?..) и бывшего кандидата на участие в ней. Другие клетки реагируют на определенные цвета или формы. Через глаза образ поступает в мозг и там декодируется. Некоторые нейроны разряжаются при виде локонов. Другие – при виде светлых волос. Третьи разряжаются на зрелище пестрой одежды. Наверное, есть нейроны, реагирующие на большие носы. Сигналы от таких нейронов передаются на другие нервные клетки, и где-то расположена одна клетка, куда сходятся все эти сигналы, отвечающие за «локоны», «светлые волосы», «мужчину» и «большой нос». Этого вполне достаточно для того, чтобы преодолеть порог возбуждения и разрядить эту клетку, при возбуждении которой нам является образ: «Томас Готтшальк!» Если в

этом ансамбле отсутствует аспект «мужчина», то, возможно, стимуляция окажется недостаточной. В противном случае клетка разрядилась бы в ответ на образ Барбары Шёнебергер или вашего любимого кокер-спаниеля.

Критики возражают, что именно так клетка и поступает. В ходе исследования можно предъявить, в конце концов, всего лишь несколько сотен фотографий, на которых запечатлены всего несколько десятков человек, потому что надо предъявить не одну фотографию каждого из них. То, что одна нервная клетка реагирует здесь исключительно на одного человека, отнюдь не означает, что она не отреагировала бы на множество других образов, которые просто не тестировали. В этой области мозга большинство исследованных клеток вовсе не обладают такой исключительностью. Напротив, считают, что при взгляде, например, на Дженнифер Энистон разряжалась не только эта клетка, но и множество других, которые, однако, не являются столь же специфическими. Кроме того, регистрировалась активность лишь небольшого числа нейронов из многих сотен миллионов клеток исследуемой области головного мозга. То обстоятельство, что, несмотря на это, у многих испытуемых на Дженнифер Энистон реагирует одна клетка, указывает, что таких клеток должно быть много. Шанс подвести электрод точно к какой-то одной клетке исчезающе мал. Таким образом, это исследование тоже не доказывает существование «бабушкиной клетки», которая реагировала бы только на одного человека. Однако мы получаем основательное подтверждение того, что для кодирования информации, как об этом догадывались и раньше, требуется меньше нервных клеток, чем думали раньше. Все вместе – хороший пример того, что в результате связей многочисленных нейронов в конце концов кодируется точная концепция или даже образ какого-либо конкретного человека.

Где находится «жесткий диск» головного мозга?

Таким образом, мы принимаем, что в нашем мозге находятся связанные друг с другом нервные клетки и что память хранится именно в этих связях. То есть где-то в мозге. Но где именно? Ствол мозга, мозжечок, промежуточный мозг едва ли являются местом хранения памяти, потому что у этих отделов мозга есть свои, очень важные, особые задачи. Эти отделы помогают нам сохранять жизнь, и, естественно, тоже хранят какую-то информацию. Но за сознание отвечает все же только большой мозг. Не стоит ли нам в первую очередь искать там нашу память?

Нейрофизиологи и исследователи мозга заняты таким поиском уже много лет, причем применяя для этого самые разнообразные методы. Мы все знаем, что существует великое множество людей с расстройствами памяти. Если, кроме того, у таких больных можно установить поражение определенной области головного мозга, то многое говорит за то, что существует взаимосвязь между определенными свойствами памяти и пораженной областью мозга. Если ваш автомобиль забарахлил, то в мастерской специалиста проверят все его детали, и если одна из них сломалась, то велика вероятность того, что проблема связана именно с этой поломкой. Правда, никаких гарантий здесь нет. Может быть, проржавевший провод до сих пор работает исправно, а дефект кроется в другом месте. Механик заменит подозрительную деталь, и если двигатель не заработает, то продолжит поиск неисправности.

У исследователей головного мозга такой возможности, естественно, нет, и на заре развития нейрохирургии довольно частыми были ошибочные решения. Например, когда для того, чтобы устранить какое-либо нарушение, удаляли часть мозга, в результате получали провалы в памяти. На этих мрачных уроках учились

специалисты, изучавшие память: если удалить вот этот участок мозга, то пострадает память. Это были довольно информативные указания. Для исследования нормальной памяти проводят опыты на животных, отводя потенциалы от тех или иных участков мозга, а у людей в настоящее время выполняют функциональную магнитно-резонансную томографию. У каждого из этих методов есть свои достоинства и недостатки. По результатам исследований под подозрение (как место хранения памяти) попадают разные области головного мозга. Так где же расположен его «жесткий диск»?

Может быть, в гиппокампе?

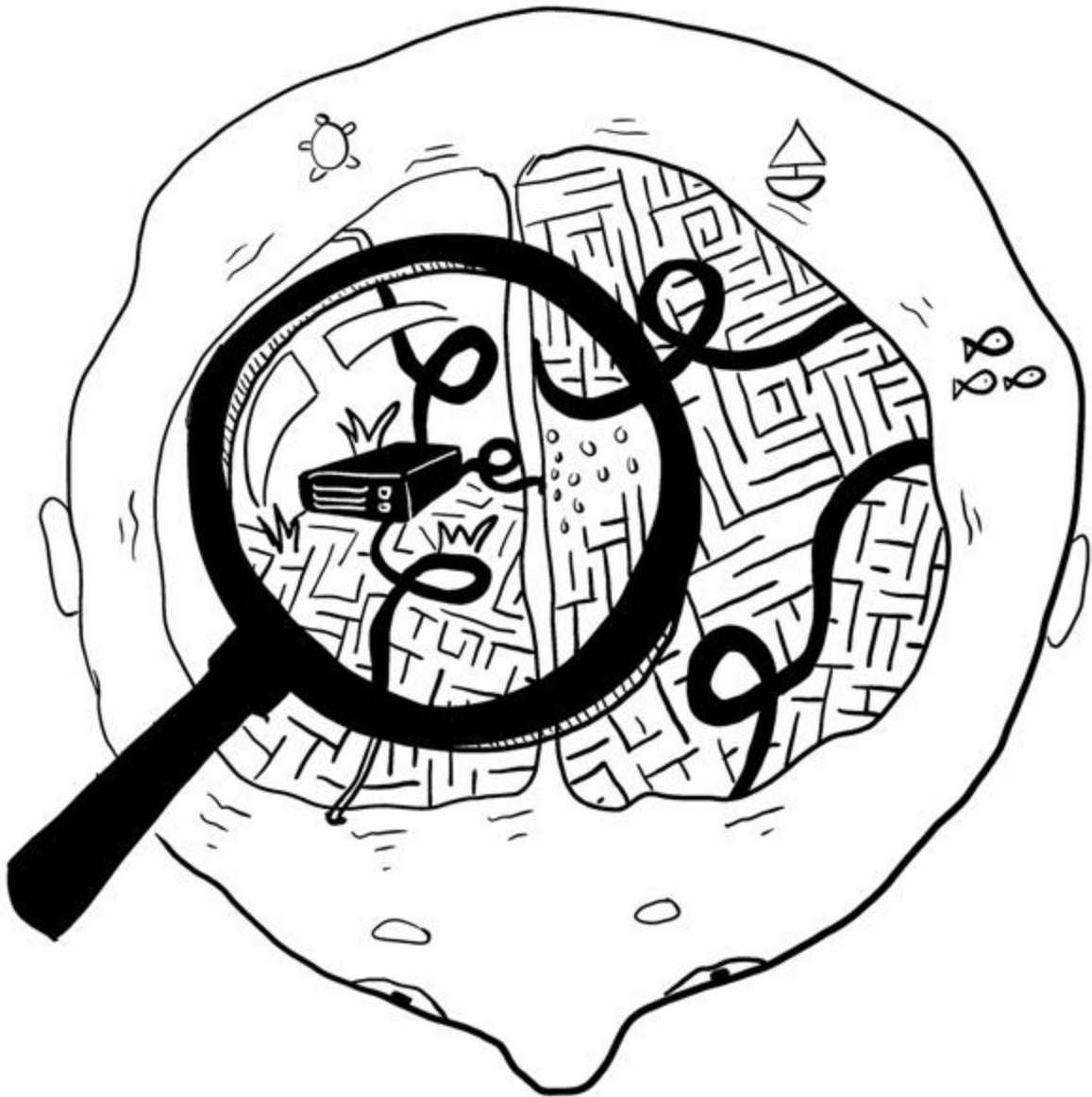
Этот участок мозга особенно интересен. Каждый, кто хоть немного интересуется мозгом, наверняка не раз слышал, что гиппокамп особенно важен для памяти. Если в каком-нибудь телевизионном шоу, даже в упрощенном виде, заходит разговор о памяти, то в нем непременно будет упомянут гиппокамп. Собственно, это упоминание напрашивается само собой. Это красивое название происходит от греческого наименования «морского конька». Считают, что эта анатомическая структура напоминает формой это иглокожее животное (я убедился в этом впервые, когда в какой-то передаче картинку, изображающую стилизованного морского конька на плавках, отделили от них и наложили на соответствующую структуру головного мозга). Гиппокамп расположен в глубине мозга, под его корой, но благодаря своей причудливой форме легко выявляется при исследованиях. На самом деле в нашем мозге находятся два гиппокампа, по одному в каждом полушарии.

Естественно, сведения о том, что гиппокамп играет очень важную роль в формировании памяти, соответствуют действительности. В том, что мы об этом знаем, выдающуюся, хотя и печальную, роль сыграл пациент Х. М., страдавший тяжелой формой эпилепсии. Для того чтобы избавить больного от припадков, нейрохирург почти полностью удалил гиппокамп с обеих сторон. Эпилепсию удалось вылечить, но при этом больной практически потерял память. Нарушение было столь явным и специфичным, что этого пациента нейрофизиологи и исследователи мозга изучали и обследовали несколько десятков лет.

Удалось показать, что Х. М. мог пользоваться старыми воспоминаниями, но был не способен откладывать в долговременную память новую эпизодическую информацию. Продолжали работать кратковременная, процедурная и отчасти семантическая память. На практике это приводило к курьезным

происшествиям. Так, например, Х. М., возможно, ощущал себя гением всякий раз, когда играл в гольф. Он был уверен, что никогда прежде не играл в эту игру. Но по мячу он каждый раз ударял сильно, уверенно и точно. Фактически он владел необходимыми навыками игры в гольф, что было вполне возможно, так как процедурная память у Х. М. не пострадала, но он всякий раз забывал, что умеет это делать.

Интеллект Х. М. сохранился полностью. В исследовании IQ он показал результат выше среднего. Он охотно и хорошо разгадывал кроссворды. По крайней мере, он умел отвечать на вопросы, ответы на которые не изменились с 1953 года. Однако жизнь сильно изменилась за те 50 лет, которые Х. М. прожил после операции. Когда ему показали мобильный телефон, Х. М. очень быстро понял, что это такое и как надо обращаться с этим прибором, так как кратковременная память не пострадала в результате операции. Однако Х. М. очень скоро забыл, что такое мобильный телефон и для чего он нужен. Каждое утро, просыпаясь, Х. М. был уверен, что на дворе 1953 год, а ему самому нет еще и тридцати. Вероятно, с кем-нибудь такое может приключиться только с похмелья, когда человек думает, что ему тридцать лет, а потом смотрит в зеркало и видит там почтенного старца. Такое можно воспринять как очень мрачную шутку. Х. М. умер в 2008 году в возрасте 82 лет. Свой мозг он завещал науке. Через год после смерти Х. М. его мозг на протяжении 52-часового живого показа был рассечен на 2401 тонкий ломтик. За этим процессом наблюдали сотни тысяч людей. Тот, кто случайно стал зрителем этой передачи, мог, вероятно, усомниться в собственном разуме.



Исследование мозга Х. М. показало, с одной стороны, что у Х. М. помимо почти полного двустороннего удаления гиппокампа (и некоторых других прилегающих к гиппокампу областей) были и другие, правда, незначительные повреждения мозга, которые, возможно, усугубили поражение памяти. С другой стороны, у него сохранилась часть гиппокампа с обеих сторон. Несмотря на то что

специалисты считали гиппокамп Х. М. практически неработающим, утверждать с уверенностью этого никто не стал.

Современные исследования с помощью МРТ показывают, что гиппокамп почти всегда участвует в процессах, отвечающих за формирование памяти, однако конкретная роль его в этих процессах пока не установлена. Гиппокамп участвует также в формировании кратковременной памяти, но у таких больных, как Х. М., кратковременная память нормально функционирует и без гиппокампа. В других исследованиях было показано, что гиппокамп участвует в объединении и ассоциации различных видов информации. Согласно современным представлениям, гиппокамп служит местом восприятия новых воспоминаний. Сама кратковременная память располагается где-то в другом месте, но то, что откладывается в ней, в конечном счете попадает именно в гиппокамп. Из гиппокампа информация передается в другие области мозга. Все это напоминает процесс обработки поступившей в какую-то фирму почтовой корреспонденции. Вся почта короткое время хранится в секретариате. Потом рекламу выбрасывают в мусорную корзину, а все остальное распределяют по соответствующим подразделениям, где ею занимаются сотрудники, которые часть сохраняют, а часть выбрасывают. Сортировка почты производится ночью, чтобы днем не отвлекать сотрудников от работы. В случае памяти такой процесс называют ее консолидацией, которая по большей части происходит во время сна, причем информация переходит из гиппокампа в другие области мозга – но не сразу, а несколько позже.

То есть выходит, что гиппокамп играет роль распределительной станции? На самом деле в мозге все устроено немного сложнее. Ясно, что гиппокамп выполняет сетевую, распределительную функцию, но информация может направляться в другие отделы мозга, причем непосредственно, минуя гиппокамп. Так возникает множество копий. То же самое можно представить себе и в случае почты, когда каждый сотрудник непосредственно получает

направленное в его отдел письмо, в то время как почтовое отделение оставляет себе только копию. Эта копия хранится недолго, вносится в реестр, где указано, в каком месте хранится оригинал. Гиппокампу как раз и приписывают функции такого указателя. Однако опыт пациента Х. М., который мог вспомнить о вещах и событиях, случившихся за несколько дней до операции, показывает, что в этом случае речь шла лишь об относительно новых воспоминаниях, которые были утрачены. Отсюда следует то, что подтверждается и многими другими исследованиями: гиппокамп не является «жестким диском» головного мозга. Значит, ищем дальше.

...или все же во фронтальной коре?

Кора большого мозга, по-латыни называемая кортексом (причем этим термином обозначают всю кору головного мозга), имеет намного больший объем, нежели гиппокамп, и, кроме того, подразделяется на множество участков и областей. Области, с которыми сообщается своими нервными путями гиппокамп, располагаются по большей части в коре головного мозга. Первым делом кора головного мозга делится на доли, а именно лобную, теменную, затылочную и височную. Под этими долями расположен островок, называемый также лимбической системой, к которой, между прочим, относится и гиппокамп. Эти названия мало что говорят неискушенным людям и обозначают, лишь к каким костям черепа прилегают те или иные участки мозга. Конечно, каждый хочет понимать врача, употребляющего те или иные термины, но надо помнить, что они придуманы для того, чтобы точно обозначать структуры и явления, которые имеет в виду произносящий их человек.

Некоторые функции локализованы в четко очерченных областях коры. Зрительный центр, где перерабатывается практически вся зрительная информация, находится преимущественно в затылочной доле. Слуховой центр расположен в височной доле. Центры обработки сенсорной информации находятся в теменной коре. Лобная доля, или, иначе, лобная кора, очень важна для процессов мышления.

Вот здесь мы наконец натываемся на золотую жилу! Нет, «жесткого диска» памяти нет и здесь, но именно здесь локализована большая часть рабочей памяти! В передней части мозга, непосредственно под лобной костью, находится передняя часть лобной коры, так называемая префронтальная кора. У человека эта область выражена наиболее отчетливо, и некоторые специалисты считают, что именно она сделала нас людьми в полном смысле этого

слова. Давно известно, что поражения этой области приводят к сильным изменениям личности. Самый наглядный пример относится к 1848 году, когда железнодорожный рабочий Финеас Гейдж пережил тяжелейшую травму. Во время проведения взрывных работ на строительстве железнодорожной линии Гейдж нарушил технику безопасности, и длинный железный стержень диаметром три сантиметра, вылетев как пуля из шурфа со взрывчаткой, пробил Гейджу голову, войдя в нее в области левой верхней челюсти и выйдя через правую теменную кость. Финеас Гейдж пережил травму, он даже не потерял сознание, но тем не менее почти вся префронтальная кора его мозга была повреждена. Несмотря на это, за несколько недель у Гейджа восстановились все его физические способности и членораздельная речь. Но личность Гейджа претерпела глубокие и необратимые изменения. Он потерял способность составлять планы и ставить перед собой цели. Снизилась также способность принимать ответственные и разумные решения. Он стал импульсивным, нарушилась его социальная адаптация, в поведении стала преобладать сексуальная распушенность. Кроме того, надо вспомнить, что префронтальная кора созревает позже, чем все остальные отделы мозга. Полное ее развитие заканчивается в возрасте между двадцатью и двадцатью пятью годами. Если вы подумали, что Гейдж стал вести себя как пятнадцатилетний подросток, то будете недалеко от истины.

У других больных с поражениями префронтальной коры наблюдают подобную симптоматику, и при этом у них сильно страдает объем кратковременной памяти. Но что происходит с гипотетическим «жестким диском»? Находится ли в префронтальной коре и хранилище долговременной памяти? На эту тему есть достаточно много научных данных: эта часть мозга имеет множество важных связей с другими отделами головного мозга, в частности и с гиппокампом. В отличие от Х. М., у которого вследствие удаления гиппокампа исчезла способность к усвоению новой информации, у больных с поражениями префронтальной коры сохраняются

относительно недавние воспоминания, но зато блокируется доступ к старым воспоминаниям. Делает ли префронтальная кора все? Является ли она одновременно накопителем рабочей памяти, процессором и жестким диском? Нет. Здесь действует уже знакомое нам правило: эта область мозга участвует в процессах обработки памяти, но не является местом ее хранения.

В настоящее время ученые исходят из того, что гиппокамп обрабатывает свежие воспоминания, отбирает достойные сохранения и передает информацию о них дальше, в префронтальную кору. Там происходит их упорядочение и объединение. Одновременно формируются так называемые схемы. Вот наглядный пример. Знаете ли вы покемонов, этих разноцветных монстров, порожденных фантазиями фирмы Nintendo? Ну, например, знаком ли вам Пикачу, типичный представитель покемонов, круглое желтое создание с красными щеками и хвостом в виде молнии? К настоящему времени было придумано более 700 фигурок покемонов, обладающих разнообразными способностями и особенностями. Естественно, все они чем-то похожи друг на друга. Если человек, далекий от этой игры, попытается выучить внешние признаки и свойства отдельных покемонов, то он взвалит на свои плечи очень тяжелую задачу. Однако тот, кто родился между 1990 и 2000 годами, скорее всего, много играл в детстве с покемонами. Среди этих людей, с достаточной вероятностью, можно найти таких, в префронтальной коре которых надежно отложились схемы, касающиеся покемонов. Эти люди знают, так сказать, основное строение покемонов. Даже если такой человек в последние годы не следил за развитием игры, то он легко сможет усвоить черты каких-то новых фигурок и включить их в знакомую схему. Тот же, кто не имеет никакого понятия о покемонах, будет вынужден пользоваться гиппокампом в течение довольно долгого времени для передачи информации в префронтальную кору, а бывший фанат покемонов получит эту информацию непосредственно в префронтальную область, минуя гиппокамп. Правда, результат в обоих случаях будет

один и тот же, один процесс отличается от другого лишь некоторыми частностями.

Везде или нигде?

Однако поиски и в других областях мозга не дали никаких результатов. Ни в одной из исследованных областей ученым так и не удалось обнаружить четкое местоположение памяти. Если набрать в поисковике название области мозга и добавить слово «память», то можно найти ссылки на работы, в которых приведены данные соответствующих исследований. Вывод напрашивается однозначный: память – это способность, распространенная по всему мозгу.

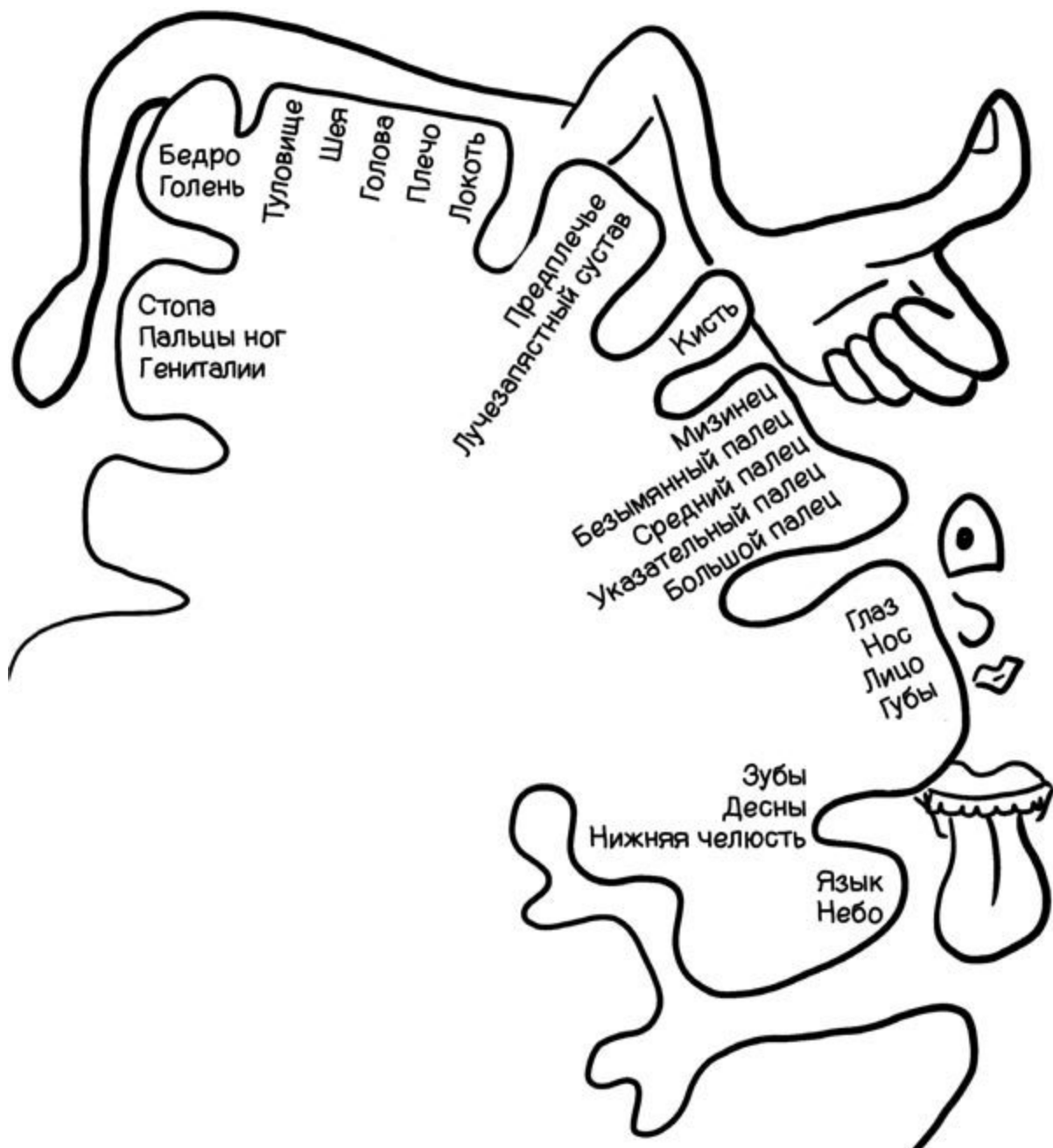
Даже одно-единственное воспоминание не может локализоваться в каком-то одном, определенном месте. Когда мы вспоминаем какие-то события, они каждый раз реконструируются заново. Отдельные фрагменты – такие, как формы или даже образ Дженнифер Энистон, – могут быть закодированы в каком-то одном нейроне или в сети из нескольких взаимодействующих нейронов, но в процесс припоминания вовлекаются тысячи нервных клеток.

В 1930–1940-х годах американский ученый Карл Спенсер Лешли пытался в серии довольно жестоких экспериментов «погасить» у крыс определенные воспоминания. Сначала животные после бесчисленных повторений превосходно заучивали путь выхода из лабиринта. Если во время научения или перед ним животным удаляли гиппокамп, то усвоения не происходило. Если же память о правильном пути из лабиринта уже находилась в долговременной памяти, то удаление гиппокампа не влияло на успешность выхода. Лешли продолжил исследование и стал удалять у крыс и другие отделы мозга, но крысы все равно не забывали когда-то усвоенный путь. В конечном счете Лешли стал оставлять крысам только то количество мозга, какое было необходимо для элементарного поддержания жизни. Эти искалеченные крысы едва могли передвигаться, но тем не менее помнили когда-то усвоенный путь выхода из лабиринта. При этом Лешли почему-то пришел к

неверному выводу о том, что все воспоминание целиком закодировано в какой-то одной области мозга. Однако это не так. Если, например, животному удаляли зрительную кору, то оно пользовалось для решения задачи воспоминаниями о тактильных и обонятельных ощущениях. Лешли удавалось удалять области, отвечавшие за информацию той или иной модальности и даже многих модальностей, но отнюдь не всех.

Результаты этих опытов оказались настолько убедительными, что вплоть до 1990-х годов нейрофизиологи вообще исключали из научного обихода само понятие о локализации памяти. Только после введения в научные исследования методов визуализации живого мозга стала возможной некоторая коррекция сложившихся представлений. Правда, для ощущений и движений локализация функций была в головном мозге установлена уже давно. Существуют «корковые карты» представительств, на которых представлена схема карты связей ощущений и восприятий с частями тела. Самый известный пример такой нейрофизиологической карты – это «кортикальный гомункулус».

На основании данных, добытых канадским нейрофизиологом Пенфилдом, можно точка за точкой установить связи определенных областей поверхности тела с определенными участками коры головного мозга. При этом величина поверхности какой-то области тела не равна относительной площади соответствующей области коры мозга. Чувствительность кончиков пальцев обеспечивается намного большим числом нейронов, чем чувствительность кожи всей спины. Наиболее популярный способ подтверждения этого факта заключается в следующем: на кожу кончика пальца наносится раздражение двумя очень близко расположенными остриями игл и человек распознает именно прикосновение двух игл. Напротив, если острия игл раздвинуть на расстояние в несколько сантиметров и нанести одновременно укол на кожу спины, человек воспримет это раздражение как укол одной иглой.



Пенфилд наносил на участки мозга легкие электрические раздражения и смог таким образом выявить соответствующие участки чувствительности и соответствующие двигательные реакции (естественно, эти последние реализовались с помощью вполне

определенных мышц), что позволило картировать кору мозга. Известно, что раздражение областей коры левого полушария приводит к возникновению ощущений и двигательных реакций на правой половине тела и наоборот, потому что в спинном мозге проводящие нервные пути перекрещиваются, переходя с одной стороны на другую. При стимуляции других участков головного мозга возникали другие реакции – от сложных галлюцинаций до насильственной продукции речи. Однако при смещении места нанесения раздражения на ничтожную долю миллиметра можно получить совершенно иную реакцию. Кроме того, распределение таких участков сильно варьирует у разных людей. Этот феномен показывает нам, что для обработки информации от органов чувств существует свое картирование (такие карты, касающиеся ощущений множества модальностей, в настоящее время уже составлены), однако это не проясняет ситуацию с дальнейшей обработкой сенсорной информации.

Каждый человек обладает супермозгом

Супермозг! Это слово мы часто слышим в отношении выдающихся мнемонистов, которые поражают зрителей со сцены своей выдающейся памятью. Это, конечно, высочайшая похвала, то в том, что касается содержания, слово «супермозг» является полнейшей бессмыслицей. На собственном опыте я убедился в том, что у меня совершенно обычная, заурядная память, и только упорными тренировками и применением особых техник я добился мировых рекордов и удостоился чести выступать в телевизионных шоу. Однако с научной точки зрения такая переоценка не имеет под собой абсолютно никакой почвы. Так же, как утверждение «моя любимая команда побеждала три раза, когда, идя на матчи, я надевал футболку задом наперед, и теперь я всегда буду так ее надевать», подразумевающее, что это действие каким-то образом влияет на исход игр. Точно так же я сам не являюсь доказательством такого предположения. К тому же я на самом деле не знаю, насколько нормален мой мозг. Кое-кто может в этом усомниться, узнав, что я могу по доброй воле часами рассматривать числа. Такая тренировка вполне может изменить функциональное строение мозга. Есть веские основания исходить из того, что в мозге мнемонистов можно найти особенности, отличающие его от мозга людей в контрольной группе. Почему?

Среди прочего у нас есть данные одного исследования, проведенного в Англии. На рубеже тысячелетий группа ученых под руководством Элеонор Магуайр исследовала группу лондонских таксистов. Какое отношение имеют лондонские таксисты к исследованиям памяти? Самое прямое и непосредственное. Если вы решите стать шофером такси в Лондоне, то вам придется сдать нешуточный экзамен на то, что сами участники таких испытаний называют «Знанием» (The Knowledge). Для того чтобы сдать экзамен, надо наизусть знать названия нескольких тысяч улиц в Лондоне и

его пригородах, а также названия тысяч отелей, ресторанов и достопримечательных мест британской столицы, а кроме того, помнить, какие улицы связывают их между собой. Я на сто процентов уверен: тот, кто сдал такой экзамен, в следующей жизни будет навигатором, родившись с исходно увеличенным в размерах гиппокампом. Гиппокамп – это область мозга, о которой известно, что она играет выдающуюся роль в памяти и умении ориентироваться на местности.

В последующих исследованиях было показано, что такие изменения действительно происходят в результате многолетней подготовки к экзамену. То есть перед началом подготовки к экзамену не обязательно иметь большой гиппокамп – он сам увеличится от штудирования карт и путеводителей у соискателей звания лондонского таксиста. Сам собой напрашивается вывод о том, что у спортсменов-мнемонистов тоже имеют место определенные изменения в мозге, так как мнемонистам приходится замечать и запоминать намного больше, чем лондонским таксистам.

Мне и самому интересно как можно больше узнать об этом предмете. После того как я несколько лет изучал физику и информатику, я с радостью воспользовался возможностью сменить поле деятельности и заняться нейрофизиологией. В этой смене нет ничего удивительного, потому что нейрофизиологи занимаются исследованиями головного мозга, а в результате получают множество данных, которые нуждаются в обработке, при проведении которой отнюдь не лишними оказываются познания в информатике и статистике. Для своих исследований я смог пригласить в Мюнхен тридцать из пятидесяти самых известных на тот момент мнемонистов. Мне повезло в том отношении, что в этом спорте с 2004 года лидируют представители Германии и других немецкоязычных стран. Понятно, что я не смог непосредственно заглянуть в головы этих мастеров памяти. Представьте себе картину: два рослых студента держат очередного испытуемого, а рядом стою я с включенной циркулярной пилой... Нет, только не это.

К счастью, за последние несколько десятилетий было изобретено множество способов исследования мозга без вскрытия черепной коробки. Эти способы различаются между собой по точности результатов, а также по пространственному и временному разрешению. Это означает, что, например, с помощью электроэнцефалографии (ЭЭГ) можно исследовать электрическую активность мозга в режиме реального времени с временным разрешением порядка одной миллисекунды, но исследовать можно только активность поверхностных слоев коры мозга. С помощью компьютерной томографии (КТ) можно исследовать весь мозг целиком, но за счет довольно высокой лучевой нагрузки. Кроме того, КТ не позволяет оценить функциональную активность головного мозга. Функциональную активность мозга можно измерять и оценивать с помощью позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ), но для этого в организм надо вводить радиоактивные вещества, что безвредно для организма при однократном исследовании, но при повторных исследованиях радиоактивная нагрузка становится помехой, не говоря уже о том, что едва ли человеку понравится, что ему то и дело вводят радиоактивные изотопы. Кроме того, ПЭТ – это очень дорогостоящий метод исследования. Поэтому в настоящее время самое большое распространение получил метод ядерного магнитного резонанса, который в клинической и научной практике называют методом магнитно-резонансной томографии (МРТ).

В трубе магнитно-резонансного томографа

МРТ не сопровождается воздействием рентгеновских лучей и не требует введения радиоактивных изотопов. Для проведения исследования пользуются чрезвычайно сильными магнитными полями и радиоволнами определенных частот. Насколько мы знаем, эти воздействия не опасны для людей, хотя для соблюдения безопасности надо придерживаться определенных правил. Естественно, магниты воздействуют на намагничивающиеся металлы, и поэтому МРТ нельзя выполнять людям с имплантированными кардиостимуляторами или иными электромагнитными приборами. Опасным становится исследование и для людей, в теле которых есть металлоконструкции, которые под влиянием магнитных полей могут разогреваться и приходить в движение.

Если у вас есть время, поинтересуйтесь в YouTube взаимодействием металла и МРТ. Вы увидите, что такое взаимодействие может означать на практике. Многие могут не знать, что магниты в МРТ очень сильны и представляют собой катушки с обмотками из сверхпроводящего материала.

Коротко говоря, без углубления в физические дебри процесса можно сказать, что у некоторых материалов при достижении температуры ниже некоторого уровня электрическое сопротивление скачкообразно падает почти до нуля. Это помогает в течение длительного времени поддерживать в катушке постоянное и сильное магнитное поле. Проблема, однако, заключается в следующем: этот «некоторый уровень» является очень низким и холодным. Страшно холодным. Существует абсолютный ноль температур – ноль градусов по шкале Кельвина. Для того чтобы материалы, используемые в катушках МРТ, приобрели свойство сверхпроводимости, они могут быть теплее абсолютного нуля не более чем на четыре градуса, то есть иметь температуру $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$. Но вернемся к магнитно-

резонансному томографу: понятно, что требуется много времени, чтобы охладить такую большую массу до требуемой низкой температуры, а значит, машина должна работать все время, даже по ночам, когда все уходит домой и выключают свет. Надо также предупредить любящих родственников о том, что, бросаясь на помощь близким, необходимо помнить о монетах и ключах в своих карманах – они могут словно пушечные ядра вылететь из карманов и поразить пациента, причинив ему ушибы. Ничего хорошего.

Помимо того, на многих людей негативно действует необходимость длительного пребывания в тесном замкнутом пространстве. Почти всегда требуется применение ушных заглушек, чтобы пациенту не докучал довольно сильный шум. Шум возникает, потому что напряженность магнитного поля рядом с сильными магнитами постоянно изменяется под воздействием электромагнитных импульсов частотой несколько миллионов герц. Изображения мозга при использовании этого метода получают следующим образом: тело человека состоит из множества разнообразных элементов. Некоторые из них обладают так называемым ядерным спином, то есть импульсом собственного вращения. К таким атомам относят атомы водорода, а поскольку мы по большей части состоим из воды, постольку из всего числа атомов нашего тела 60 % приходится на атомы водорода. Атом водорода можно представить себе в виде шарика, имеющего ось вращения, вокруг которой атом вращается, словно детский волчок. Помимо всего прочего, этот волчок продуцирует магнитное поле. Без влияния внешнего магнитного поля ось вращения волчка может быть ориентирована в любом произвольном направлении. Однако если поместить человека в катушку магнитно-резонансного томографа, то все эти микроскопические магнитики повернутся в одном направлении под воздействием сильного внешнего магнитного поля.

Если же теперь на организм, помещенный в трубу сканера, воздействовать импульсом высокочастотных радиоволн, то микроскопические магнитики на короткий миг выстроятся в

направлении этого импульса. Когда радиоизлучение прекращают, магнетики снова ориентируются вдоль постоянного внешнего магнитного поля. Как долго магнетики будут возвращаться в исходное положение, зависит прежде всего от окружающих атомов водорода молекул. Отзвук этого возвращения будет разным, в зависимости от того, находятся ли магнетики в воздухе, в воде или, скажем, в меду. Так как волчки – атомы водорода сами по себе являются магнитами, то при своем возвращении в исходное положение они возбуждают (индуцируют) в катушке электрический ток. Принцип тот же, что в динамо-машине: магнит вращается в катушке, индуцирует ток, а этот ток зажигает свет в фаре велосипеда. Правда, в данном случае никакая лампочка не загорается, но зато становится ясно, какие ткани окружают тот или иной магнетик, и на основании этих различий строится изображение исследуемой области тела.

Таким способом можно локализовать в мозге скопление жидкости или опухоль, так как в этих образованиях атомы водорода окружены большим или меньшим количеством воды, чем в нормальных тканях головного мозга. Но ввиду того, что различные области мозга отчетливо отделены друг от друга и отличаются друг от друга содержанием нервных клеток, можно, например, сравнивать объемы определенных областей мозга у разных людей и со средними значениями. Например, было показано, что гиппокамп лондонских таксистов превосходит своими размерами средние значения.

Описанный метод недостаточен для того, чтобы исследовать активность тех или иных областей головного мозга. Образование новых связей в головном мозге – процесс длительный и микроскопический, и таким способом измерить его невозможно. При проведении функциональной МРТ (фМРТ) используют другой эффект, называемый BOLD-эффектом. Для полноценной работы мозгу необходим кислород. Богатая кислородом кровь по своим магнитным свойствам отличается от крови с низким содержанием кислорода, что обусловлено тем, что кислород связывается в

эритроцитах с содержащим железо белком гемоглобином. Это означает, что в крови с низким содержанием кислорода больше свободных, не связанных с кислородом атомов железа, которые могут реагировать на изменения магнитного поля в сканере. В областях повышенной активности больше приток крови и больше потребление кислорода. Таким образом, регистрируется изменение магнитных свойств крови в зависимости от потребления кислорода в тканях. Следовательно, активность мозга оценивают не прямо, а косвенно, по потреблению кислорода клетками мозга в исследуемой области. Чем выше потребление кислорода, тем выше, следовательно, активность мозга.

Есть, правда, одно обстоятельство, которое надо постоянно иметь в виду. Например, при возникновении активности кислород потребляется сразу, но при этом должна продолжаться непрерывная доставка кислорода. То есть в этом месте должен образоваться недостаток кислорода, который сохраняется в течение нескольких секунд до того, как возобновится доставка кислорода. Представьте себе большую стройку возле скоростного шоссе. Вы смотрите на стройку с вертолета или даже со спутника, и, естественно, не можете различить отдельных рабочих. Однако вы видите, что к определенному месту стройки подъезжают грузовики, доставляющие строительные материалы и увозящие со стройки мусор и прочие отходы. Из этого можно заключить, что стройка внизу идет полным ходом. На самом деле мы этого не видим и не знаем, когда и как производится реальная работа. Землю из котлована надо сначала вырыть и уже потом погрузить в самосвалы.

В деятельности мозга все обстоит несколько сложнее. Мозг работает все время и непрерывно, и все чувства активны в любой момент времени. То есть когда я укладываю испытуемого в катушку магнитно-резонансного томографа и начинаю демонстрировать на экране числа, на которые испытуемый должен обратить внимание, я одновременно вижу великое множество очагов активности, которая не имеет абсолютно никакого отношения к считыванию чисел.

Конечно, оно тоже происходит за счет усиления активности областей, отвечающих за зрение, чтение и распознавание цифр. Но этим дело не ограничивается, так как испытуемый ощущает носилки, на которых лежит, слышит звуки работы прибора и понимает, что находится в несколько непривычной обстановке. Все эти данные тоже обрабатываются в его мозге. Возможно, испытуемый голоден, у него чешется левая пятка или он планирует, на что потратить вознаграждение за участие в эксперименте. Я как исследователь в данный момент наблюдаю всю эту активность мозга, не имеющую ровным счетом никакого отношения к памяти. Поэтому при проведении фМРТ надо сравнивать активность мозга в разные моменты времени. Следовательно, я должен предъявить испытуемому числа в другой момент, причем так, чтобы он, не заметив ничего нового, просто начал бы считывать числа. Все прочие процессы идут между тем своим чередом. Если я теперь сравню картину фМРТ в два разных момента, то, если мне повезет, смогу выявить какие-то небольшие участки мозга, которые активизировались в сравнении с исходной картиной, и это даст мне некоторые основания предположить, что именно эти области отвечают за формирование памяти.

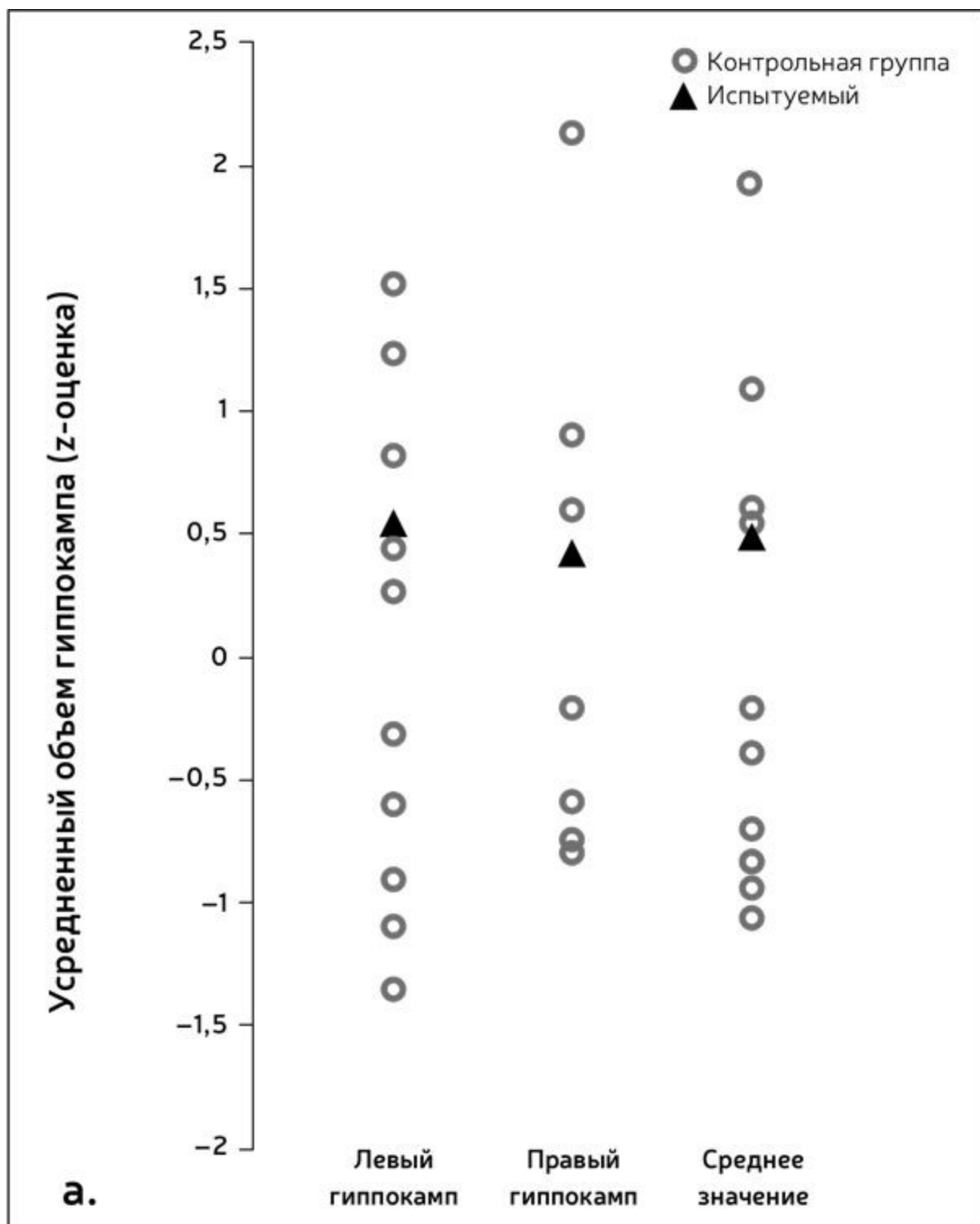
На практике, однако, часто бывает недостаточно одного такого сравнения и приходится производить множество сравнений у множества испытуемых, а затем сводить данные воедино и подвергать их статистической обработке, чтобы с наибольшей вероятностью выявить область с измененной активностью. Метод этот сравнительно новый, и поэтому к настоящему времени выявлено мало таких областей, не говоря уже о том, что мы пока можем выявлять лишь большие, хорошо заметные различия в активности разных участков мозга. Процесс обработки данных позволяет получать картины, на которых интересующий нас участок мозга маркируется красным цветом. Если в процессе решения математической задачи в левом полушарии возникает окрашенный участок, то непосвященный (как, впрочем, и исследователь!) легко

заключает: все понятно, логика локализована в левом полушарии! На самом деле активация происходит во всем объеме мозга, но мы не в состоянии дифференцированно всю ее маркировать, и приходится прибегать к множественным сравнениям и сложным статистическим методам. Дальнейшие исследования опровергли данное заблуждение, но ложная картина «логика = левое полушарие» уже прочно вбита в головы (и, между прочим, в интернет).

Мозг спортсменов-мнемонистов

Первой проникнуть в мозг спортсменов-мнемонистов отважилась уже в 2001 году в Лондоне та же Элеонор Магуайр. В тот момент она не нашла никаких признаков, которые отличали бы мозг мнемониста от мозга всех прочих смертных, но в то время в распоряжении Магуайр оказалось мало испытуемых и аппарат со слабым магнитным полем. Кроме того, за прошедшие с тех пор годы достижения мнемонистов стали намного более впечатляющими.

Я тоже должен констатировать: с точки зрения структуры мозга здесь действительно едва ли удастся выявить какие-то отличия. Иными словами, мозг спортсмена-мнемониста абсолютно нормален. Мой, между прочим, тоже. Я вместе со своим мозгом побывал в чреве разных магнитно-резонансных сканеров, причем множество раз. И даже на разных континентах. Поэтому могу со всей научной ответственностью заявить: мой мозг абсолютно нормален и ничем не отличается от мозга среднестатистического жителя планеты Земля. Вы мне не верите? В этой книге я не хочу обременять вас скучными научными подробностями, но иногда бывают полезны наглядные иллюстрации, например такая:



По книге М. Рамона и др. (2016). Сравнение размера моего гиппокампа (правого, левого и средней величины) с размером гиппокампа представителей контрольной группы

В ходе одного проведенного в Шотландии исследования на тему запоминания имен было проведено исследование моего гиппокампа. На представленной выше диаграмме мой гиппокамп обозначен треугольниками в сравнении с гиппокампами испытуемых из контрольной группы, обозначенными кружочками. Как видите, ничего особенного в нем нет. Вы разочарованы? Я же вам говорил.

Но откуда тогда взялись сведения о том, что у лондонских таксистов в мозге что-то сильно меняется, в то время как у мнемонистов – нет? Дело в том, что изучение карты города – это специфическая и односторонняя задача. Помните копьёметателя из «Астерикса», который всю жизнь тренировал только правую руку? Она выглядела так, словно под кожу плеча он подложил средних размеров мяч. То же самое, если вам угодно, происходило и с мозгом таксистов. Мы же, спортсмены-мнемонисты, скорее похожи на Астерикса – после того, как он принял свой волшебный напиток! Мы тренируем память во всех отношениях, а вместо волшебных напитков применяем мнемонические приемы. Вместо того чтобы тренировать какую-то одну область мозга, спортсмены-мнемонисты тренируют различные системы запоминания, то есть системы обработки и хранения информации. Для того чтобы это подтвердить, мы в Мюнхене выполнили исследования нейронных сетей мнемонистов, а для лучшего контроля привлекли к исследованию контрольную группу лиц с обычной памятью.

Обычно в таких исследованиях в качестве испытуемых выступают студенты. Почему? Ну, видите ли, это легко, дешево, и к тому же студенты охотно соглашаются на участие в самых разнообразных исследованиях. Эта привычка заходит настолько далеко, что, проводя психологические исследования, профессора психологии привлекают к участию в них студентов-психологов, чтобы на основании исследований делать какие-то научные выводы,

касающиеся опять-таки психологии. Сомнительно, что такой подход должен быть всеобщим, так как испытуемые, проявляющие профессиональный интерес к предмету исследования и методам его проведения, представляют собой весьма специфическую контрольную группу.

Для того чтобы мы могли полноценно сравнить спортсменов-мнемонистов с участниками контрольной группы, последние должны быть биологически похожи на первых. В идеале, конечно, надо было исследовать однояйцевых близнецов мнемонистов, которые сами мнемонистами не являются. Проведенный среди мнемонистов короткий опрос о том, есть ли у них близнецы, разочаровал нас – ни у одного спортсмена близнецов не оказалось. Мы продолжили поиск и отобрали в контрольную группу людей того же возраста, пола, уровня образования, а также уровня интеллекта.

Мы сравнивали строение нейронных сетей, связывающих между собой различные области и участки мозга, у спортсменов-мнемонистов и у членов контрольной группы. И тут мы наткнулись на настоящую золотую жилу! У спортсменов-мнемонистов более прочна и массивна связь между лобной долей и гиппокампом, а кроме того, нейронная сеть вообще гуще и лучше развита. Тем не менее каких-то особых хранилищ у мнемонистов выявлено не было, обнаружена лишь способность строить новые, улучшенные пути для более устойчивой связи между разными хранилищами, а также способность к лучшей упаковке информации и ее распределению. У людей с обычной памятью информация может храниться в одном хранилище, а у мнемонистов она распределяется, например, по нескольким хранилищам. Однако этот результат ничего не говорит о времени появления этих особенностей – то есть являются ли эти изменения результатом тренировки или они присутствуют до начала тренировок и являются залогом их успешности. То есть можно с полным правом предположить, что люди, у которых нейронные сети мозга развиты лучше, достигают в тренировке памяти больших успехов и становятся признанными мастерами этого вида спорта.

Исходя из этих соображений, я предложил некоторым представителям контрольной группы приступить к тренировке памяти. Через шесть недель ежедневных тренировок по тридцать минут в день эти испытуемые могли запоминать в среднем вдвое больше чисел, слов или имен, чем до начала тренировок. Это поистине впечатляющий результат.

О том, что эти методы тренировки действительно работают, психологи знали и раньше. Но что при этом происходит в мозге? Мне захотелось это узнать. Фактически выяснилось, что хотя за шесть недель степень развития нейронных сетей все равно осталась у членов контрольной группы более низкой, чем у мнемонистов, но все же в мозге первых произошли изменения, которые сближали контрольную группу с группой мнемонистов!

Результаты исследований с активацией мозга показывают, что применение указанной методики стимулирует активность многих других областей мозга. При сравнении группы мнемонистов и контрольной группы было показано, что при запоминании у мнемонистов активируется большее число участков головного мозга, а в обучении участвует больше систем памяти. Особенно интересно следующее: у лиц контрольной группы при выполнении заданий, в ходе которых требовалось за максимально короткое время запомнить как можно больше чисел, активировались прежде всего отделы мозга, связанные с кратковременной памятью. Когда же мы предлагали мнемонистам припомнить числа, которые они видели всего несколько секунд назад, то у них активировались те отделы мозга, которые отвечали за припоминание чисел, виденных несколько дней назад. Это отчетливое указание на то, что при заучивании чисел мнемонистами эти числа сразу направляются в долговременную память, обходя обычный путь, по которому информация вначале недолго хранится в кратковременной памяти, прежде чем консолидироваться в памяти долговременной. Это непосредственно сказывается и на результатах: если на следующий день мы без предупреждения предлагали испытуемым

воспроизвести числа из вчерашнего теста, то мнемонисты припоминали почти все числа, а представители контрольной группы, которые и без того накануне запомнили намного меньше чисел, демонстрировали почти тотальную забывчивость.

Добротность сети

Подытожим сказанное: для различных способов запоминания в нашем мозге существуют различные большие области. Одно-единственное воспоминание хранится не в одной нервной клетке и даже не в какой-то одной области мозга. На самом деле запоминание самой мелкой детали осуществляется путем взаимодействия множества нервных клеток, которые все вместе отвечают за сохранение одной и той же информации. Более массивные воспоминания хранятся во взаимодействии разных областей мозга, каковые реконструируют воспоминания из отдельных фрагментов информации. «Загрузка» эпизодов из памяти в сознание – это всегда их реконструкция. Собственно, извлечение содержания семантической памяти – результат взаимодействия различных нейронных систем.

Новый способ изучения этого феномена заключается в исследованиях на уровне функционирующих нервных сетей. Для этого применяют особую разновидность функциональной МРТ (фМРТ) – «МРТ в состоянии покоя». На практике это выглядит так: испытуемого укладывают в камеру магнитно-резонансного томографа, где испытуемый должен провести несколько минут, решительно ни о чем не думая – он не должен решать никаких задач, не должен запоминать никакие числа, он вообще не должен ни о чем думать, даже о том, как это здорово – получать деньги за ничегонеделанье. Просто удивительно, как трудно это умственное безделье дается некоторым людям. Правда, не меньшее изумление вызывают другие люди, которым абсолютная бездумность дается чрезвычайно легко. Для нас, исследователей, в этой ситуации важно то, что и в состоянии покоя мозг сохраняет высокую активность. Эта активность представляет собой неразличимый белый шум. При выполнении определенного задания активность мозга на экране фМРТ представляется в виде конкретного, довольно отчетливо

различимого рисунка, а состояние покоя на экране выглядит как снежная крупа на экране телевизора при отсутствии сигнала. По этой причине ученые долго не занимались исследованием этой малопонятной картины.

Однако в 2001 году прорыв все же состоялся. Были опубликованы данные о том, что даже в состоянии покоя в мозге есть ряд областей, которые особенно активны в этом состоянии и становятся менее активными, когда испытуемый принимается за выполнение какого-то задания. Белый шум в данных визуализации мозга ни в коем случае не является случайным. Надо обратить особое внимание на то, какие именно участки мозга одновременно являются наиболее активными при ничегонеделании. То есть активность в этих участках меняется синхронно во время исследования в состоянии покоя. Если исследователи наблюдают изменения активности в каком-то определенном участке мозга, то она изменяется и в каком-то другом, но определенном участке. Такие одновременно активирующиеся области мозга называют функционально связанными, ибо все колебания активности в них происходят одновременно и синхронно. Вот почему эту совместную активность удалось проанализировать с помощью математической «сетевой модели».

Обнаруженную таким способом нейронную сеть авторы (Raichle, McLeod и др.) назвали Default Mode Network, что в переводе с английского и означает «сеть состояния покоя». Эта сеть активна, например, когда мы грезим наяву, когда наши мысли блуждают, внимание направлено внутрь и мы перестаем воспринимать окружающий мир. Эта сеть, между прочим, отвечает за внутренний голос, который исчезает, когда мы сосредоточены на решении какой-либо задачи, но вновь появляется, когда мы, например, хотим лечь спать: «Спать? Сейчас? Смело, смело. Я-то думал, что ты хочешь подготовиться к завтрашнему семинару. Да, следовало бы об этом помнить. Эй, кстати, ты слышишь плеск? Это не кран ли течет? Ладно, это я так, к слову. Ничего, что ты собрался спать, как тот парень, твой одноклассник, который заснул во время экскурсии, когда вы учились

в средней школе? Это было очень весело, правда не для него. Кстати, как его звали?»

К сети состояния покоя, помимо других областей, относятся также гиппокамп и префронтальная кора. Но разве не эти области активируются при выполнении заданий на запоминание? Да, именно они. Когда наши мысли беспорядочно блуждают, мы время от времени вспоминаем разные события и случаи из жизни, думаем о себе и о намерениях других людей. Именно в ходе этих процессов мы используем свою память. Возникает впечатление, что в состоянии покоя эти области чрезвычайно активны.

Считают также, что сильные связи, характерные для состояния покоя, не готовят мозг к выполнению каких-то задач – скорее они способствуют дальнейшему формированию и укреплению памяти. Когда коллеги после обеденного перерыва задерживаются в столовой, пьют кофе и болтают о всякой всячине, они не просто хотят сбросить напряжение трудного рабочего дня – во время таких разговоров хорошо усваивается недавно полученная информация и возникают новые идеи. Хорошие руководители знают это и не препятствуют подчиненным.

При многих душевных расстройствах, например при депрессии, синдроме дефицита внимания и гиперактивности или при болезни Альцгеймера, повреждается сеть состояния покоя. При депрессии связи между нейронами усиливаются, что повышает внимание к своему состоянию. Похожее происходит, когда некий сотрудник за чашкой кофе говорит своим коллегам, что он будто бы слышал, что какой-то заказчик не перечислил деньги за работу и теперь фирма начнет увольнять сотрудников. Коллеги теперь, вместо того чтобы работать, начнут живо обсуждать страшную новость. В результате у фирмы действительно могут начаться неприятности.

При дефиците внимания и гиперактивности, а также при болезни Альцгеймера связи между нейронами сети, наоборот, ослабевают, что приводит к расстройству памяти. Сеть состояния покоя играет большую роль также в размышлениях о будущем. К грезам наяву

относят и воображение сценариев – того, что и как может произойти в будущем. Активность мозга при извлечении воспоминаний сильно напоминает его активность при воображении возможных сценариев, и это указывает нам, что в обоих случаях в мозге происходит конструирование моделей.

Связи внутри головного мозга можно изучать не только функциональными, но и структурными методами. Можно, например, выяснить, где в белом веществе мозга особенно много нервных пучков. Между прочим, эти исследования тоже можно проводить с помощью МРТ. При этом ученые используют тот факт, что в проводящих путях содержится много молекул воды. Эти молекулы обладают кинетической энергией и непрерывно движутся. Эти перемещения называют диффузией. Вы наблюдаете диффузию, когда погружаете пакетик с чаем в чашку с кипятком. Чай проникает в воду и распределяется по всему объему чашки. Размешивание ускоряет этот процесс, но он происходит и самопроизвольно. С газами происходит то же самое. Именно так распространяется в закрытом помещении запах ароматической свечи, заполняя весь объем помещения. То же касается запахов и других газов. Ну, вы понимаете, о чем я говорю.

Перемещения отдельных частиц происходят хаотично и случайно. Однако в мозге молекулы воды не вполне свободны в своих перемещениях, на пути их движения много преград. В любом случае молекулы воды перемещаются преимущественно вдоль нервных волокон, если не считать тех случаев, когда повреждены клеточные стенки нейронов и их отростков. Можно провести аналогию с концертом, на котором собралось слишком много слушателей. Вдоль проходов в вестибюле выстраиваются очереди – например в туалет или в буфет. Эти очереди пусть и не очень быстро, но неуклонно продвигаются к цели. Однако если вы попытаетесь выйти из очереди вправо или влево, чтобы потом найти в очереди своих друзей, то вам неизбежно придется столкнуться с другими людьми. Так как находящиеся в ткани мозга молекулы воды реагируют на магнитные

поля, за их движением можно наблюдать. При этом можно с большой долей вероятности предположить, что молекулы воды распространяются вдоль нервных волокон, а следовательно, направление волокон совпадает с направлением движения большинства молекул воды. Если какой-то наблюдатель будет смотреть на такую очередь из вертолета, то он увидит, что каждый отдельный человек в ней совершает хаотичные мелкие перемещения – вперед, назад, вправо, влево, но основное, самое быстрое движение все же осуществляется в одном направлении – к туалету.

С помощью такой методики МРТ Майклу Грейциусу удалось в 2000 году показать, что обнаруженные функциональные взаимодействия в сети состояния покоя осуществляются по проводящим нервным путям. То есть помимо функциональной существует и структурная связь. Мы имеем дело с реальной нервной сетью, связывающей удаленные друг от друга области мозга и, таким образом, распределяющей память по всему объему головного мозга. Эти нервные пути упорядочивают изменчивую активность мозга в состоянии покоя так же, как модератор в интернете упорядочивает дискуссию, решая, когда ее можно продолжить, а когда ограничить мнением одного из участников.

С годами особое значение такого сетевого объединения, или, другими словами, связей внутри головного мозга, было выявлено еще более отчетливо, и теперь именно они стали предметом самого пристального внимания ученых, исследующих память. С 2010 года осуществляется проект «Коннектом» (Human Connectome Project). Подобно тому как в ходе осуществления проекта «Геном человека» ученые, работавшие в многочисленных учреждениях, совместными усилиями старались выяснить последовательность нуклеотидов в ДНК человеческих хромосом, ученые, исследующие мозг во многих научных центрах, поставили перед собой задачу выявить все связи, существующие в человеческом мозге. Для этого было выполнено магнитно-резонансное сканирование мозга 1200 человек, и данные

этого исследования сделали доступными для всех заинтересованных исследователей. Уже появились первые публикации, в которых были использованы эти данные, и надо надеяться, что в ближайшие годы мы овладеем новыми знаниями, которые позволят лучше понять структуру внутримозговых связей и обнаруживать у больных отклонения от нормального их распределения.

Нейронные сети

Компьютеры, обучающиеся как люди?.. До сих пор мы сравнивали головной мозг с жестким компьютерным диском. Есть, однако, ученые, которые исходят из прямо противоположной посылки и пытаются сделать компьютеры способными к естественному, так сказать, природному обучению. Эти ученые ведут речь о нейронных сетях. Однако эти нейронные сети должны состоять отнюдь не из биологических нервных клеток. Речь идет даже не о том, чтобы, как в научно-фантастическом фильме «Матрица», вставить клетки мозга в компьютер. Вместо этого работа компьютера будет имитировать работу головного мозга. Эти работы преследуют двоякую цель: с одной стороны, улучшить конструкцию компьютеров, а с другой стороны, строя компьютеры, больше учиться у человеческого мозга. На осуществление Human Brain Project Европейский союз выделил миллиард евро, которые были распределены между сотней научно-исследовательских центров, чтобы как можно скорее разработать методы имитации работы большей части головного мозга. Это один из самых крупных проектов за всю историю науки. Однако проекты такого масштаба всегда навлекают на себя ожесточенную критику. В данном случае критика заключается в том, что мысль о создании компьютеров нового типа основана на идеях очень немногих ученых, и, кроме того, проведено слишком мало исследований по реальной работе мозга для того, чтобы строить на их основе новые модели компьютеров. Потребуется еще несколько лет, чтобы понять, насколько успешно продвигается это направление и чему оно нас научит. Последние сообщения говорят о том, что в 2015 году ученым удалось имитировать работу небольшой области коры мозга крыс, состоящей из 31 тысячи нейронов. В эксперименте этот искусственный частичный мозг ведет себя точно так же, как соответствующий участок крысиного мозга. Научиться чему-либо на основании этого достижения мы пока не можем, как справедливо

указывают критики. Закончится ли этот проект созданием усовершенствованных тамагочи (цифровых животных, которые одно время были очень популярны среди любителей компьютерных игр) или нам все же удастся узнать что-то новое о работе мозга, покажет время.

Между тем применение в компьютерах нейронных сетей уже привело к познаниям совершенно иного рода. Известна ли вам настольная игра го? В Азии эту игру ценят очень высоко, и там даже есть профессиональные игроки. У нас эта игра приобрела широкую известность в начале 2016 года, после того как вопреки ожиданиям всех экспертов компьютерная программа, созданная специалистами отдела искусственного интеллекта компании Google, нанесла поражение чемпиону мира по го со счетом 4:1. В 1997 году компьютер Deep Blue победил чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова, что вызвало большой шум в средствах массовой информации. Однако шахматы – это игра с простыми и ясными правилами, и все ходы можно просчитать и сравнить варианты позиций, после чего внести все эти данные в программу. Го намного сложнее, и поэтому многие специалисты считали, что только к 2025 году, а то и позже компьютеры станут настолько совершенными, что смогут побеждать мастеров го. Тем не менее специалистам Google удалось сделать это в 2016 году, причем не за счет увеличения скорости, а за счет применения нейронных сетей.

Эксперты го были немало удивлены некоторыми ходами компьютера, так как не считали их самыми удачными. В комментариях во время прямой трансляции специалисты говорили, что компьютер совершил ошибку, но немного позднее выяснялось, что именно этот конкретный ход в конце концов принес победу компьютеру. Нам это хорошо известно по замечаниям комментаторов футбольных матчей: «Фол! Фол! Это же одиннадцатиметровый! Куда он смотрит? Почему нет свистка? Вот же замедленный повтор! О, так касание ноги было! Какая симуляция фола!»

Таким образом, «Альфа-Го» играет как человек, а не как компьютерная программа, но это был пример обучения компьютера: с помощью нейронной сети с несколькими узлами соединений между уровнями компьютер изучил огромное количество партий профессиональных игроков в го. Компьютер сутками напролет играл в го сам с собой. Сделайте это, будучи человеком. Игроки в го высмеют вас и назовут чудаком.

В данном случае были использованы две параллельные нейронные сети. Одна сеть заучила правила и изыскивала на основании анализа уже сыгранных партий возможные ходы. Совокупностью введенных данных здесь является игровая доска. Исходом каждого допустимого по правилам хода является вероятность того, как сыграет человек в ответ на этот ход, – точно так же, как играет и человек. Испытания показали, что компьютер делает правильный ход в 57 % случаев. Это не слишком высокий показатель, так как при этом учитывается двести возможных ответных ходов, однако это довольно неплохой результат, который показывает, что и профессионалы в своей игре более предсказуемы, нежели они сами о себе думают.

Вторая сеть оценивает эти возможные ходы и в качестве выхода дает число: оценку вероятности победы. Эта сеть постоянно играет против самой себя, чтобы генерировать новые партии и самосовершенствоваться. Сюда же встраивается компонент случайности: вместо того чтобы все время делать самые вероятные человеческие ходы, машина их несколько варьирует. В большинстве своем такие ходы оказываются глупыми и неудачными, и эти варианты в конце концов отбрасываются, но в миллионах партий, которые программа разыгрывает против себя, открываются ходы и тактики, которые никогда не использовались людьми. В реальном поединке используются обе сети с их поисковыми стратегиями, к которым в конце добавляются и человеческие знания об игре, чтобы ограничить число возможных ходов и соблюсти необходимый темп игры.

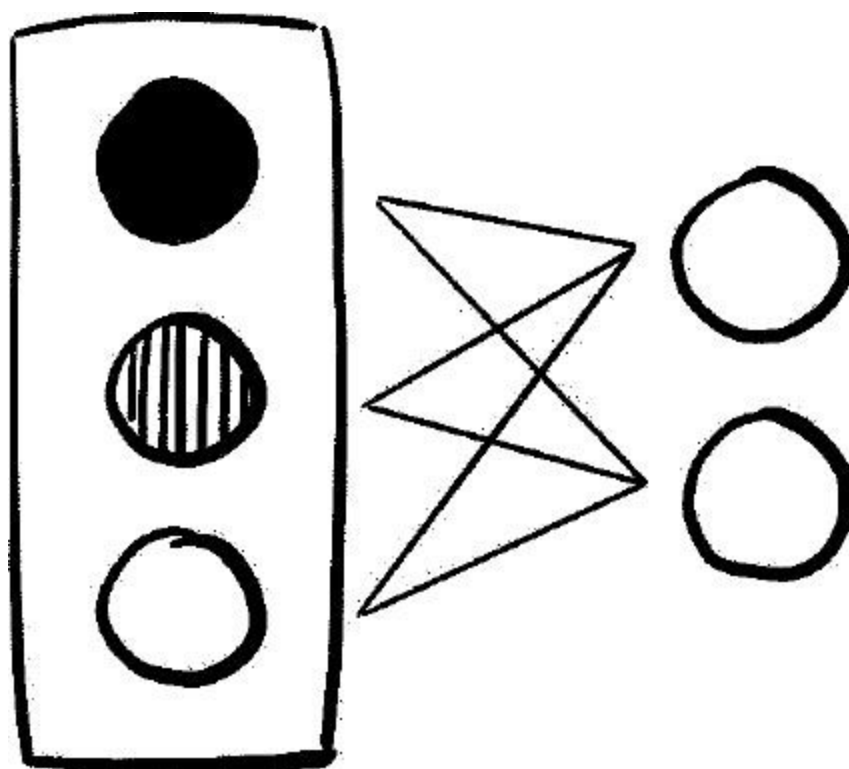
Обучение в нейронных сетях работает так, чтобы нейроны действовали на разных уровнях. В каждом случае они сохраняют вводные значения некоторого числа нейронов на предыдущих уровнях. Вначале они не знают, что означают эти величины, и поэтому необходима тренировка сети. В каждом упражнении непременно содержится результат, то есть игра заканчивается либо выигрышем, либо проигрышем. При этом взвешивается каждый вводный сигнал, и эта оценка изменяется и уточняется при каждом прохождении. Насколько точно функционируют нейронные сети при игре в го, можно с большим трудом продемонстрировать на 13 уровнях при великом множестве вариантов. Тем более трудно это сделать на маленьком примере, но мы все же попытаемся.

Допустим, нейронной сети надо научиться решать, может ли автомобиль проехать на сигнал светофора или нет. Входных сигналов три – красный, желтый, зеленый. Каждый сигнал имеет два значения – либо 1 (горит), либо 0 (не горит).

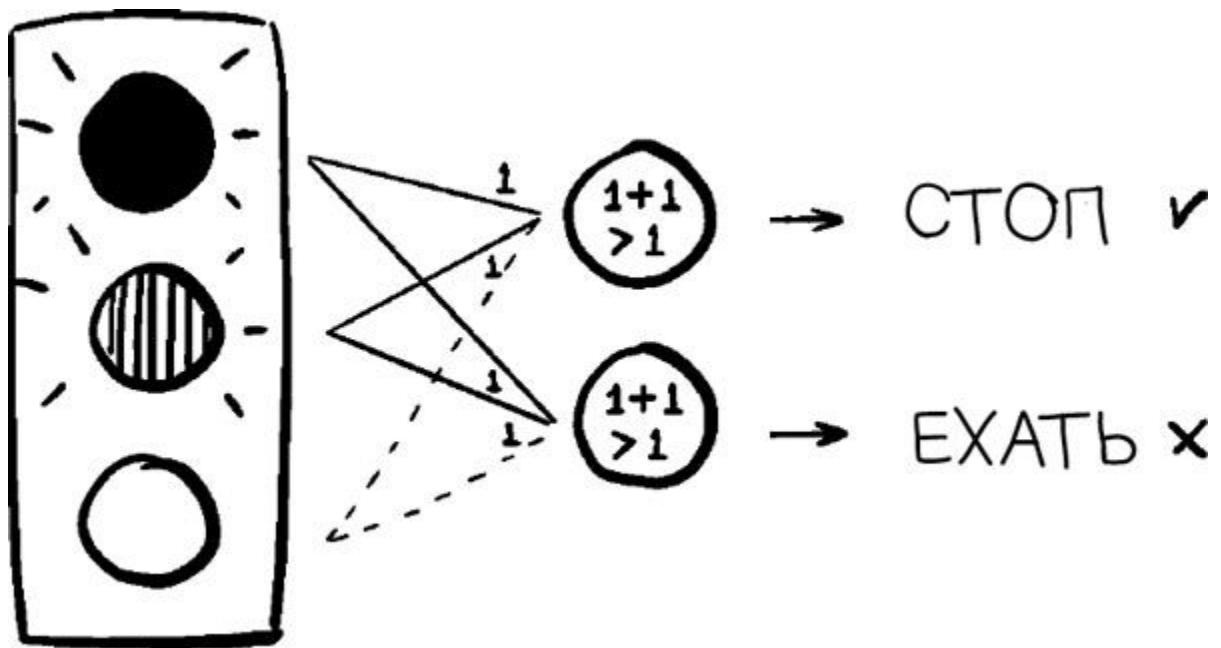
На следующем уровне расположены два нейрона, каждый из которых получает один входной сигнал от всех трех источников света. Эти нейроны передают сигнал дальше только в том случае, если сумма входов равна по меньшей мере единице. Верхний сигнал означает: «Проезд запрещен», а нижний сигнал: «Проезд разрешен». Важно здесь следующее: теоретически нейроны могут сообщить об обоих исходах. Сеть не знает, какой из них правильный, а какой – нет.

В примере со светофором верхний нейрон второго уровня быстро обучается тому, что ему нужен только верхний красный сигнал. Если сигнал выдается сверху, второй нейрон передает свой сигнал дальше. Если горит красный сигнал, то совершенно не важно, горит ли при этом желтый свет. В любом случае движение запрещено. Таким образом, вход «красный свет» принимает значение 1, а

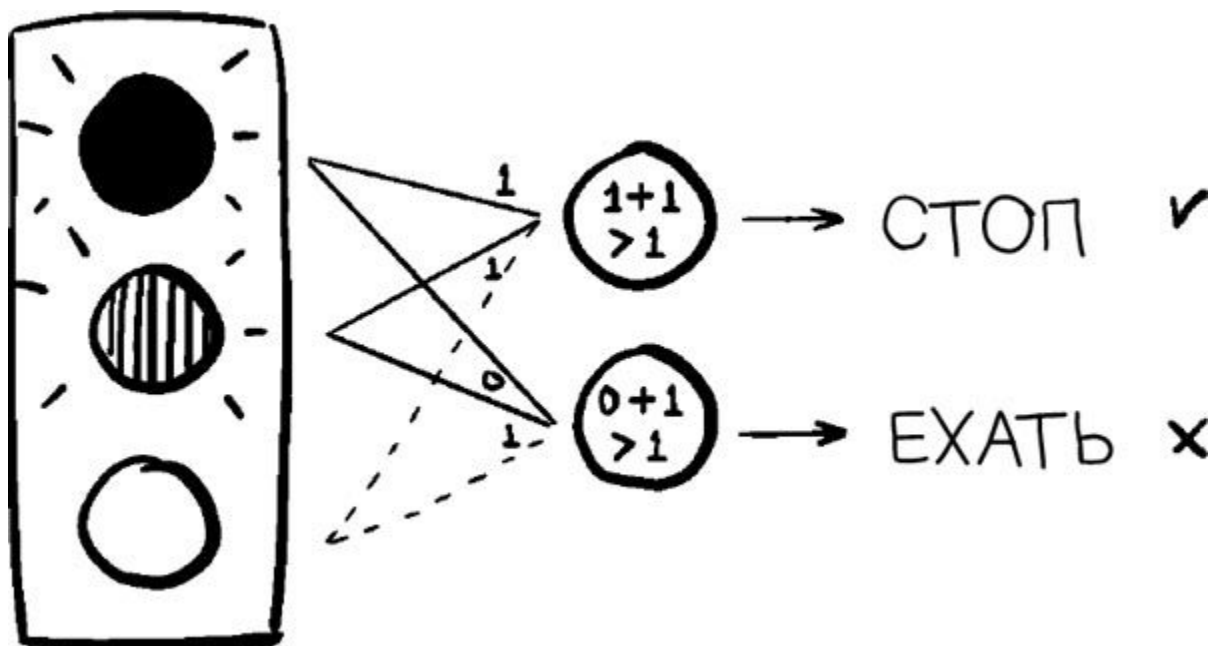
другие входы значение 0. Нижний же нейрон обучается тому, что внизу достаточно одного зеленого света. Если горит зеленый, то движение разрешено. Таким образом, этот вход тоже принимает значение 1. Дополнительно требуется также вход «желтый». Если горит только желтый, то автомобиль еще может ехать. Таким образом, желтый тоже принимает значение 1. Если же горят одновременно желтый и красный сигналы, то движение запрещается. Красный сигнал принимает значение 1. В нейроне происходит следующее: желтому приписывается значение 1, а красному -1 . Один минус один равно нулю, то есть сигнал отсутствует. Таким способом в процессе обучения сеть находит правильные решения.



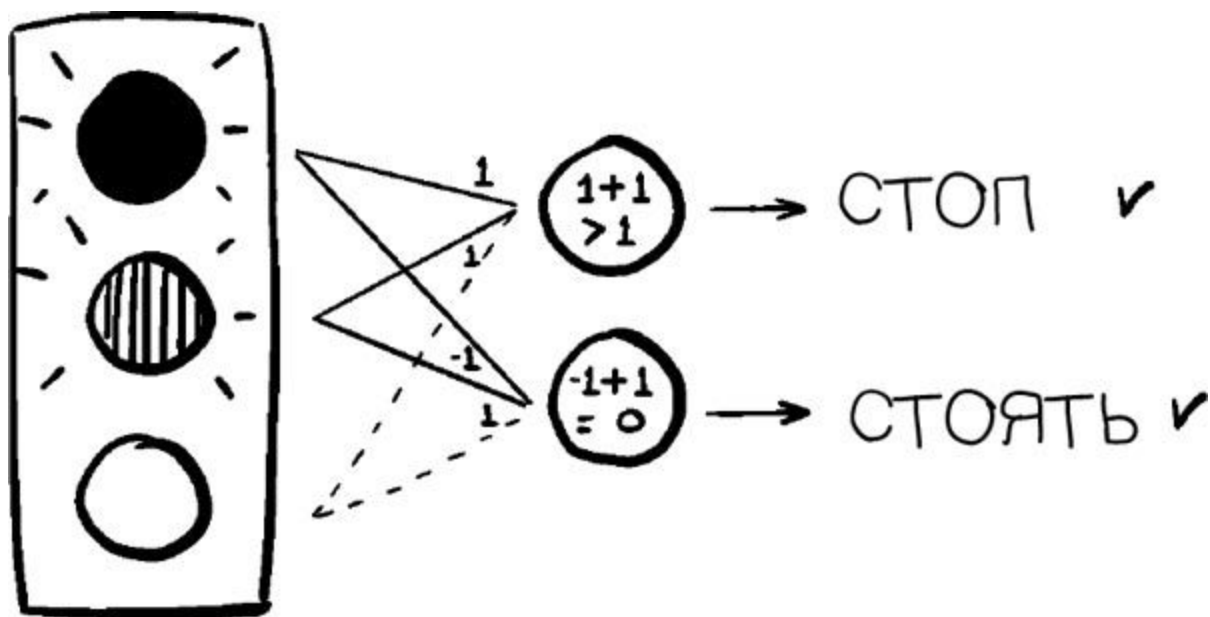
Сначала все входы равноправны. Сеть всегда выдает решение «ехать» и «стоять», независимо от того, каким цветом горит светофор. Окончательное решение может быть принято либо после обучения, либо посредством обратной связи



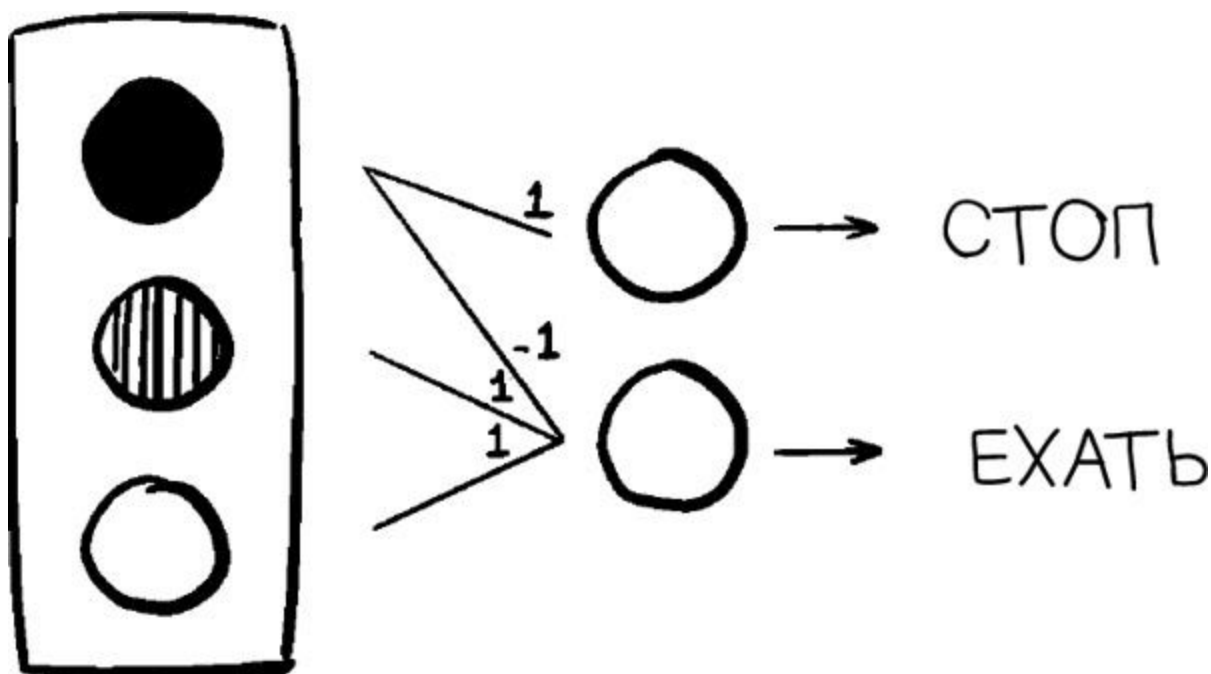
При первой попытке оба выхода сообщают свои сигналы. Обратная связь пока не установлена. При следующей попытке происходит настройка оценок. Верхний нейрон поступил правильно? Здесь ничего не меняется. Нижний нейрон ошибся. Оценка изменяется, но пока случайным образом



Так лучше? Верхняя оценка остается неизменной, нижняя находится в процессе коррекции, но общий результат пока остается неверным



Верхний сигнал по-прежнему правильный и остается неизменным. Нижний нейрон делает следующую попытку. Теперь все сходится! Принимается измененная оценка. Далее следует обучение другим (только красный, только желтый, только зеленый) схемам включения светофора



Это окончательная конфигурация. На основании проб и ошибок сеть научилась правильно оценивать схемы включения светофора и может теперь давать правильные ответы

В программе игры в го не один общий вход, а один вход для каждой клетки игрового поля. Здесь работает не один уровень с двумя нейронами, а множество уровней с сотнями нейронов на каждом из них. После нескольких миллионов прохождений сигналов тем не менее возникает сеть, обучившаяся игре в го на собственном опыте. Одни и те же группы исследователей, пользуясь одной и той же программой, смогли обучить компьютер самым разным играм. Можно взять для примера даже компьютерные игры 1980-х. Все входы системы были очень просты – светится данный пиксель экрана или нет, а на выходе имелись различные возможности вести

игру, перемещая джойстик. Сеть обладала информацией лишь о правилах игры, но тем не менее могла быстро обучаться выигрышу в многочисленных играх такого рода. Однако этот метод обучения не годился для таких видеоигр, как, например, пакман. Заучить случайные движения героя по лабиринту невозможно. Кто мог подумать, что после поражений в шахматах и го именно пакман станет символом торжества человеческого разума и спасет честь человечества?!

Но, как бы то ни было, это всего лишь начало. Google купила фирму, разработавшую вышеупомянутую методику, отнюдь не для того, чтобы посрамить мастеров игры в го. Речь идет о дальнейшем развитии техники. Эти методы должны помочь в разработке самоуправляющихся автомобилей, которые бы справлялись с требованиями законов о дорожном движении не хуже людей. Эти методы уже позволяют таким автомобилям распознавать по видеоизображениям различные важные объекты – например щиты с дорожными знаками. Эти методы позволят решить многие медицинские проблемы – например распознавать заболевания по анализам крови, по компьютерным изображениям органов и по анализам ДНК быстрее, чем врачи, и решать, требуют эти изменения врачебного вмешательства или нет. Естественно, вводные этих задач значительно сложнее, чем в игре го, где существует четко определенное игровое поле. Сложнее будет и обучение, так как зачастую «правильный» ответ заранее неизвестен. Но лучше становятся не только искусственные нейронные сети; улучшаются также и методы сбора данных. Системы будут лучше обучаться, когда будут созданы банки ДНК миллионов людей и будут определены связи изменений ДНК с теми или иными заболеваниями, которыми страдают люди. Если компьютер сможет самостоятельно определить, что тот или иной участок ДНК подозрителен в отношении какой-то аномалии, то врачи на основании этой информации смогут попытаться выявить причинно-следственную связь аномалии с конкретным заболеванием.

Видимо, сейчас мастера игры в го анализируют свойства программы «Альфа-Го» в предвкушении того, что это поможет им повысить качество своей игры. Посмотрим, подвигнут ли успехи компании Google людей к матчу-реваншу. Но вполне вероятно, что программа уже давно осваивает игру пакман.

С проблемой надо переспать

Консолидация памяти

Я часто слышу вопрос: может ли человек обучаться во сне? Наверное, многие люди в детстве наивно клали на ночь под подушку учебники с трудными параграфами. Правда, от такого метода обучения нет никакого эффекта, если не считать головной боли. На самом деле наш мозг никогда не спит. Засыпая, мы отключаем сознание, но наш мозг продолжает работать и, в частности, приводит в порядок память. Как это происходит в деталях, мы пока не знаем, но важно то, что во сне происходит очистка места в гиппокампе. В течение дня, как мы уже знаем, гиппокамп тяжело работает, впитывая новые воспоминания. Однако в сравнении со всем мозгом гиппокамп – это всего лишь его небольшой участок. Ночью в гиппокампе освобождается место, так как накопившиеся там впечатления и воспоминания перемещаются в долговременную память. Видимо, происходит и сортировка поступившей информации, потому что отнюдь не вся информация сохраняется в дальнейшем в долговременной памяти. Глупо, что мы в это время спим и не можем принять активного участия в этой сортировке и не решаем, что сохранить, а что отбросить.

И все же мы в состоянии повлиять на этот процесс. Все, что особенно важно для нас, оставляет в мозге заметные следы и скорее запоминается, нежели забывается. Кроме того, в памяти удерживаются вещи, которые повторно представляются нам существенно важными в течение дня. Например, выучив утром неправильные глаголы, надо повторить их еще раз, прежде чем отправляться спать! То, что поступает в память последним перед сном, в первую очередь подвергается консолидации во сне. Собственно, от нас самих зависит, какое пережитое или усвоенное дневное впечатление мы решим запомнить: это может быть все что угодно – перипетии криминального сериала, концерт Дитера Болена или число 7241.

То, что во сне мы имеем возможность прибрать в кладовых нашей памяти, зависит в первую очередь от отсутствия раздражающих внешних входов. Привратник на входе в таламус запирает дверь, и эта область мозга перестает обрабатывать входящую информацию, так как каналы ее поступления оказываются перекрытыми. Если же сила поступающих извне сигналов превосходит известный порог, то мы просыпаемся, чтобы реагировать на них. В последние годы было, однако, показано, что дверь в таламус закрывается неплотно, оставляя неширокую щель. Так, было уже давно известно, что мозг отчетливо реагирует, когда спящего человека окликают по имени. Например, если вам во сне шепнуть на ухо: «Андреа!» – то вы не проснетесь, если вас зовут не Андреа. Если вы хотите среди ночи бережно разбудить человека, то лучше всего это сделать, негромко произнеся его имя. Если вы привыкли называть свою жену сокровищем, то можете использовать и это нежное прозвище, ставшее таким же привычным, как имя.

То, что во сне в мозг могут проникать и даже влиять на память и другие звуки, было обнаружено в так называемых «исследованиях намекающих сигналов». Работает это так: при заучивании, например, иностранных слов каждому слову соответствует какой-то определенный, ничего не значащий звук (шум), который повторяется при каждом повторном предъявлении слова. Во время сна испытуемым в уши постоянно подавали непрерывный шум, чтобы сделать испытуемых нечувствительными к появлению других, неожиданно предъявляемых шумов. Иногда в этот постоянный шум вплетали шум, сочетавшийся с запоминанием определенных слов. Утром испытуемые не знали, что слышали во сне этот значимый шум. Но связанные с этими шумами слова усваивались лучше! Однако в целом как вспомогательное средство обучения этот метод не годится. Для того чтобы этот эффект наступил, воспоминание должно быть скорее слабым. Хорошо заученное слово консолидируется в любом случае. Кроме того, этот эффект может сместить акценты,

нарушая предпочтения в запоминании. Таким образом, этот способ не работает для улучшения запоминания «всего».

Тем не менее эти наблюдения помогают нам лучше понять, как именно происходит в мозге консолидация памяти. Самый лучший способ – это постоянное проигрывание в уме повторений подлежащих запоминанию сведений. На мышах было уже давно показано, что во сне клетки места разряжаются в той же последовательности, в какой они разряжались наяву, когда животное осваивало пути выхода из лабиринта. Такое повторение «последовательности разрядов» может протекать как в прямом порядке, так и в обратном, причем скорость следования таких повторяющихся разрядов выше, чем при реальном обучении наяву. Эти повторы разрядов наблюдают в фазу глубокого сна, а также в фазу сновидений. Роль сновидений при этом совершенно особая.

У человека различные фазы сна проявляются различной частотой активности головного мозга. Эту активность регистрируют с помощью ЭЭГ. Для регистрации на голову накладывают электроды электроэнцефалографа и регистрируют электрические волны, возникающие при активации различных участков мозга. Электрические разряды одного отдельно взятого нейрона слишком слабы, чтобы их можно было зарегистрировать, но синхронно разряжающиеся сети порождают, в силу суммации, более интенсивные сигналы, которые можно зарегистрировать снаружи. Строго говоря, эти волны являются не чем иным, как колебаниями электрического напряжения на крыше черепа. Если на трибунах футбольного поля запоет один болельщик, то мы его, скорее всего, просто не услышим. Но, когда запевают многие, их звучащие в унисон голоса становятся слышны даже за пределами стадиона. По тональности этого шума можно даже определить, интересная игра или скучная. Можно также точно определить момент, когда футболисты забивают гол. Приблизительно так работает и электроэнцефалография. Для исследования сна особенно важна

частота генерации волн – то есть их количество, возникающее на протяжении одной секунды.

Таким образом, методом ЭЭГ регистрируют электрические волны, возникающие в процессе активности головного мозга. В бодрствующем состоянии, когда мы думаем или решаем какую-либо задачу, эти волны следуют друг за другом с большой быстротой, с частотой, превышающей десять герц, то есть десять волн в секунду. В спокойном, расслабленном состоянии частота возникновения волн уменьшается до пяти-восьми герц. Во сне активность становится еще реже, достигая в фазе глубокого сна одного колебания в секунду. Исключение составляет фаза быстрых движений глаз (БДГ). Это фаза, во время которой мы в большинстве случаев видим сны. Фаза носит такое необычное название, потому что в ней глаза спящего совершают быстрые движения. В этой фазе деятельность мозга заметно активизируется.

Во сне воспоминания достигают сознания. Многие сновидения содержат элементы различных воспоминаний. Сновидения по большей части не имеют ничего общего с нашим подсознанием. Если сегодня вы едете в поезде, то вполне возможно, что ночью вам приснится поезд. С такой точки зрения сновидения могут многое сказать о личности человека и о пережитых им событиях. Для далеко идущих толкований сновидений нет никаких разумных оснований. Это подтверждается хотя бы тем фактом, что толкования одних и тех же сновидений отличаются невероятным разнообразием. Например, если вы решите поискать в Гугле связь между «системами сновидения» и «поездом», то найдете великое множество толкований от спешки (поезд движется с большой скоростью), основательности (тяжелый поезд не отрывается от земли) до радости от контактов (в поезде едет множество людей), и само это множество делает толкования сновидений подобием новогоднего гадания на кофейной гуще. Вполне возможно, что соединение и связывание элементов разных событий может играть роль в консолидации памяти, хотя для такого суждения у нас пока

нет никаких объективных оснований. Тем не менее такое предположение напрашивается само собой, и в психологии давно бытует мнение о том, что сновидения играют определенную и, вероятно, довольно важную роль в консолидации памяти.

В настоящее время, однако, большую роль в консолидации памяти отводят глубокому сну – во всяком случае, в консолидации эксплицитной памяти. Собственно говоря, люди видят сны и в этой фазе сна, но есть и более интересные наблюдения. К настоящему времени во многих исследованиях было показано, что сновидения не особенно важны для формирования декларативной памяти, так как консолидация происходит даже во время кратковременных эпизодов сна, в котором отсутствует фаза сновидений. Также и в сигналах, которые посылает нам головной мозг, есть некоторые особенности. Так, на фоне очень медленных волн, характерных для глубокого сна, то и дело появляются короткие всплески более частой активности, по форме напоминающие «веретена», которые так и называют сонными. Эти сонные веретена возникают в таламусе и коре большого мозга.

В расположенном в глубине мозга гиппокампе, напротив, имеют место быстрые осцилляторные колебания – это еще более быстрые волны, длительность которых составляет около 100 миллисекунд. Насчет этого тоже довольно давно известно, что эти колебания имеют отношение к консолидации памяти, так как такая консолидация тормозится при подавлении этой активности гиппокампа. Между тем удалось также показать, что эти колебания электрических полей связаны с повторными активациями гиппокампа. Каким образом связаны между собой все эти феномены, пока не вполне ясно. Согласно одной из общепринятых теорий, колебания электрической активности гиппокампа являются сигналами, направляемыми в кору большого мозга, где и происходит их консолидация. Эти сигналы влияют на медленные колебания, происходящие в коре, и ведут к повторению поступающей информации, то есть к разрядам расположенных там нервных

клеток. На фоне этих повторных разрядов происходит разрастание синапсов между нервными клетками, что и приводит к отложению информации в долговременной памяти. Веретена же являются сигналами, синхронизирующими активацию коры мозга с быстрыми осцилляциями гиппокампа. При этом осцилляции подвергаются модуляции со стороны медленных колебаний коры.

Все это звучит довольно сложно, и так оно и есть на самом деле. Когда исследователи лучше разберутся в том, что происходит в мозге во время сна и сновидений, то и объяснения станут намного проще. Прибегнув к довольно грубому сравнению, можно сказать, что из временного хранилища новых сведений, полученных в течение дня (гиппокампа), снятые с полки свежие воспоминания передаются курьеру, который относит их в конечное хранилище (кору большого мозга), где информация упорядоченно раскладывается по полочкам, для чего надо приготовить соответствующее место. На фоне доставки в течение короткого времени наблюдается всплеск активности, во время которой происходит оценка, сортировка и раскладывание информации. В эти моменты кора нечувствительна к внешним раздражителям, и эта восприимчивость восстанавливается лишь после угасания активности.

Смысл всех этих обменов сигналами, согласно сегодняшним представлениям, состоит в том, чтобы сохранять осмысленные воспоминания, то есть укреплять нужные для этого синапсы и отбрасывать ненужную информацию. Это последнее тоже является очень важным этапом консолидации памяти, ибо активировать и выращивать все без исключения синапсы – задача непосильная и дорогостоящая даже для такого могучего инструмента, как головной мозг. То, что энергия стоит очень дорого, каждый из нас знает по счетам, которые присылают нам электрические компании. Кроме того, мозг не резиновый, и емкость его ограничена. Поэтому обращаться с синапсами надо по возможности очень экономно. Согласно теории синаптического гомеостаза, сон, помимо всего

прочего, выполняет функцию уменьшения числа и активности синапсов. В дневное время мы непрерывно чему-то учимся. Вследствие этого возникают новые связи. Некоторые из них крепче других, потому что постоянно возобновляются или лучше и удачнее встраиваются в сеть. Другие связи слабы, потому что возникают случайно или не имеют большого значения. Согласно предложенной модели, во сне происходит недифференцированное ослабление новых синапсов. Слабейшие перестают функционировать, а сильнейшие «выживают».

То, что так происходит отнюдь не всегда, доказывается упомянутыми выше наблюдениями обмена информацией между различными областями мозга. Информация, которая по замкнутым сетям передается из гиппокампа в кору большого мозга, во сне скорее усиливается. Следующее предположение заключается в том, что эта передача осуществляется в стадию глубокого сна по большей части в первой половине ночи. В это время опустошается гиппокамп, и утром мы просыпаемся свежими, отдохнувшими и готовыми снова принимать новую дневную информацию. Гиппокамп в этой ситуации напоминает подростка в доме: грязное белье в корзине, посуда на кухне вымыта, учебники и тетрадки разложены по полкам и ящикам письменного стола. Такой подросток утром может доложить родителям: «Чего еще вы от меня хотите? Моя комната чисто убрана!»

Возможно, такая уборка происходит во время сновидений, которые люди, как правило, видят во второй половине ночи, в последние часы перед пробуждением. Кроме того, фаза сновидений важна для формирования других видов памяти, а именно для консолидации процедурной памяти, и в тех случаях, когда в этом большую роль играют эмоции. И то и другое является, по существу, процессами обучения, в которых гиппокамп отводится довольно скромная роль. Мало того, во сне, помимо того что происходят когнитивные процессы, имеют место сильные колебания уровней гормонов и других биологически активных веществ. Уровень этих

гормонов и активных соединений, а также их циклические изменения тоже очень важны для мозга. Недавно влюбившийся человек порой под влиянием сильного возбуждения чувств не спит ночами, а наутро не может ничего делать, воображая, что у него все валится из рук под влиянием гормонов любви, хотя на самом деле это всего лишь следствие недосыпания.

Хороший сон укрепляет память

Что мы можем делать во сне для того, чтобы укрепить память? Можно, например, заучивать иностранные слова во второй половине дня, поставив рядом с собой флакон с ароматической смесью, а затем взять этот флакон с собой в спальню, но это производит довольно слабый эффект. Он есть, но не стоит сильно на него рассчитывать. Возможно, стоит изобрести аппараты, способные связывать заучиваемые слова с определенными шумами, а затем с помощью этих аппаратов усилить способность к обучению во сне. Пока были созданы лишь опытные образцы, и существует опасность того, что такие шумы будут просто мешать людям спать. Это было бы весьма негативным последствием, ибо в нарушении сна не может быть ничего хорошего. То же самое относится и к алкоголю. Прием алкоголя на ночь нарушает сон и тормозит консолидацию памяти. Чаще всего соотношения фаз сна меняются под влиянием недосыпания, а надо учесть, что все фазы играют свои индивидуальные роли в процессах обучения. Некоторые снотворные средства усиливают выраженность определенных фаз сна, но нарушают другие его фазы и отрицательно влияют на протекание нормальных физиологических процессов сна в головном мозге. Самый лучший совет очень прост: сон должен быть крепким и достаточно продолжительным.

Пока неясно, какая глубина и продолжительность сна оптимальна для каждого отдельного человека. Нормальная длительность ночного сна у взрослых людей колеблется от пяти до девяти часов. Большое значение имеет и время суток. Существуют разные «хронотипы»: некоторые люди являются ранними пташками («жаворонками»). Такие люди охотно ложатся спать в девять вечера и просыпаются в пять утра. Другие, «совы», любят отходить ко сну около часа ночи и просыпаются в девять утра. Если «сова» ложится в девять вечера и спит привычные восемь часов, то положительная

эффективность ее сна снижается. Проведите над собой несложное наблюдение: в какое время вы ложитесь спать, находясь в отпуске и имея возможность свободно решать, когда именно вам стоит лечь спать? Это очень хороший показатель. Если в выходные дни вам требуется дополнительный сон, чтобы хорошо себя чувствовать, то это означает, что вы не высыпаетесь в течение рабочей недели.

Ритмы сна и бодрствования могут меняться у одного и того же человека в течение жизни. Дети и старики, как правило, просыпаются рано, а у подростков самый сладкий сон приходится в среднем на половину седьмого утра. Политики и некоторые учителя, пытающиеся привить подросткам дисциплину в этом отношении, на деле сильно вредят обучению. В выпускных классах было бы намного полезнее начинать учебный день не с первого, а с третьего урока. Правда, бургомистрам намного важнее утрясти расписание движения школьных автобусов, нежели заботиться о качестве обучения.

Тот, кто чувствует, что постоянно плохо спит и не высыпается, должен обратить на свой сон самое пристальное внимание. Сон очень важен для нашего душевного и телесного здоровья. Для того чтобы выяснить причину, стоит обратиться в лабораторию сна и пройти обследования, чтобы выявить возможные расстройства. Если же причина нарушения сна – храпящий рядом супруг, то отправьте в лабораторию сна его, и это не будет проявлением лишь вашего эгоизма, потому что сильный храп может быть симптомом заболевания, называемого сонным апноэ (при этом расстройстве во сне случаются остановки дыхания). Это заболевание может (к счастью, довольно редко) представлять угрозу для здоровья и жизни. Кроме того, спокойный ночной сон не повредит и вам.

Изменения в течение жизни

С возрастом качество и продолжительность сна, а также его содержание значительно меняются. Укорачивается период глубокого сна. Помимо этого, ослабевает память и уменьшается количество нейронов в головном мозге – причем в отсутствие явного заболевания. Правда, это сочетание изменения глубины сна, уменьшения числа нейронов в коре головного мозга и ухудшения памяти ничего не сообщает нам о причинах. О том, что корреляция ничего не говорит о причинности, мы узнали на уроках математики: то, что какие-то явления случаются совместно, не означает, что между ними непременно существует причинно-следственная связь. Зимой люди чаще болеют, а снеговики попадают на улицах чаще, чем летом, но это не значит, что мы заболеваем от вида снежных человечков. Мы часто слышим о массовых заблуждениях, обусловленных подобными ложными выводами. Иногда такие выводы бывают забавными, например зависимость снижения рождаемости от сокращения поголовья аистов в Германии, но подчас и опасными – например вывод о том, что компьютерные игры способствуют развитию жестокости у детей, на том основании, что у преступников изымают компьютеры с играми, связанными с насилием. При этом следовало бы, кроме того, проверить, не держат ли практически все подростки мужского пола такие игры в своих компьютерах^[4].

Точно так же при изучении мозга не всегда понятно, сочетаются ли результаты наблюдений случайным образом или между ними существует причинно-следственная связь. Как бы то ни было, наш мозг так же, как и память, изменяется и развивается на протяжении всей жизни.

До появления на свет

Мы не будем прибегать к пчелкам, цветочкам и опыту Адама и Евы, чтобы напомнить детали, касающиеся размножения и беременности. При желании всю исчерпывающую информацию по этому поводу можно легко найти в Гугле. Кроме того, в сети циркулирует множество образовательных видеороликов, которые я вам и рекомендую.

Наблюдать, с какого именно момента начинает функционировать и обучаться головной мозг плода, – очень интересное и увлекательное занятие. Уже через три недели после зачатия у плода начинают развиваться нервные клетки. В период от четвертой до шестой недели после зачатия из нервных клеток образуются три пузырька, из которых вскоре развиваются части ствола головного мозга и промежуточный мозг. В последующие недели образование нервных клеток продолжается. Эти клетки мигрируют к местам своего будущего постоянного пребывания. Уже на восемнадцатой неделе беременности становится различимой кора большого мозга с ее складчатой структурой. Когда отдельный нейрон достигает места своей постоянной локализации, он начинает тут же образовывать связи с другими нейронами. Таким образом формируется сеть. К тридцатой неделе беременности мозг приобретает способность слышать и ощущать вкус, а вскоре появляется и способность к зрению.

Таким образом, еще до рождения у плода появляются сновидения и развивается способность к формированию кратковременной памяти. Плод приучается распознавать голоса родителей. Если родители говорят на разных языках, то ребенок появляется на свет с мозгом, предрасположенным к усвоению нескольких языков. «Гениально! Значит, плод можно обучать языкам и математике уже в чреве матери!» В 1980-х годах нашлись американцы, которые всерьез восприняли эту шутку и разработали системы обучения

плодов с помощью прикрепленных к животу матери динамиков («прегафонов»). В настоящее время существует множество подобных предложений. С точки зрения науки о мозге эти начинания представляются все же сомнительными. Звуки громкостью выше 80 децибел воспринимаются в животе как слишком сильные и поэтому не поддаются обработке. Более вероятно, что такие динамики всего лишь нарушают очень важный для плода сон (а младенец в утробе матери спит двадцать часов в сутки). Какими бы заманчивыми ни казались перспективы, все же будущему Эйнштейну, прежде чем учить таблицу умножения, надо научиться как следует дышать и переваривать пищу.

К моменту рождения головной мозг новорожденного содержит столько же нервных клеток, что и мозг взрослого человека. Мозг новорожденного уже усвоил множество навыков, и ни в коем случае не является чистым листом. Эти нервные клетки пока еще не очень хорошо развиты, но уже расположены на своих местах. В течение последующей жизни образуется очень мало новых нервных клеток. Однако в мозге маленького ребенка довольно мало нервных связей, то есть связей между отдельными нейронами. Структуры мозга выражены пока не отчетливо, и ему предстоят годы поразительного развития.

Детство

После рождения происходит стремительное увеличение числа связей между нейронами. Мозг в это время занят исключительно ростом и обучением. У двухлетнего ребенка число синапсов достигает числа взрослого человека. К четырехлетнему возрасту число синапсов удваивается. Да, вы не ошиблись при чтении, и это не опечатка. Фактически у маленького ребенка имеет место избыток синапсов. Эти лишние синапсы разрушаются уже в детстве и юности. Мозг маленького ребенка в процессе обучения вынужден усваивать огромные объемы информации, но способность обрабатывать ее быстро и эффективно наступает позже. В начале жизни, однако, важно восприятие. Именно это делает мозг ребенка невероятно гибким. Мозг детей каменного века, в силу другого питания и наличия других шумов в окружающем мире, был, видимо, немного другим, нежели мозг современных детей, несмотря на то что генетически мозг древних и современных детей практически одинаков. Воспринимая исключительно большие объемы информации, обрушиваемые на него окружающим миром, мозг приспособляется к нему. Если бы ребенок каменного века переместился во времени и попал в двадцать первый век, то его мозг, ориентированный на восприятие тогдашних реалий, не смог бы сравняться с мозгом его новых сверстников. И наоборот, если бы сегодняшний ребенок, вооруженный айфоном, попал в каменный век, то, скорее всего, сразу бы угодил в пасть саблезубому тигру. За недостатком путешественников во времени я, правда, не могу доказать это утверждение.

И все-таки мы можем наблюдать культурные отличия на примере усвоения языков. Все дети мира способны овладеть любым его языком. У каждого из нас достаточно синапсов для того, чтобы в детстве мы могли идеально овладеть китайским языком, но мы не используем эти синапсы, и со временем они отмирают. Поэтому

маленькие дети могут в совершенстве овладеть двумя (или даже больше) языками, но начиная со среднего школьного возраста синапсы образуют окончательную сеть, фиксирующую владение только родным языком, и способность к усвоению других языков слабеет. Выучить новый язык становится трудно, и чем старше человек, тем труднее. Если ребенок китайского происхождения, воспитывавшийся в семье, говорящей исключительно по-немецки, попытается во взрослом состоянии выучить родной язык своих родителей, то столкнется с такими же трудностями, что и немецкий ребенок, рожденный говорящими по-немецки родителями. Мозг сохранит синапсы, ответственные за владение немецкой речью, но откажется от синапсов, отвечающих за умение говорить по-китайски. Принято считать, что для развития мозга в этот период очень важна помощь окружающих. Требуется стимулирующее окружение. Помощь и требования оказывают весьма положительное влияние. Неверен, однако, и противоположный вывод о том, что взрослый человек не в состоянии выучить иностранный язык или что человек, у которого было тяжелое детство, уже изначально лишен шансов на получение хорошего образования. Шансы, конечно, нуждаются в повышении, но их надо в любом случае использовать. Можно разучиться говорить даже на родном языке, если не пользоваться им, и ребенок, который благодаря хорошим условиям в раннем детстве не испытывает в школе проблем с речью, может впоследствии отстать из-за того, что перестанет работать над ее усовершенствованием.

До двухлетнего возраста в мозге происходит еще одно важное изменение: вспомогательные клетки окутывают нервные проводящие пути миелиновой оболочкой. В отличие от изоляции электрического кабеля, которая представляет собой непроницаемую оболочку, в миелиновом футляре есть отверстия. Именно эти отверстия позволяют достигать большой скорости проведения электрических импульсов по миелиновым нервным волокнам. Разрастанием миелина объясняется увеличение веса головного

мозга в этом возрасте. Помимо всего прочего, миелиновые оболочки улучшают запоминание и укрепляют долговременную память. Ребенок в этом возрасте уже способен в течение целого дня удерживать в голове полученную информацию. Однако настоящая долговременная память начинает формироваться только к возрасту трех-четырех лет.

Попытайтесь восстановить содержание своих самых ранних воспоминаний. У большинства людей это воспоминания, касающиеся возраста четырех лет. Вы уверены, что помните события, происшедшие с вами раньше? Постарайтесь представить эту сцену своим внутренним взором. Видите ли вы эту сцену своими глазами или вы сами являетесь участником события, на которого смотрите со стороны? Если верно последнее, то, скорее всего, эти ранние воспоминания в действительности являются воспоминанием о рассказах родителей об этом событии или о фотографиях, на которых вы видели его. Наши воспоминания о происшедших с нами событиях вообще очень скудны, приблизительно до десятилетнего возраста.

Развитие мозга заканчивается примерно к пятилетнему возрасту. Продолжается довольно медленное развитие лобной доли и отчасти затылочной доли коры большого мозга, что важно для дальнейшего развития речевых способностей и способностей к пространственному мышлению. В последующие годы число синапсов продолжает медленно уменьшаться, хотя, конечно, на этом фоне продолжается образование и новых синапсов. Однако скорость исчезновения намного превосходит скорость их новообразования. Поскольку происходит разрастание и укрепление установленных синапсов, а мозг продолжает одеваться в миелин, вес головного мозга остается сравнительно стабильным.

Пубертат

В момент вступления ребенка в пубертатный период развитие мозга в структурном отношении можно считать завершенным. Строительные работы продолжаются только в лобных долях. Вы еще помните о Финейсе Гейдже? Лобная область – это тот участок мозга, который чрезвычайно важен для разумного мышления и социально приемлемого поведения. Когда в организме резко и внезапно начинается половое созревание и такое же резкое изменение уровней гормонов, все это отнюдь не застает врасплох лимбическую систему – она уже готова к переменам. Фронтальная кора к этому времени тоже достигает вполне внушительных размеров, но остается незаконченной система синапсов, связывающих лобную кору с другими областями мозга. Начинается разрыв «пуповины», связывающей ребенка с родителями. Ребенок начинает оспаривать их решения и задумываться над собственными, но механизмы контроля решений еще не сформированы. Изменения гормонального статуса приводят к повышенной эмоциональности, то есть к быстрым перепадам настроения – от невероятного воодушевления до глубокой подавленности. Мысли замыкаются внутри лобной доли, а значит, все время вращаются вокруг собственного «я». Собственный имидж среди сверстников приобретает гипертрофированную важность, в то время как влияние своего поведения на других людей подросток обдумать и оценить не в состоянии. В результате контрольная система подростка в сомнительных случаях говорит: «Все нормально», когда взрослый только хватается за голову.

Поскольку именно в этот период способность к обучению – на фоне уже достаточно созревших областей мозга (если не считать лобных долей) – начинает снижаться, в этом возрасте обозначается склонность к психическим расстройствам и наркотической зависимости. Мозг учится быстро, а лекарственная зависимость, в

сущности, тоже развивается в результате обучения, и поэтому прием алкоголя и наркотиков в этом возрасте особенно опасен. На вопрос о том, зачем вообще нужна эта опасная фаза развития человека, ответить трудно.

С точки зрения эволюции лобные отделы мозга являются самыми недавними приобретениями и требуют времени для своего полного развития. Кроме того, большинство подростков спокойно переживают пубертат, сохраняя и в этот период высокую способность к обучению навыкам, которые нужны для взрослой жизни. Конечно, полностью развитый мозг нежелателен в пубертате, потому что в этой фазе подросток должен получить и усвоить еще массу информации в течение нескольких месяцев или, в лучшем случае, лет. Если в возрасте между тремя и четырьмя годами в наибольшей степени выражена способность к усвоению языка (именно поэтому маленькие дети на удивление легко овладевают языками), то у подростка в наибольшей степени выражена способность к обучению социальным навыкам и формированию когнитивных способностей. Метод проб и ошибок обеспечивает многообразие сенсорных входов, а значит, ускоряет и облегчает процесс обучения. В реальной жизни процесс созревания коры лобных долей заканчивается у женщин к двадцати годам, а у мужчин и того позже. Увы, после этого начинается постепенный, но необратимый упадок.

Зрелость

Да, это звучит не слишком приятно и даже, пожалуй, жестоко. Завершение развития – это, конечно, не то же самое, что завершение изменений. Мозг остается способным к массивным изменениям и поэтому сохраняет способность к обучению. Но, несмотря на это, мы вынуждены признать, что определенные способности начинают постепенно нам изменять. То же самое относится и к телу. Профессиональные спортсмены находятся на пике своей формы в возрасте между двадцатью и тридцатью годами. Исключения, конечно, существуют, но, например, в футбольной бундеслиге редко можно встретить игрока старше тридцати четырех лет, даже если ему удалось избежать тяжелых травм. В начале сезона 2015/16 года в Германии было шестнадцать таких игроков, и из них восемь вратарей. В других видах спорта, где опыт и точность играют большую роль, чем в футболе, например в гольфе, дартсе и бильярде, мы видим победителей среди людей и более старших возрастных категорий. Когнитивные способности достигают своего пика еще позже. Например, в шахматах на корону могут претендовать люди в возрасте далеко за сорок, как, например, Вишванатан Ананд из Индии, хотя надо сказать, что в 2013 году он уступил свое место молодому норвежцу Магнусу Карлсену, которому в то время было двадцать два.

В то же время мы видим, что в видах спорта, требующих активного мышления, все обстоит не так однозначно. Игроки в компьютерные игры в наше время зарабатывают миллионы. Тем не менее многие профи перестают выступать, едва им чуть-чуть переваливает за двадцать. Возможно, дело здесь в том, что ежегодно возникает великое множество новых компьютерных игр, или в том, что после двадцати до многих начинает доходить, что проводить по десять часов в день перед компьютерным монитором – не самый здоровый и осмысленный образ жизни. То же самое

происходит в Азии с настольной игрой го, с которой мы уже встречались, изучая нейронные сети. Лучшие игроки становились профессионалами уже в подростковом возрасте, и заканчивали карьеру до тридцати лет. В отличие от шахмат, в го мастерству не помогает заучивание большого количества чужих партий. В спортивных состязаниях по памяти в 2007 году победил сорокасемилетний Гюнтер Карстен. После него чемпионом мира стал тридцатипятилетний Иоганнес Маллов (2016 год), однако и он стал все чаще проигрывать двадцатилетним конкурентам.

В настоящее время ученые активно разрабатывают этот вопрос. В одном исследовании, выполненном в 2015 году под руководством Джошуа Хартсхорна и Лауры Джермин, были задействованы 50 тысяч человек, которые получали тестовые когнитивные задания. Результат: в заданиях на скорость обработки информации и в тех случаях, когда необходимо удержать в кратковременной памяти много нового, наилучших показателей добивались люди двадцатилетнего возраста или еще младше. При выполнении других заданий, предназначенных для испытания кратковременной памяти, в которых требовалось воспроизвести наизусть длинную последовательность чисел, наилучшие результаты, как и в исследованиях долговременной памяти, показывают люди в возрасте около тридцати лет. В этом возрасте мы показываем также наилучшие результаты при запоминании зрительных образов. Классические тесты на определение IQ состоят в основном из уже упомянутых тестов, и поэтому наилучшие результаты мы видим у людей в возрасте около двадцати пяти лет.

В любом случае показатель IQ коррелирует с возрастом. Индивидуальный IQ всегда остается одним и тем же. Тот, кто набирает в тестировании 100 баллов, набирает среднее значение IQ. Но это среднее значение не для всех людей, прошедших тестирование, а среднее значение в своей возрастной категории. Возраст наивысших достижений при таком тестировании соответствует результатам наблюдений работы мозга:

приблизительно с тридцатилетнего возраста начинает постепенно уменьшаться объем гиппокампа – в среднем у людей данной возрастной категории.

Становится ли память непременно хуже после тридцати лет? Никоим образом. При работе с заданиями на семантическую память – то есть на словарный запас и общие знания, а также с арифметическими задачами пик приходится на пятьдесят лет (и старше). В частности, мы не теряем свой словарный запас. Пока память остается здоровой, мы способны ее улучшать. В решении задач на распознавание эмоций (как, например, предложение определить настроение человека по фотографии его глаз) мы совершенствуемся до возраста пятидесяти лет и старше. Важен, однако, не только временной пункт наивысших достижений. Например, наилучшие результаты в решении задач на сохранность рабочей памяти показывают двадцатилетние испытуемые, но даже после того, как рубеж этого возраста пройден, рабочая память слабеет крайне медленно. Поэтому способность запоминать информацию у шестидесятилетних здоровых людей ненамного меньше, чем у двадцатилетних.

В испытаниях, призванных оценивать скорость обработки информации, снижение соответствующих способностей выявляется более отчетливо. На практике ученые исследуют представителей различных профессиональных групп. Например, авиадиспетчеры, как правило, рано выходят на пенсию. Их подготовка начинается в молодом возрасте, и обучение требует от участников курса большого умственного и психологического напряжения. Обучиться профессии авиадиспетчера в возрасте старше тридцати лет очень тяжело. В проведенных исследованиях, как и ожидалось, было показано, что более молодые подготовленные авиадиспетчеры лучше справляются с заданиями, где важна скорость принятия решений. В экстремальных ситуациях, когда на экране локатора появляется сразу множество движущихся объектов, молодые диспетчеры блестяще справляются с трудностями. Однако в

ситуациях, когда требуется решать задачи, в большей степени соответствующие реальности, эта разница (то есть преимущество молодых специалистов) несколько сглаживается и становится менее отчетливой. Диспетчеры со стажем активно используют свой опыт и, как правило, умеют прогнозировать возникновение критических ситуаций, а также лучше молодых коллег ориентируются в изображениях на экране, так как лучше умеют накладывать двухмерное изображение на реальное трехмерное пространство. При наблюдении за представителями других, более распространенных профессий было выявлено следующее: например, пожилой учитель не способен быстро запомнить имена всех своих учеников, но зато лучше, чем молодые учителя, использует свой опыт. Это не значит, что опытный учитель, как под копирку, использует наработанные за десятки лет навыки. Нет, это значит, что он может быстро определить, кто из учеников мешает классу учиться, кому из учеников нужна помощь и какое место в изучаемом материале может вызвать наибольшие затруднения у учащихся. Пожилому врачу, возможно, потребуется на пару минут больше времени, чем его молодому коллеге, чтобы ознакомиться со всеми, кто ожидает очереди на прием и осмотр, но зато опытный врач быстрее определит, кто действительно нуждается в неотложной помощи, а кто ночью вдруг решил, что его слишком долго донимает насморк. Таким образом, результаты обзорных исследований говорят о том, что работоспособность пожилых специалистов практически не уступает работоспособности их молодых коллег.

Пожилой возраст

Другими словами, когда мы говорим, что в старости память становится хуже, нам следует сделать одно необходимое уточнение. У многих как раз память становится лучше. То, что ухудшается (и это отчетливо бросается в глаза окружающим), так это скорость обучения. Но даже и здесь кривая снижается достаточно медленно. В одном из исследований изучали сравнительную способность молодых и пожилых испытуемых к быстрому запоминанию последовательности слов. Молодые испытуемые в течение нескольких минут запоминали последовательность из двадцати пяти слов. Пожилые испытуемые запоминали не более пятнадцати. После тренировки памяти пожилые испытуемые стали за то же время запоминать тридцать слов, то есть превзошли в этом отношении молодых. Но и это был не предел, так как пожилые люди при более интенсивной тренировке могли превзойти и его. Поскольку факты усваиваются по ассоциации, постольку люди в возрасте могут использовать для запоминания свой богатый жизненный опыт и знания. Сокровищница опыта – это на самом деле сокровищница, так как позволяет осуществлять в мозге множество полезных переключений. Тем не менее усвоение ни с чем не связанного материала, для которого очень важен гиппокамп, у пожилых людей страдает в первую очередь. Но если благодаря ассоциациям поступившая информация откладывается непосредственно в долговременную память, то ситуация не выглядит столь трагично.

В упомянутых выше исследованиях Хартсхорна и Джермин было показано, что в возрасте старше шестидесяти лет кривая результатов выполнения различных заданий резко идет вниз. Но ни в коем случае нельзя считать это правилом, не знающим исключений. Науке известны случаи стариков-суперменов, или, по-английски, *superagers*. Такие люди стареют очень медленно. Есть люди, которые в возрасте старше восьмидесяти, а то и девяноста лет

демонстрируют способности мозга, характерные для пятидесятилетних. То же самое касается памяти и мышления этих удивительных людей. Что было бы, сумей мы все стать «суперстариками»? Я уже слышу, как радуется господин Шойбле: «Повысим пенсионный возраст до девяноста лет!» Министру финансов Германии самому уже далеко за семьдесят, но он продолжает сохранять завидную работоспособность, если не считать распространенную «деменцию политиков», которые очень часто забывают о том, что предлагали буквально накануне.

К сожалению, не все рождены для того, чтобы становиться суперстариками, так как, согласно данным этого исследования, в такой особенности большую роль играют генетические факторы. Однако другие схожие исследования говорят о том, что биологические особенности человеческого мозга вполне позволяют долго сохранять хорошую память. В то же время существуют заболевания, которые приводят к необратимым и, самое главное, быстрым нарушениям памяти, и современная медицина ничего не может поделать с этим прискорбным положением. На первом месте среди таких заболеваний стоит болезнь Альцгеймера.

Большинство из нас преодолевает рубеж шестидесяти и даже семидесяти лет в относительно добром здравии, но, несмотря на это, наша память сильно слабеет. Однако надо подчеркнуть, что не все виды памяти страдают с возрастом в одинаковой мере. Практически не страдает наш словарный запас, мало страдает рабочая память, но хуже всего обстоит дело с эпизодической памятью. Новые эпизодические воспоминания с большим трудом передаются в долговременную память, знания об источниках этих воспоминаний часто утрачиваются – мы не в состоянии вспомнить, когда и где их приобрели. Сильно страдает с возрастом также и сенсорная память, самая короткая из всех видов памяти.

При этом в мозге происходят отчетливые структурные изменения. Число нервных клеток в сером веществе мозга, в первую очередь в гиппокампе и лобной коре больших полушарий, уменьшается в

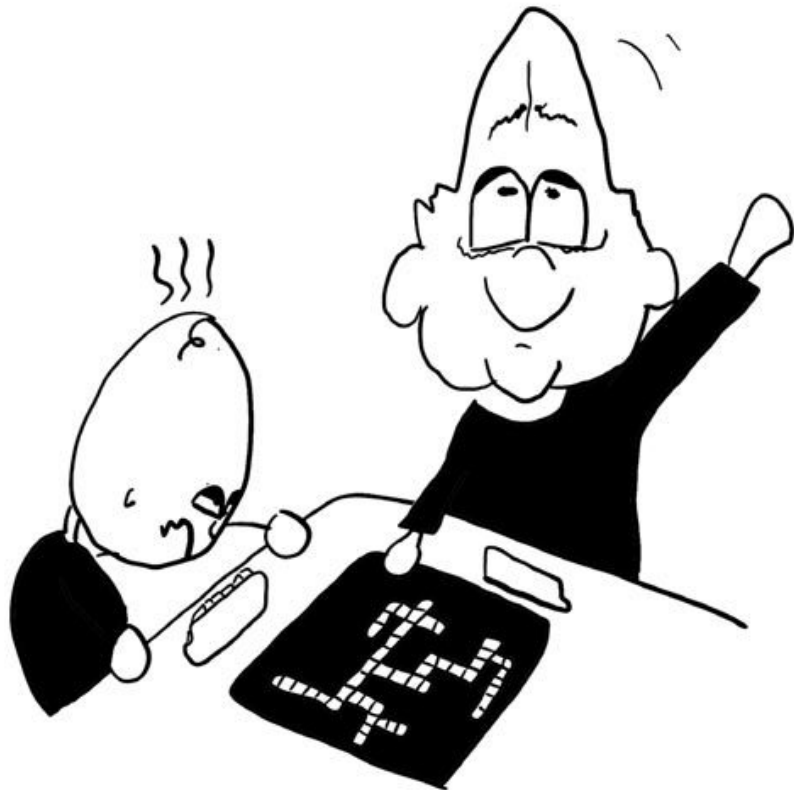
возрасте от тридцати до восьмидесяти лет более чем на 10 %^[5]. Уменьшается и объем белого вещества, то есть количество связей между нервными клетками, особенно в лобной области головного мозга. Большие изменения происходят и в деятельности нейротрансмиттеров, веществ, осуществляющих передачу сигналов в мозге, а значит, играющих огромную роль в процессах обучения. Например, это касается ацетилхолина, секреция которого сильно уменьшается в пожилом возрасте. Несомненно, важную роль играют также другие заболевания и расстройства. Если ваша бабушка хорошо запоминает прочитанное, но плохо – рассказанное, то в первую очередь надо обратиться к специалистам по подбору слуховых аппаратов, а не к светилу по болезни Альцгеймера. Тем не менее позднее, когда ограничение памяти начинает отрицательно сказываться на повседневной жизни, обращение к психиатрам и неврологам становится насущной необходимостью.

Какие условия влияют на то, чья память сохранится дольше? На эту тему тоже было проведено великое множество исследований, но результаты их нельзя считать однозначными. Многие ученые очень неохотно обращаются к этой теме. Если, например, докторант в возрасте двадцати пяти лет начинает изучать этот вопрос, выбрав за точку отсчета состояние мозга подростков, группу которых он начинает исследовать, то сколько лет будет ему самому, когда он, для сравнения, будет исследовать ту же группу спустя, скажем, тридцать лет? Сам ученый уже достигнет пенсионного возраста! Ну хорошо, некоторым докторантам требуется много лет для завершения работы, но такая длительность работы будет неприемлема для большинства ученых – кто захочет стать доктором в семьдесят с гаком лет?

К счастью, иногда на помощь приходит случай. Так, например, в конце 90-х шотландские ученые обнаружили в подвале своего института результаты испытаний на IQ, проведенных в 1932 и 1947 годах на нескольких тысячах одиннадцатилетних испытуемых. Задачей исследования было изыскание способов повышения IQ у

лиц одного года рождения. Помнится, что и мне не раз приходилось спускаться в архив института во время написания докторской диссертации. Мне самому не удалось найти там ничего столь же интересного и важного, но в правдивости сообщения шотландских коллег я уверен на сто процентов. Во всяком случае, ученые попытались разыскать людей, которым в ту пору (в 1932 и 1947 годах) было одиннадцать лет. Действительно, ученым удалось разыскать большинство этих людей и выяснить, что высокий IQ в детском возрасте проявлял положительную корреляцию с дожитием до преклонного возраста. Умные дети имеют больше шансов дожить до глубокой старости^[6].

Для этого между тем есть веские основания. Умные люди меньше курят и пьют^[7], что способствует долголетию. Они чаще становятся инженерами, а не автомеханиками. Конечно, умные люди иногда оказываются жертвами «выгорания», но тем не менее опасность несчастного случая гораздо выше у сборочного конвейера, а не в кабинете. В качестве следующего шага ученые предложили найденным людям снова пройти тест на IQ. Было бы лишним говорить о том, что не все из испытуемых были готовы получить доказательства того, что в одиннадцать лет они были более сообразительными, чем в старости. Однако ученым удалось уговорить на повторение тестирования несколько сотен человек. Выяснилось, что превосходным предиктором сохранности интеллекта в старости является интеллект в детстве. Интеллигентные дети с наибольшей вероятностью становились интеллигентными пенсионерами. Так стоит ли усердно работать над улучшением памяти? Несомненно, стоит.



С возрастом память начинает работать медленнее. В играх на быстрое запоминание выигрывает внук, но там, где требуется большой словарный запас, дедушка берет реванш

Было проведено множество исследований, в ходе которых ученые пытались решить вопрос о том, какие факторы благоприятствуют сохранению хорошей памяти в старости, а какие факторы, наоборот, ему мешают. По большей части эти исследования основаны на опросах. Например, в этом году будет проведен опрос шестидесятилетних относительно условий и обстоятельств их жизни, а затем, через десять, двадцать или больше лет, будет проведено исследование для выяснения того, сколько этих людей выжило и насколько сохранна их память. Этот метод исследования называют когортным. Результаты таких исследований часто оказываются неоднозначными. Для поправок выполняют обзорные исследования, в которых проводят обзор существующих работ, оценивают и сводят воедино их результаты. Таких исследований было проведено тоже много, даже, пожалуй, слишком много. Так много, что в 2010 году американские ученые провели обзорное исследование обзорных исследований. Результаты таковы: существует очень немного факторов, которые с большой долей вероятности оказывают негативное влияние на сохранность памяти. Благоприятно влияющих факторов оказалось, однако, и того меньше – всего два. К числу неблагоприятных факторов относятся курение, потребление алкоголя, сахарный диабет (часто в сочетании с ожирением), депрессия и действие определенного гена. Вместе с тем можно задаться простым вопросом: стоило ли публиковать обзор обзоров для того, чтобы прийти к таким очевидным выводам?

Но, по крайней мере, у нас теперь есть научно обоснованные мотивы беречь здоровье смолоду. В конце концов, мозг – это часть тела, и поэтому не вызывает никакого удивления тот факт, что

полезные для организма вещи окажутся полезными и для головного мозга. Старение, между прочим, – это тоже один из факторов риска многих заболеваний. Тот, кто ни в коем случае не желает заболеть болезнью Альцгеймера, должен умереть молодым. Правда, такое решение не выглядит особенно удачным. Поэтому давайте обратимся теперь к факторам, благоприятствующим сохранению хорошей памяти: умственной и физической активности.

Кстати, ни в одном исследовании не было убедительно подтверждено благоприятное влияние на память приема препаратов гинкго и таблетированных витаминов. Старики, выступающие в рекламах или перед концертами народной музыки, якобы поздоровевшие от приема биологически активных добавок, поздоровели либо благодаря эффекту плацебо, либо оттого, что продолжают выступать на сцене. Возможно, благоприятно сказываются и другие эффекты. Очень часто таких стариков можно видеть на теннисном корте или наблюдать, как они совершают дальние пешие прогулки или играют в гольф, рассуждая об эффективности принимаемых ими средств. И это очень помогает им, потому что телесная активность помогает поддерживать интеллектуальную и душевную работоспособность.

То же самое касается и умственных упражнений. Хорошо помогает целенаправленная тренировка памяти, но полезными могут оказаться и другие виды занятий, требующие душевного и умственного напряжения. Можно учить новый язык, овладевать игрой на новом музыкальном инструменте или играть с внуками в игры на запоминание. Люди, занимающиеся интенсивным интеллектуальным трудом, тоже долго сохраняют высокую умственную работоспособность и хорошую память. Этот феномен объясняют с помощью модели так называемого когнитивного резерва. Речь идет не о запасном водяном баке, из которого можно брать воду после того, как были опустошены все остальные резервуары, а о способности мозга в той или иной степени компенсировать ослабление умственной и психической

работоспособности. Собственно, с этой способностью мы уже сталкивались при обсуждении обучения: когда в мозге существует множество связей, то потеря части из них не является трагедией. Об этом не упоминается в обзорных исследованиях, но в других исследованиях было показано, что для сохранения памяти полезны обширные социальные контакты. Одиночество действует на память очень плохо, и поэтому надо как можно чаще встречаться с семьей и друзьями, надо иметь любовного партнера – это тоже стимулирует память. Конечно, все это лишь корреляции, и не всегда эти выводы оказываются справедливыми в каждом конкретном случае. Гельмут Шмидт прикуривал одну сигарету от другой, но прожил больше девяноста лет и до конца своих дней сохранил ясность ума и хорошую память. Другие же ведут здоровый образ жизни, но рано теряют память и уходят из жизни.

Заболевания головного мозга

Деменция и болезнь Альцгеймера

Эти состояния вызывают у многих страх. Крупнейшая больничная касса Германии регулярно проводит опросы, чтобы выяснить, каких болезней больше всего боятся немцы. В общей популяции на первом месте стоит рак. Заболевание онкологической болезнью вызывает у людей наибольший страх. На втором месте стоит болезнь Альцгеймера или деменция (слабоумие) иного происхождения. Среди людей в возрасте старше шестидесяти лет ситуация противоположная. На первом месте стоит страх стать слабоумным. Ничего другого, даже рака, старики в Германии не боятся больше деменции. Страх этот подогревается рассказами о деменции знаменитостей и угрожающими газетными заголовками. «Деменция – тикающий часовой механизм бомбы замедленного действия», «С каждым годом растет число жертв болезни Альцгеймера», и даже такие, казалось бы, успокаивающие заголовки, как «Болезнь Альцгеймера – не всегда катастрофа», оставляют в памяти только два слова: «Альцгеймер! Катастрофа!» В связи с этим многие относят фильм Тиля Швайгера «Мед в голове» к категории фильмов ужасов.

В последние годы такие солидные еженедельные журналы, как Stern, Spiegel и Focus, регулярно публикуют на первых страницах истории о деменции. Вероятно, издатели прекрасно отдают себе отчет в том, что большая часть их читателей относится к самой уязвимой целевой группе. Люди, у которых друзья, знакомые или родители страдают болезнью Альцгеймера, естественно, хотят оттянуть наступление этого заболевания у себя. Понятно, что вся эта шумиха в СМИ усиливает страх и увеличивает чьи-то доходы. В конце концов, ясно, что заболеваемость деменциями разного рода увеличивается, но нет и речи о какой-то ужасной эпидемии. Более того, статистика показывает, что в процентном отношении в Европе стало меньше больных с деменцией.

Я уже слышу возражения: «Постойте-ка, с этого места, пожалуйста, помедленнее. Как можно совместить увеличение заболеваемости и снижение процентной доли?..» Очень просто. Поскольку сегодня семидесятилетние являются более здоровыми, чем их ровесники всего несколько десятилетий назад, то и деменцией, в процентном отношении, они страдают реже. Одновременно резко увеличилась доля населения в возрасте 70 лет и старше. Согласно данным Германского общества болезни Альцгеймера, ею страдают пятнадцать человек из ста в возрасте от 80 до 84 лет. В Германии к этой возрастной категории относятся два миллиона человек. К 2050 году, согласно имеющимся прогнозам, таких людей будет уже около пяти миллионов. Можно ожидать, что только в этой возрастной категории число заболевших болезнью Альцгеймера возрастет с 300 тысяч до 750 тысяч. Риск заболевания каждого отдельного человека, принадлежащего к данной возрастной категории, считается неизменным и равняется одной седьмой (хотя и наблюдается некоторая тенденция к снижению риска). Раньше люди просто умирали, не доживая до деменции. Как бы парадоксально это ни звучало, но стремительный рост числа больных с деменцией является хорошим признаком! Мы становимся все старше и старше. Если кто-то на это скажет: «Но с этим же надо что-то делать!» – то надо надеяться, что он имеет в виду болезнь, а не страдающих ею людей – стариков, которых становится все больше и больше.

Болезнь Альцгеймера – это всего лишь одна форма деменции, хотя и самая частая. В Германии в возрастной категории от 70 до 74 лет болезнью Альцгеймера страдает 3,5 %, в возрасте от 75 до 79 лет – уже 7,5 %, от 80 до 84 лет – 15 %, в возрасте от 85 до 89 – каждый четвертый, а в возрастной категории старше 90 лет этой деменцией болеют 40 %, то есть почти каждый второй. При этом существует еще одна проблема: диагноз болезни Альцгеймера не всегда является достоверным. Во многих случаях деменция вызывается другими причинами и в какой-то степени поддается лечению. Для болезни Альцгеймера, напротив, не существует

эффективных методов лечения. Трудности диагностики приводят к тому, что некоторые пишут о большой «лжи Альцгеймера», объявляя эту болезнь вымышленной.

Естественно, это полный вздор. Выраженное ослабление памяти и необратимое течение заболевания (его прогрессирование можно лишь немного замедлить) убедительно показывают, насколько важна эта проблема. Несомненно, что в наше время часто под одним названием объединяют совершенно разные формы деменции. К сожалению, случается и так, что излечимую деменцию ошибочно диагностируют как болезнь Альцгеймера. Каждый пациент уникален, и его деменция может иметь свою неповторимую форму. Тем, чьим родственникам ставят диагноз болезни Альцгеймера, можно рекомендовать в случае сомнения обратиться за советом к другому врачу. Но болезнь Альцгеймера и обусловленная ею деменция, увы, абсолютно реальны.

Отчасти путаница с диагностикой обусловлена самим мозгом. Здесь надо указать на два кардинальных признака болезни Альцгеймера. Во-первых, в клетках мозга образуются вредоносные белковые нити. Они состоят из тау-протеина, важного строительного материала клеток, придающего прочность нейронам, но при заболевании этот белок становится дефектным, и нити разрушаются. Во-вторых, в мозге почти всех больных обнаруживаются так называемые сенильные бляшки. Это отложения определенных белков, которые синтезируются у каждого из нас, но в норме быстро разрушаются. При болезни Альцгеймера такого разрушения не происходит.

Одна из объясняющих теорий гласит, что эти отложения приводят к тому, что клетки мозга теряют способность полноценно общаться друг с другом и в конце концов отмирают. У пожилых людей с ранними проявлениями деменции эти отложения можно обнаружить с помощью позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ), и существует достоверная связь между наличием бляшек и высокой вероятностью развития в дальнейшем болезни Альцгеймера.

Проблема, однако, заключается в следующем: у каждого отдельно взятого пациента отсутствует прямая зависимость между количеством бляшек и выраженностью заболевания. Кроме того, на вскрытиях в мозге умерших стариков, не страдавших болезнью Альцгеймера, часто обнаруживают такие бляшки.

Возможно, правда, что в данных случаях болезнь просто не распознали. Против этого говорит одно исследование, проведенное с участием монахинь. Это был еще один счастливый случай, выпавший на долю ученых. В 1986 году шестьсот монахинь одного американского религиозного ордена, которым к тому времени перевалило за семьдесят пять лет, согласились до конца жизни проходить тестирование своих умственных способностей и дали разрешение на посмертное изучение своего головного мозга. Естественно, монахини вели единообразную жизнь в одинаковых условиях при одном и том же распорядке дня. Были исключены употребление наркотиков и половые контакты. Лучше, конечно, сказать, что они были почти исключены. Исследования подтвердили: духовные упражнения монахинь влияли на риск заболевания болезнью Альцгеймера. Уже на основании сложности и духовной насыщенности предшествующих пятидесяти лет их жизни можно было делать определенные умозаключения относительно степени риска болезни Альцгеймера в их пожилом возрасте. У тех монахинь, которые в конце концов заболели, на вскрытии, как и ожидалось, были обнаружены бляшки, и мало того, была выявлена положительная корреляция между количеством отложений и степенью выраженности деменции. Были, однако, и исключения: у некоторых монахинь, не страдавших нарушениями памяти, были обнаружены такие же бляшки, типичные для болезни Альцгеймера, и иногда довольно много.

Как в таком случае объяснить, почему они не заболели? Здесь в игру снова вступает когнитивный резерв. Этот резерв несколько не препятствует возникновению и отложению бляшек, но тормозит развитие клинической симптоматики. Когда мы простужаемся, нам

хорошо помогают таблетки от головной боли, которые, естественно, не устраняют причину болезни. Так как простуда за неделю-другую проходит сама, нас это не особенно беспокоит. Хороший когнитивный резерв тоже подавляет лишь симптомы. Мозг находит способы обходить пострадавшие клетки. При блокаде какого-то проводящего пути мозг находит другой, окольный путь. Этот механизм компенсации болезни Альцгеймера пока не доказан. Косвенным доказательством служит тот факт, что у высокообразованных людей болезнь Альцгеймера наступает позже, но, поздно начавшись, развивается очень быстро.

В этом исследовании был получен еще один результат: у монахинь, у которых в мозге были обнаружены следы даже легких и незаметно протекавших нарушений мозгового кровообращения, нарушения памяти были выражены сильнее, чем у монахинь, у которых имело место или только отложение бляшек, или только нарушение мозгового кровообращения. Кроме того, бляшки, возможно, являются причиной легких, локальных нарушений мозгового кровообращения, приводящих к появлению симптомов деменции. С этими результатами согласуются данные о том, что факторы риска деменции являются одновременно факторами риска нарушений мозгового кровообращения.

Амнезии

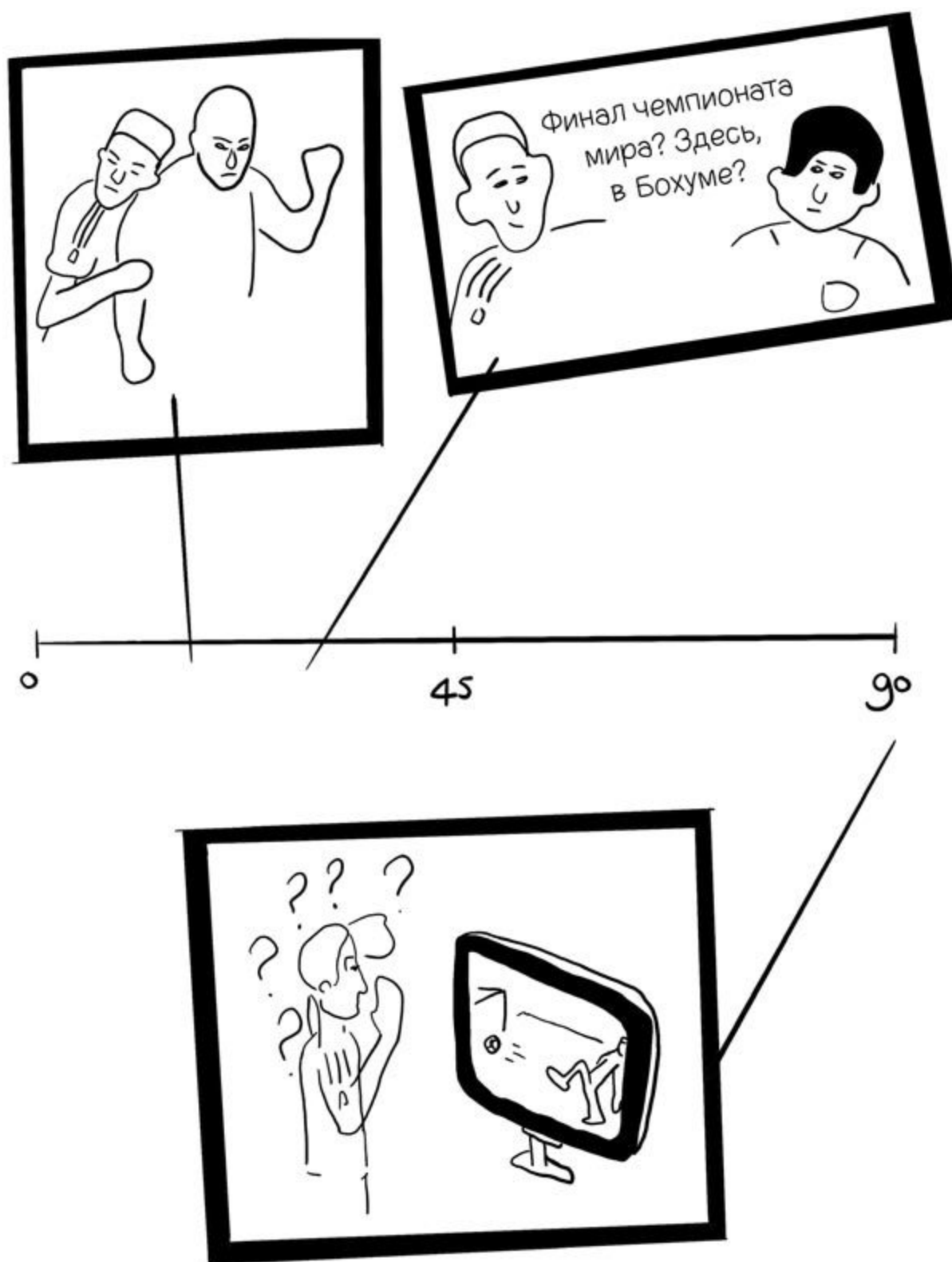
Понятием «амнезия» также обозначают различные нарушения памяти. Многим людям понятно, что деменция и амнезия – это совершенно разные вещи. Однако когда я спрашиваю об этом на семинарах или в общении со студентами, которые не изучают психологию, то ответы указывают на некоторую путаницу в представлениях. При упоминании амнезии многие сразу думают об ударе по голове, после которого полностью или частично пропадает память о предшествовавших событиях. Очень часто я слышу, что амнезия – это нечто временное и преходящее. Все это так, но отнюдь не всегда. У больного Х. М., которому удалили гиппокамп, была амнезия, а не деменция.

Верно следующее утверждение: деменция – это прогрессирующее заболевание, которое помимо памяти затрагивает и другие способности. По меньшей мере на длительный срок поражаются все системы памяти. Термин «деменция» пришел к нам из латинского языка и означает «ослабление разума, слабоумие». «Амнезия» же – слово греческое, и означает «беспамятство». Тем самым амнезия является одним из симптомов деменции, но в таком смысле термин «амнезия» не употребляется. Это верно, что у амнезии может быть конкретная причина. При чистой амнезии, в отличие от деменции, практически никогда не страдает кратковременная память. Вероятно, и вы, читатель, в какие-то моменты своей жизни переносили временную амнезию, например, переживали печально известный провал памяти после сильного алкогольного опьянения.

На первый взгляд, приблизительно так же выглядит и так называемая преходящая глобальная амнезия. Для тех, кто ее пережил, она становится неизгладимым впечатлением. При алкогольном провале памяти человек, как правило, очнувшись, дает себе клятву никогда больше не брать в рот ни капли спиртного. Однако такая решимость обычно продолжается недолго.

Преходящая глобальная амнезия лишает больного покоя намного сильнее, так как наступает без всяких видимых причин и может продолжаться от нескольких часов до одних суток. У больных возникает спутанность в мыслях, они начинают непрерывно спрашивать, где находятся, а иногда перестают понимать, кто они такие. При этом у них не страдает ни процедурная, ни кратковременная память. Нарушение обычно быстро проходит, оставляя после себя полный провал в памяти. Вероятная причина глобальной амнезии, как полагают, – преходящее нарушение кровообращения в гиппокампе. Несмотря на устрашающие симптомы, нет никаких указаний или доказательств, что единичный приступ такого рода приведет в будущем к стойким расстройствам памяти, деменции или ишемической болезни головного мозга. Тем не менее такому больному непременно надо пройти основательное медицинское обследование.

В фильмах и романах чаще всего показывают и описывают самый распространенный тип амнезии, который знаком всем и каждому, – ретроградную амнезию, неспособность вспомнить о событиях, которые в течение некоторого времени предшествовали травме, например при дорожно-транспортном происшествии, когда пострадавший не может вспомнить, что происходило во время аварии. Иногда период ретроградной амнезии может охватить целые сутки. Если же пострадавший забывает о том, что происходило после «удара по голове», то говорят об антероградной амнезии. После ударов по голове, сопровождающихся потерей сознания и сотрясением головного мозга, у больного возникает как ретроградная, так и антероградная амнезия.



Футболист Кристоф Крамер в финальном матче чемпионата мира получил сильный удар по голове, после чего у спортсмена развилась конградная амнезия. Он забыл события, происшедшие незадолго до травмы и вскоре после нее. Только из телевизора он узнал, что

тоже участвовал в том матче

Такую амнезию перенес Кристоф Крамер, игрок сборной Германии по футболу, единственный человек на Земле, который не помнил о том, что стал чемпионом мира. В финале чемпионата мира 2014 года его, совершенно неожиданно для многих, выпустили на поле. На семнадцатой минуте он получил удар локтем по голове, упал, потерял сознание, но потом поднялся и продолжил играть. Однако, когда он несколько минут спустя несколько раз спросил у судьи, что это за игра, получив ответ, что это финальный матч чемпионата мира, стало ясно, что удар по голове не прошел для игрока даром. Несколько недель спустя Крамер заявил, что не помнит ни одно из событий того матча, и только из видеозаписей знает, что принимал в нем участие. В таких случаях говорят о конградской амнезии, когда амнезия охватывает некоторый промежуток времени до и после травмы, но все, что происходило до и после этого промежутка, превосходно сохраняется в памяти. Но никакой надежды у господина Крамера нет: воспоминания о том дне никогда не восстановятся. При ударе были нарушены связи между клетками и, таким образом, отсутствовало само формирование памяти.

Длительная или пожизненная амнезия – событие поистине трагическое, ибо в этих случаях речь идет о необратимых поражениях мозга. Примером такой драматической антероградной амнезии явился случай больного Х. М., у которого такая амнезия развилась после двухстороннего удаления гиппокампа. Правда, для него течение болезни облегчалось тем, что он всякий раз забывал о том, что все забывает.

К тому же кратковременная и процедурная память продолжали функционировать нормально. Однако жизнь Х. М. навсегда

перестала быть нормальной, так как он был не в состоянии ничего надолго запомнить, не мог ни с кем познакомиться и т. д.

Ретроградная амнезия требует еще большего внимания, потому что время от времени обнаруживаются люди, которые (якобы) не могут вспомнить, кто они такие. Я пишу «якобы» потому, что на радио и телевидении случаев такой амнезии намного больше, чем в реальной жизни, и эти «реальные» случаи вдохновляют многих сценаристов. Это касается, например, облетевшего весь мир рассказа о «пианисте», молодом человеке, обнаруженном на побережье Англии. Этот человек был не в состоянии произнести ни слова, и только непрерывно рисовал фортепиано. Когда его усадили за инструмент, он мастерски заиграл, и начались лихорадочные попытки выяснить, кем был этот таинственный человек. Спустя несколько месяцев он наконец нарушил молчание. Оказалось, что его имя – Андреас Грассль, он пытался утопиться в море, а потом передумал и решил разыграть амнезию. Провалом памяти он не страдал, но наверняка болел тяжелым психозом.

То же самое можно сказать о «лесном мальчике» Рее, который был обнаружен в Берлине. Он утверждал, что много лет один жил в лесу, но при этом сообщил очень мало данных о подробностях своего жития, и врачи заподозрили у него нарушение памяти. Бывшая подруга этого парня опознала его во время одной из телепередач, после чего Рей признался, что от начала до конца придумал всю историю, и сразу обрел великолепную память. Несколько по-иному все было в случае человека, называвшего себя Бенджамином Кайлом, человека, привлечшего к себе внимание всей Америки. Он всплыл в 2004 году в возрасте около пятидесяти шести лет, утверждая, что не знает ни своего имени, ни истории своей жизни. Он, однако, запоминал новую информацию, да и в других отношениях казалось, что его психика совершенно нормальна. Такую амнезию называют диссоциативной. Причиной этой амнезии может быть не только травма, но и другие психиатрические заболевания, например шизофрения. Кайл утверждал, что знает дату

своего рождения, а также, хотя и довольно смутно, припоминал некоторые подробности о местах своего прежнего проживания. Под гипнозом он якобы довольно живо припоминал конкретные сцены из разных периодов своей жизни. Эти рассказы транслировали по телевидению на всю страну и пытались привязать рассказы Кайла к каким-то конкретным местам, населенным пунктам и моментам времени.

О трагедии 11 сентября 2001 года он знал, хотя ему было неведомо, кто в то время был президентом. Несмотря на неоднократные показы этого человека по телевидению, опознать его не удавалось. В этом случае у многих специалистов тоже были сомнения в правдивости всей истории, ибо, когда интерес к нему снизился, он заявил, что хочет продать свою историю в качестве сценария фильма. Он не знал, кто он такой, и поэтому не мог претендовать на банковские счета или на пенсию. У него не было никакой собственности, и поэтому он уцепился за телевизионные гонорары. Только в 2015 году генетикам удалось, сравнивая ДНК Кайла с образцами банка ДНК, установить его личность и настоящее имя. Ради обеспечения безопасности Кайла его настоящее имя и биографические сведения пока не разглашаются, но, возможно, когда-нибудь мы узнаем больше, и тогда ученые смогут приоткрыть тайну Бенджамина Кайла. Или это все же было сплошное притворство в духе голливудских триллеров?

Обратный кадр: взгляд в прошлое

Есть и другие заболевания, имеющие прямое отношение к памяти. К таким заболеваниям, например, относят посттравматическое стрессовое расстройство. Риск заболеть этим синдромом подвержены люди, пережившие большое несчастье, войну или изнасилование. Главный симптом синдрома – непроизвольные рецидивирующие воспоминания (англ. flashback). Под этим термином понимают внезапно возникающие, интенсивные воспоминания о травмирующем событии. Эти воспоминания могут быть настолько сильными и яркими, что человек подчас бывает уверен в реальности такого воспоминания и при этом переживает те же эмоции, что и в момент травмы. В большинстве случаев имеют место запускающие воспоминания стимулы – например, визг тормозов, звук захлопнутой двери или похожий голос.

Модели деятельности мозга позволяют объяснить такие непроизвольные воспоминания. Исследования с демонстрацией испытуемым различных изображений показывают, что области мозга, отвечающие за вызывание воспоминаний, играют большую роль и при непроизвольных рецидивирующих воспоминаниях. Объяснение таково: когда разряжаются нейроны, распознающие, например, визг тормозов, они (эти нейроны) передают свой сигнал дальше по выходящим из них проводящим путям. Травмирующее переживание настолько тесно привязывает эти нейроны к нейронам, отвечающим за возникновение паники и порождение сильных эмоций, что даже легкого раздражения бывает достаточно, чтобы эти импульсы распространились по сети этих последних нейронов и вызвали ощущения, пережитые в момент травмы.

Адекватная психотерапия заключается в том, чтобы больной под присмотром врача думал о пережитой травме. Эти мысли приводят к сильной эмоциональной реакции, которую психотерапевт должен упорядочить и таким образом уменьшить ее стрессовое воздействие

на пациента. Таким способом мозг учится заново выстраивать защитные барьеры. При этом устранение самих воспоминаний невозможно. Отвечающие за их возникновение нейронные сети очень устойчивы, и единственное, что может сделать врач, – это уменьшить реакцию на их возбуждение. Помочь может ослабление переживания задолго до развития развернутой картины посттравматического стрессового расстройства. Так, есть указания на то, что у американских солдат ПТСР развивается достаточно часто, потому что они практически сразу после переживания травмирующей ситуации попадают в руки медиков, которым живо рассказывают о травмирующей ситуации, а потом засыпают, то есть консолидируют воспоминание в памяти. У немецких солдат все происходит по-другому. Согласно их рассказам, они предпочитают реагировать на стрессовые ситуации по-иному – пьют с товарищами много шнапса, а потом засыпают, не думая больше о пережитом страхе, а это ослабляет консолидацию и отложение страшных эпизодов в долговременную память, соответственно снижая и вероятность заболевания посттравматическим стрессовым расстройством.

Читайте продолжение во 2 части книги.

Важнейшие источники

Видео, которое стоит посмотреть

Все ссылки доступны на www.boriskonrad.de/animk

TED Talk: Elizabeth Loftus, «The fiction of memory».

TED Talk: Ken Robinson, «Do Schools Kill Creativity?».

TEDx Talk: Kasper Bormans, «Alzheimer and memory palaces», at TEDx Leuven.

TEDx Talk: Boris Nikolai Konrad, «The mind and methods of a Memory Champion», at TEDx Strijp.

NatureVideo: «Inside Deep Mind, Google's Artificial Intelligence Team».

Smart Every Day, Destin Sandlin: The Backwards Brain Bicycle.

Литература

Специальная

Beck H. (2013). *Biologie des Geistesblitzes – Speed up your mind!* Berlin: Springer.

Ericsson A. (2016). *Peak: Secrets from the New Science of Expertise.* N. Y.: Houghton Mifflin Harcourt.

Foer J. (2012). *Moonwalking with Einstein: The Art and Science of Remembering Everything.* N. Y.: Penguin Press.

Kahneman D. (2014). *Schnelles Denken, langsames Denken.* Übers. Th. Schmidt. München: Siedler Verlag.

Konrad B. N. (2013). *Superhirn – Gedächtnistraining mit einem Weltmeister.* Wien: Goldegg Verlag.

Korte M. (2012). *Jung im Kopf. Erstaunliche Einsichten der Gehirnforschung in das Älterwerden.* München: DVA.

Lefrancois G. R. & Leppmann P. K. (2006). *Psychologie des Lernens* (4. Auflage). Berlin: Springer.

Medina J. (2014). *Brain Rules for Baby, Updated and Expanded: How to Raise a Smart and Happy Child from Zero to Five.* Seattle: Pear Press.

Siegel D. J. (1999). *The Developing Mind* (Vol. 296). N. Y.: Guilford Press.

Small G. & Vorgan G. (2009). *iBrain: Surviving the Technological Alteration of the Modern Mind.* N. Y.: Harper.

Spitzer M. (2007). *Lernen: Gehirnforschung und die Schule des Lebens.* München: Spektrum Akademischer Verlag.

Spitzer M. (2012). *Digitale Demenz: Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen.* München: Droemer.

Waitzkin J. (2008). *The Art of Learning: An Inner Journey to Optimal Performance.* N. Y.: Free Press.

Worthen J. B. & Hunt R. R. (2011). *Mnemonology: Mnemonics for the 21st Century.* Abingdon, Oxon: Psychology Press.

Научная

1. Что такое память?

Baddeley A. (1992). Working memory. *Science* 255 (5044), 556–559.

Conway M. A. & Pleydell-Pearce C. W. (2000). The construction of autobiographical memories in the self-memory system. *Psychological Review* 107 (2), 261.

Ingalhalikar M., Smith A., Parker D., Satterthwaite T. D., Elliott M. A., Ruparel K. & Verma R. (2014). Sex differences in the structural connectome of the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (2), 823–828.

Miller G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 63 (2), 81.

Parker E. S., Cahill L. & McGaugh J. L. (2006). A case of unusual autobiographical remembering. *Neurocase* 12 (1), 35–49.

Tulving E. (1972). Episodic and semantic memory 1. In: *Tulving E. & Donaldson W.* (Ed.).

Organization of Memory. London: Academic, 38 02.

2. Есть ли в мозге «жесткий диск»?

Blakemore S.J. & Choudhury S. (2006). Development of the adolescent brain: Implications for executive function and social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 47 (3–4), 296–312.

Greicius M. D., Supekar K., Menon V. & Dougherty R. F. (2009). Resting-state functional connectivity reflects structural connectivity in the default mode network. *Cerebral Cortex* 19 (1), 72–78.

Hackman D. A. & Farah M. J. (2009). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in Cognitive Sciences* 13 (2), 65–73.

Harrison T. M., Weintraub S., Mesulam M. M. & Rogalski E. (2012). Superior memory and higher cortical volumes in unusually successful cognitive aging. Journal of the International Neuropsychological Society 18 (06), 1081–1085.

Hartshorne J. K. & Germine L. T. (2015). When does cognitive functioning peak? The asynchronous rise and fall of different cognitive abilities across the life span. Psychological Science 0956797614567339.

Hodson J. D. & Strandfeldt F. M. (1988). U. S. Patent N° D297, 234. Washington, DC: U. S. Patent and Trademark Office.

Konrad B. N. (2014). Characteristics and neuronal correlates of superior memory performance. Diss., Ludwig-Maximilians-Universität München.

Kramer A. F., Erickson K. I. & Colcombe S. J. (2006). Exercise, cognition, and the aging brain. Journal of Applied Physiology 101 (4), 1237–1242.

Lafuente M. J., Grifol R., Segarra J., Soriano J., Gorba M. A. & Montesinos A. (1997). Effects of the Firststart method of prenatal stimulation on psychomotor development: The first six months. Pre- and Peri-Natal Psychology Journal 11 (3), 151.

Lashley K. S. (1950). In search of the engram. Society of Experimental Biology Symposium IV, 454–482.

Markram H., Muller E., Ramaswamy S., Reimann M. W., Abdellah M., Sanchez C. A. ... & Kahou G. A. A. (2015). Reconstruction and simulation of neocortical microcircuitry. Cell 163 (2), 456–492.

Montague P. R., Hyman S. E. & Cohen J. D. (2004). Computational roles for dopamine in behavioural control. Nature 431 (7010), 760–767.

Nunes A. & Kramer A. F. (2009). Experience-based mitigation of age-related performance declines: Evidence from air traffic control. Journal of Experimental Psychology: Applied 15 (1), 12.

O'Connor C., Rees G. & Joffe H. (2012). Neuroscience in the public sphere. Neuron 74 (2), 220–226.

Paus T., Zijdenbos A., Worsley K., Collins D. L., Blumenthal J., Giedd J. N. ... Evans A. C. (1999). Structural maturation of neural pathways in children

and adolescents: In vivo study. *Science* 283 (5409), 1908–1911.

Penfield W. & Jasper H. (1954). *Epilepsy and the Functional Anatomy of the Human Brain*. Oxford: Little, Brown & Co.

Pujol J., Vendrell P., Junqué C., Martí – Vilalta J. L. & Capdevila A. (1993). When does human brain development end? Evidence of corpus callosum growth up to adulthood. *Annals of Neurology* 34 (1), 71–75.

Quiroga R. Q., Reddy L., Kreiman G., Koch C. & Fried I. (2005). Invariant visual representation by single neurons in the human brain. *Nature* 435 (7045), 1102–1107.

Rakic P. (2006). No more cortical neurons for you. *Science* 313 (5789), 928 f.

Raichle M. E., MacLeod A. M., Snyder A. Z., Powers W. J., Gusnard D. A. & Shulman G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 (2), 676–682.

Ramon M., Mielle S., Dzieciol A. M., Konrad B. N., Dresler M. & Caldara R. (2016). Super-memorizers are not super-recognizers. *PLOS One*, 11 (3).

Sherwood C. C., Gordon A. D., Allen J. S., Phillips K. A., Erwin J. M., Hof P. R. & Hopkins W. D. (2011). Aging of the cerebral cortex differs between humans and chimpanzees. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (32), 13029–13034.

Silver D., Huang A., Maddison C. J., Guez A., Sifre L., Van Den Driessche G. ... & Dieleman S. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature* 529 (7587), 484–489.

Snowdon D. A., Greiner L. H., Mortimer J. A., Riley K. P., Greiner P. A. & Markesbery W. R. (1997). Brain infarction and the clinical expression of Alzheimer disease: The Nun Study. *Jama* 277 (10), 813–817.

Stern Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society* 8 (03), 448–460.

Van Essen D. C., Smith S. M., Barch D. M., Behrens T. E., Yacoub E., Ugurbil K. & WU-Minn HCP Consortium (2013). The WU-Minn human connectome project: An overview. *Neuroimage* 80, 62–79.

Whalley L. J. & Deary I. J. (2001). Longitudinal cohort study of childhood IQ and survival up to age 76. British Medical Journal 322 (7290), 819.

Williams J. W., Plassman B. L., Burke J., Holsinger T. & Benjamin S. (2010). Preventing Alzheimer's disease and cognitive decline. Evidence Report/Technology Assessment Nº 193. Rockville MD: Agency for Healthcare Research and Quality.

Примечания

1

На рус. яз. выходила под названием: Антимозг: цифровые технологии и мозг. М.: АСТ, 2014.

[Вернуться](#)

2

От *англ.* stack – укладывать в стопку.

[Вернуться](#)

3

«Я же это видел!» (*англ.*)

[Вернуться](#)

4

Наблюдения за аистами стали основным содержанием особого сайта www.storchenproblem.de, а в документальном фильме «Боулинг для Колумбины» обыгрывается тот факт, что злоумышленники перед совершением злодеяния в школе Колумбайн все вместе ходили играть в боулинг, однако, в отличие от авторов фильма, которые подобрали для иллюстрации довольно зловещую музыку, средства массовой информации не стали педальировать упоминание о боулинге.

[Вернуться](#)

5

Таков результат одного добросовестного исследования, проведенного в 2011 году в США Четом Шервудом и его коллегами. В других исследованиях были получены несколько отличающиеся процентные значения, но тенденция прослеживается очень отчетливо.

[Вернуться](#)

6

В группе девочек лиц, доживших до 77 лет, было в два раза больше в четверти испытуемых с лучшими показателями IQ, чем в четверти с самыми низкими показателями. У мальчиков эта разница несколько меньше, но в этом, вероятно, сыграла свою роль Вторая мировая война.

[Вернуться](#)

7

У лиц, родившихся в 1921 году, уровень IQ не оказывал влияния на решение начать курить, так как в то время не были известны связанные с курением опасности для здоровья. Тем не менее уровень IQ оказывал значительное влияние на решение отказаться от курения.

[Вернуться](#)

Читайте продолжение во 2 части книги.