Окей, мозг, где я? Как работает наша внутренняя система навигации, зачем нужны воспоминания и почему иногда они стираются

Автор:
Унни Эйкесет

Окей, мозг, где я? Как работает наша внутренняя система навигации, зачем нужны воспоминания и почему иногда они стираются

Унни Эйкесет

Открытия века: новейшие исследования человеческого организма во благо здоровья

Задумывались ли вы, откуда ваш мозг знает, где вы находитесь? Почему ваши воспоминания связаны с местами? На эти и многие другие вопросы даны ответы в этой книге.

Это история сенсационного открытия нейронов, которые помогают нам как внутренняя система GPS. Книга перенесет вас в лабораторию ученых Мей-Бритт и Эдварда Мозера и позволит познакомиться с работой многих исследователей, которые показали, как определенные невероятные клетки помогают крысам и людям найти свой путь. Это увлекательное научное достижение, которое произвело революцию в нашем понимании мозга и принесло ученым Нобелевскую премию по медицине и физиологии.

В формате PDF A4 сохранён издательский дизайн.

Унни Эйкесет

Окей, мозг, где я? Как работает наша внутренняя система навигации, зачем нужны воспоминания и почему иногда они стираются

Посвящается Тормуду

Author: Unni Eikeseth

Jakten p? stedsansen. Hvordan May-Britt og Edvard Moser l?ste en av vitenskapens store g?ter

Copyright 2018 Jakten p? stedsansen. Hvordan May-Britt og Edvard Moser l?ste en av vitenskapens store g?ter. Vigmostad & Bj?rke

Published by permission of Winje Agency A/S, Skiensgate 12, 3912 Porsgrunn, Norway

В оформлении обложки использована иллюстрация: Jorm S / Shutterstock.com

Используется по лицензии от Shutterstock.com

© Воробьева Е., перевод, 2020

© ООО «Издательство «Эксмо», 2021

«Удивительное искусство»

Сплошная, бесконечная белизна. Лейтенант российской армии Фердинанд Врангель и участники его экспедиции испытывали сильную резь и жжение в глазах из-за яркого света, отражавшегося от припорошенного снегом льда, сковавшего море. Стоял апрель 1821 года. Чуть больше недели назад экспедиция покинула материк и устремилась на север по замерзшему морю.

Караван состоял из 22 нарт, в которые было запряжено в общей сложности 240 собак. В первые дни еще виднелись Барановы Камни на берегу, но постепенно они сравнялись с линией горизонта, и после этого мир вокруг экспедиционной группы превратился в бесконечную ледяную плоскость, нарушаемую лишь полыньями и торосами (обломками льда).

Врангель руководил одной из двух экспедиций в Сибирь, направленных императором Александром Павловичем для заполнения белых пятен на карте к северу от Российской империи. В задачи экспедиции входило составление подробных карт северо-восточного побережья Сибири. Кроме того, они должны были узнать, действительно ли к северу от Сибири в арктических водах есть неоткрытые земли, как утверждали некоторые другие путешественники.

Для Врангеля и его спутников умение ориентироваться на местности и отыскать дорогу назад через замерзшее море, не имея практически никаких навигационных ориентиров, было вопросом жизни и смерти.

Поскольку полыньи и крупные торосы то и дело заставляли экспедицию сходить с намеченного маршрута, Врангелю постоянно приходилось прокладывать новый курс. Помогали ему в этом передовые навигационные приборы того времени: два хронометра, позволявшие более или менее точно узнавать время, а также один секундомер, один секстант, один искусственный горизонт, три азимутных компаса, два телескопа и одна измерительная лента. Каждый день в конце перехода Врангель сопоставлял показания всех приборов, чтобы рассчитать точное положение экспедиционной группы. Удивительно было другое: многие из его спутников гораздо лучше него знали, где они находятся после целого дня пути по льду, причем без всяких навигационных приборов. Им словно помогало «удивительное искусство сохранять и помнить данный курс», писал лейтенант в своих заметках.

Особенно поразил Врангеля опытный проводник и нартовщик, казацкий сотник Татаринов:

«Среди самых спутанных гряд торосов, объезжая огромные горы, сворачивая то направо, то налево, он всегда так располагал дорогой, что изгибы взаимно уничтожались, и каким-то инстинктом находил он всегда настоящий курс. С моей стороны, я следовал по компасу за извилинами дороги, и не помню случая, когда мне нужно было поправлять моего нартовщика. Расстояния одного места от другого считали мы прямыми линиями и поверяли обсервационными

широтами»[1 - В оригинале цитата взята из кн. Von Wrangel, F. & Sabine, E. (red.) (1844). Narrative of an Expedition to the Polar Sea, in the Years 1820, 1821, 1822 & 1823. London: James Madden & Co, p. 40. и переведена на норвежский язык автором. В русском переводе цитата взята из кн. «Путешествие по северным берегам Сибири и по ледовитому морю, совершенное в 1820, 1821, 1823 и 1824 гг., экспедицией, состоявшей под начальством флота лейтенанта Фердинанда Фон-Врангеля. Часть вторая». Санкт-Петербург, Типография А. Бородина и К°, 1841, с. 23, орфография нормализована переводчиком.].

Оказавшись в ловушке тающих льдов и стремительно увеличивающихся полыней, экспедиция Врангеля вынуждена была повернуть назад к материку. Они не нашли к северу от Сибири большой суши, но обнаружили несколько островов и заполнили белые пятна на карте. Пару десятилетий спустя рассказ о полном тягот и невзгод путешествии Врангеля вышел на английском языке и попался на глаза знаменитому автору теории эволюции Чарльзу Дарвину. Тот обратил внимание на упоминание о невероятном топографическом чутье нартовщиков и задумался, как такое вообще возможно.

Дарвин и сам участвовал в большой экспедиции на судне «Бигль» в 1831–1836 годах. Он прекрасно понимал, как трудно следить за курсом в условиях, сопровождавших вылазку Врангеля по льду. Ни компаса, ни Полярной звезды было недостаточно, чтобы определить свое положение в открытом море, когда приходится постоянно менять курс. Должно быть, нартовщики руководствовались некими подсознательными вычислениями скорости, направления и времени. Впрочем, Дарвин не считал, что у нартовщиков было какое-то особое качество, отсутствующее у других людей. Судя по всему, все люди в той или иной степени могут ориентироваться на местности, просто нартовщики довели эту способность до совершенства. С позиции эволюционной биологии для этой способности были важны зрение, а также информация о движении мышц.

Чарльз Дарвин сформулировал предположение, которое оставалось недоказанным долгое время после его смерти: в мозге существует отдельная зона, отвечающая за чувство направления?[2 - Darwin, 1973.]

Лишь 130 лет спустя эта гипотеза была доказана исследовательской четой из небольшого норвежского университета.

Харэйдский астрономический клуб

Одним осенним днем 1982 года три человека случайно встретились на улице в Осло. 32 года спустя двое из них несколько недель не сходили со страниц газет, став лауреатами Нобелевской премии по медицине – первыми в истории Норвегии.

Мэй-Бритт Андреассен, 19 лет, только что закончила свою смену в кофейне и как раз направлялась в сторону центра, когда заметила на улице двух старых знакомых. Это были Эйвинн Странн, с которым она училась в гимназии в Ульстейнвике, и Эдвард Мозер, с которым они вместе ходили на химию. Эдвард упомянул, что весной планирует приступить к учебе в Осло, и Мэй-Бритт, которая уже полтора года жила и училась здесь, предложила провести ему экскурсию, если понадобится. Она помнила, каково ей было самой оказаться одной в незнакомом городе, и искренне хотела помочь ему освоиться в университете и в столице.

Мэй-Бритт не очень близко знала Эдварда, но по школьным временам помнила, что он немного застенчив. Тем сильнее она удивилась, когда, приехав в Осло несколько месяцев спустя, он сам вышел на связь и попросил провести ему экскурсию по университетскому городку в Блиндерне.

Оба выросли в округе Суннмёре в Западной Норвегии, в 20 км друг от друга. Она – на ферме в Фоснавоге, он – в небольшом городке под названием Харэйд, расположенном на острове неподалеку. Мэй-Бритт была младшим ребенком в семье, а Эдвард родился старшим в семье, известной в округе своей необычной историей. Его родители, немцы, приехали в Норвегию в 1950-х, когда отцу предложили работу в органной мастерской на острове Хамарсёйа.

Оба пошли в школу в августе 1969 года, всего несколько недель спустя после того, как Нил Армстронг и Базз Олдрин совершили первую в истории человечества посадку на Луну в составе миссии «Аполлон 11». И хотя с точки зрения норвежских первоклашек до США было примерно как до Луны, все они знали, что теперь оставить свой след на поверхности другой планеты стало возможно. Как и многие другие дети времен лунной программы, Эдвард Мозер увлекался астрономией и космическими кораблями. Вместе со своим одноклассником Эйстейном Ортеном он основал Харэйдский астрономический

клуб, члены которого обменивались информацией о Солнечной системе и расстояниях между планетами. Впрочем, Эдварда интересовало множество других вещей: он коллекционировал камни и проводил в ванной химические опыты.

Мэй-Бритт, в свою очередь, была полна кипучей энергии и перепробовала все занятия, доступные в округе. Как и многие дети, выросшие в так называемом Библейском поясе[3 - Так называются регионы в США, Нидерландах, а также скандинавских странах, где широко велась миссионерская деятельность, и евангельский протестантизм стал одним из важнейших аспектов культуры и бытовой жизни. – Здесь и далее прим. пер.], она посещала воскресную школу. Позднее она увлеклась плаванием, горными походами, вступила в клуб скаутов и училась играть на гитаре. На улице ее часто можно было увидеть в компании Бамсе – большой норвежской овчарки, которую ей подарили родители.

В первые месяцы жизни Эдварда в Осло они стали близкими друзьями – в том числе и потому, что оказались в похожей ситуации: оба находились в поиске дела всей жизни.

Первой дисциплиной, выбранной Эдвардом в университете, стала неорганическая химия, но он довольно быстро понял, что этот предмет ему не по душе. Он планировал попробовать другие естественные науки, но тут ему на глаза попалась книга, повернувшая мысли в другое направление. На Эдварда произвела огромное впечатление работа Зигмунда Фрейда «Толкование сновидений», в которой ученый описывает свои и чужие сны и утверждает, что их содержание – ключ к пониманию человеческой психики.

«Я хотел разобраться, почему люди поступают так, как поступают, и почему им снится то, что снится, был ли Фрейд прав, утверждая, что сны являются ключом к пониманию работы человеческого сознания. Именно поэтому я увлекся психологией», – говорит Эдвард Мозер.

Мэй-Бритт лишь покачала головой, узнав, что Эдвард принимает всерьез настолько ненаучные гипотезы, но она разделяла его интерес к психологии. Еще с детских лет, проведенных в тесном контакте с природой и животными, она задавалась вопросами о том, каковы основы поведения людей и животных.

Итак, осенью 1983 года оба оказались в лекционном зале на курсе психологии. Довольно быстро они поняли, что сильнее всего их привлекает одна конкретная область этой науки – биологическая психология, в рамках которой ученые использовали естественнонаучный инструментарий, чтобы обнаружить биологическую основу поведения людей и животных. Обоих озарило: именно этим они хотят заниматься в будущем.

Руководитель курса Карл Эрик Греннесс дал им специальное издание журнала Scientific American – книгу «Мозг», которая познакомила их с крупнейшими достижениями биологической психологии и нейробиологии последних лет[4 - Scientific American, 1979.]. За предшествующие несколько десятилетий в психологии под влиянием новых открытий в нейронауке, биологии и химии произошла настоящая революция. Они осознали, что поступили в университет в тот момент, когда психологи начали понимать, каким образом мозг обучается и как это проявляется в поведенческих реакциях человека и животных. Ученые выяснили, что обучение заключается в выстраивании связей между нейронами, которые «общаются» с помощью синапсов. А память основана на повторной активации тех же самых нейронов, что были задействованы в обучении. В полученной от лектора книге они прочли о пионерских исследованиях американского ученого Эрика Кандела, проводившего эксперименты с нервной системой аплизии. Несмотря на то, что строение нервной системы этого моллюска крайне примитивно, он способен к обучению. Нейроны этого моллюска одни из самых крупных в животном мире и достигают в диаметре 1 мм. Их можно увидеть невооруженным глазом, благодаря чему моллюск представляет собой идеальный объект исследования[5 - Kandel, 2006.].

У аплизии имеется один естественный рефлекс: в случае опасности она втягивает жабры. Кандел взял этот рефлекс за основу для своих экспериментов. Он научил аплизию отличать безопасное прикосновение (привычное) от прикосновения, которое должно было вызывать у нее обостренную реакцию (сенсибилизация). Последнее всегда сопровождалось ударом электрического тока. Кандел выяснил, что различные формы обучения – привыкание, или габитуация, и сенсибилизация – оставляют различный след на нейронах. Нейроны, которые обучались посредством сенсибилизации, отращивали дополнительные синапсы для втягивания жабр по сравнению с нейронами, привыкшими к безопасным прикосновениям. Это стало первым доказательством того, что процесс обучения отражается на физиологическом уровне в нервной системе[6 - Эрик Кандел получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 2000 г.]!

Эдвард Мозер и Мэй-Бритт Андреассен были страшно разочарованы, узнав, что в Норвегии нет научных лабораторий, ведущих исследования в области биологической психологии. Однако вскоре они обнаружили нечто куда более интересное: оказалось, что в Университете Осло работает группа ведущих мировых нейробиологов, изучающих ключевую для памяти и обучения структуру головного мозга – гиппокамп.

Гиппокамп

Уже первые исследователи мозга обратили внимание на структуру под названием гиппокамп, которая располагается в височной доле, в нескольких сантиметрах вглубь от височной кости. Во-первых, бросается в глаза форма этой структуры – гиппокамп напоминает морского конька, на латыни Hippocampus. Впервые это название употребил итальянский анатом Джулио Аранци в 1564 году. А еще раньше эту часть мозга называли cornu ammonis, то есть Аммонов рог – по имени египетского бога Аммона[7 - В написании латиницей встречается как Amon, так и Ammon – Прим. науч. ред.], которого изображали с изогнутыми рогами. Интерес к гиппокампу подогревался тем, что его находили в мозге всех млекопитающих – от самых примитивных до наиболее высокоразвитых. Это говорило о том, что гиппокамп выполняет какую-то очень важную, ключевую функцию.

Когда в конце XIX века ученые начали проводить эксперименты с окрашиванием тонких срезов мозга, то заметили, что нейроны и синапсы гиппокампа очень упорядочены и, можно сказать, красивы. Сначала идет слой клеток определенного типа, чьи отростки тянутся к еще одному слою клеток, а потом и к третьему. Эти три слоя получили название dentate gyrus, то есть зубчатая извилина, содержащая поля CA1 и CA3. Аббревиатура CA расшифровывается как cornu ammonis – так первоначально называли весь гиппокамп. Окрашивание нейронов показало, что гиппокамп имеет очень отчетливую структуру и обладает обширными связями с другими отделами мозга. Очевидно, это очень важно, но что именно это означало?

В 1953 году у ученых появились первые догадки.

В августе того же года один молодой мужчина оказался на операционном столе в американской клинике. Звали его Генри Густав Молисон, и нейробиологи всего мира знают его как «пациента НМ»[8 - По его инициалам в оригинальном написании имени – Henry Gustav Molaison.]. В возрасте 10 лет он начал страдать от эпилептических припадков. Болезнь могла спровоцировать незначительная травма головы, полученная им ранее при столкновении с велосипедистом, в результате которого он на пять минут потерял сознание. Но с тем же успехом недуг мог оказаться наследственным: некоторые родственники по отцовской линии тоже страдали от эпилепсии.

Когда Генри исполнилось 16 лет, у него стали случаться сильные припадки. Он мог упасть в обморок, обмочиться, прикусить язык, страдал от сильных судорог в руках и ногах. Несмотря на это, ему удалось окончить школу и устроиться на работу в автомастерской, а также на фабрику по изготовлению печатных машинок. Чтобы смягчить припадки, Генри принимал большие дозы противосудорожных препаратов, но вскоре пришлось бросить работу, а к 27 годам ситуация усугубилась настолько, что он и его родители были готовы на хирургическое вмешательство.

Многим пациентам с эпилепсией помогало удаление небольших областей мозга, в которых локализовались очаги эпилепсии. В случае Генри Молисона, однако, врачам не удалось достаточно точно установить область, подлежащую резекции, даже после целого ряда тестов с закрепленными на голове электродами. Поэтому нейрохирург Уильям Бикер Сковилл предложил экспериментальную операцию, которая ранее применялась только у пациентов, страдавших серьезными психическими заболеваниями, к примеру шизофренией. Он предложил удалить фрагменты медиальных височных отделов обоих полушарий мозга. У значительной части пациентов очаги эпилепсии локализовались именно там, поэтому предполагалось, что операция даст Генри шанс на лучшую жизнь.

Конечно, в результате пациент лишался обоих гиппокампов, но на тот момент не было оснований предполагать, что без них ему не обойтись. О функциях гиппокампа было известно еще очень мало. Один британский исследователь описал всю сумму знаний о гиппокампе следующими словами: «Самое поразительное в гиппокампе – анатомическая элегантность его структуры, подробно изученная в последние годы. Это разительно контрастирует с тем, как мало мы понимаем о назначении этой элегантности»[9 - Судя по всему, автором цитаты является Ларри Вайскранц. Сама цитата была напечатана в обзорной

статье Альфа Бродаля о гиппокампе. Цит. по: Crompton, Alistair, «Hippocampus and the Sense of Smell. A Review, by Alf Brodal». Brain 2010: 133, 2509–2513. В оригинале Вайскранц сформулировал свою мысль так: «The striking aspect of the hippocampus is the anatomical elegance of its structure, revealed in detail in the past few years. In contrast there is really appalling ignorance about what this elegance means».].

Впрочем, кое-какие предположения имелись. В 1888 году два физиолога, работавшие в Лондонском университете, Браун и Шэфер, предприняли попытку определить функции различных фрагментов височной доли с помощью экспериментов над бенгальскими макаками. Одной из обезьян, крупной и активной, они полностью удалили обе височные доли, включая и гиппокамп. В результате резекции сенсорные способности обезьяны, судя по всему, не пострадали, однако исследователи обратили внимание на одну необычную деталь. Обезьяна очень внимательно рассматривала различные предметы, других обезьян, а также людей, даже если видела их всего несколько минут назад, «как будто напрочь забывала о своих недавних экспериментах»[10 - Brown & Sch?fer, 1888.]. А в 1890 году Бехтерев описал пациента, имевшего значительные проблемы с памятью. После смерти пациента было проведено вскрытие, выявившее повреждения мозговой ткани в области височных долей, в том числе и в гиппокампе[11 - Victor, 1961.]. Однако тогда описанные случаи не получили широкой огласки в научных кругах, и о них знали очень и очень немногие психологи и нейрохирурги.

Во вторник, 25 августа 1953 года, Генри Молисон в полном сознании лежал на операционном столе и беседовал со Сковиллом и вспомогательным медицинским персоналом, собравшимся вокруг него[12 - Corkin, 2013, p. 19–33.]. Ему сделали местную анестезию на область лба, где хирург наметил точку входа. В самом мозге болевых рецепторов нет, поэтому полный наркоз не требовался. Как только местный наркоз подействовал, доктор Сковилл сделал надрез вдоль морщины на лбу Молисона и оттянул кожу в сторону, открывая кость. Затем Сковилл пробурил в черепе прямо над бровью два отверстия и удалил круглые кусочки кости, обнажив мозг.

Теперь настало время для последней попытки выяснить, где локализуются эпилептические припадки пациента. Хирург разместил электроды прямо на мозговой ткани, однако и в этот раз ему не удалось выяснить, где «живет» недуг. Поэтому Сковилл продолжил запланированную обширную резекцию. Он разрезал твердую мозговую оболочку, и под ней показался сам мозг,

пульсировавший в такт дыханию и биению сердца пациента. Сковилл ввел сквозь одно из отверстий длинный нейрохирургический шпатель и приподнял лобную долю. Одновременно весь остальной мозг слегка опустился в полости черепа, открыв дополнительное пространство для маневра. Ему была видна передняя часть гиппокампа. Сковилл ввел в отверстие еще один инструмент, с помощью которого стал отсасывать фрагменты мягкой мозговой ткани. Кусочек за кусочком он удалил примерно половину гиппокампа и прилегающие к нему области коры. Затем он повторил те же действия с другой стороны.

Вскоре после операции стало очевидно, что она произвела совершенно неожиданное и крайне нежелательное воздействие на молодого пациента. Генри Молисон перестал узнавать медицинский персонал, не мог самостоятельно отыскать дорогу в туалет и, похоже, не помнил ничего из происходившего с ним в больнице. Сохранились, по всей видимости, только детские воспоминания. Все остальное он проживал как в первый раз.

Этот поразительный эффект убедил многих ученых в том, что гиппокамп играет важную роль в функционировании человеческой памяти[13 - Squire, 2011.]. Тем не менее случай Генри Молисона не стал решающим доказательством, в частности из-за того, что, помимо самого гиппокампа, ему удалили и другие области височной доли – фрагменты коры больших полушарий вокруг него и миндалевидное тело. А следовательно, за неспособность Молисона формировать новые воспоминания могла отвечать любая из удаленных областей.

После той операции по всему миру прокатилась волна интереса к исследованиям гиппокампа. И поскольку ставить эксперименты над людьми было невозможно, ученые искали способы изучать память животных. Но как узнать, что животное что-то помнит, если оно не может об этом рассказать? Оказалось, что идеальным материалом для исследования роли гиппокампа в обучении и памяти является естественная способность крыс ориентироваться в лабиринте. Хоть крысы и не могли рассказать ученым, что они запомнили, можно было легко и просто выяснить это, отмечая время, за которое грызуны добирались до определенного места в лабиринте.

Тем не менее психологам было еще очень далеко до понимания, какие процессы происходят в человеческом мозге, когда образуются новые воспоминания или когда человек усваивает новые знания. Вся надежда была на то, что удастся поймать мозг млекопитающего «с поличным» и зафиксировать физическую активность нейронов в момент обучения.

След памяти

В начале 1980-х, когда Эдвард и Мэй-Бритт учились в университете, исследования мозга были так популярны, что по норвежскому телевидению в прайм-тайм показывали передачу под названием «Ваш потрясающий мозг». Она появилась во многом благодаря усилиям Пера Андерсена – признанного во всем мире нейробиолога и талантливого популяризатора науки.

На заставке передачи показывали изображение мозга на черном фоне, а затем в кадре появлялись силуэты двух участников, сидящих за столом. После этого включались прожекторы, и камера наезжала на ведущего – Пера Эйвинна Херадствейта в костюме и крупных очках в прямоугольной черной оправе. В одном из эпизодов, посвященных памяти, ведущий начинает передачу такими словами: «Сегодня мы поговорим о воспоминаниях, памяти и нашей способности запоминать. Но прежде чем нечто запомнить, мы должны подумать об этом, выучить это. Итак, что же происходит, когда мы думаем?»

Камера переключается на Пера Андерсена, тоже одетого в костюм и галстук и, судя по всему, чувствующего себя в этой студии гораздо более раскованно, чем сам ведущий. Он улыбается, показывая зрителям щель между передними зубами: «Вот вы меня спрашиваете, а с тем же успехом этот вопрос можно задать вам». Далее Андерсен объясняет, что ученые до сих пор толком не знают, что именно происходит, но считается, что мысль – это своего рода эстафета, в которой нейроны передают друг другу импульсы. И если заменить некоторые нейроны в этой эстафете другими, получится другая мысль[14 - Оригинальное название передачи: «Din fantastiske hjerne» (телеканал NRK TV, 1980).]. Эта телепередача рассказывала норвежским зрителям о передовых достижениях нейронауки, и во многом благодаря ей Пер Андерсен прославился на всю страну.

В 1988 году Эдвард и Мэй-Бритт приближались к завершению своего курса обучения, а их отношения давно уже переросли из дружеских в романтические. Вместе они делали все. На каникулах они совершали путешествия в Южную Америку и Африку. В 1984 году они обручились на вершине самой высокой горы Африки – Килиманджаро, а год спустя поженились. В рамках обучения они вместе участвовали в одном из проектов психолога Терье Сагволдена, который работал в Институте нейрофизиологии бок о бок с Пером Андерсеном. Институт

располагался в одном из старейших зданий университета – на улице Карла Юхана, через дорогу от Национального театра.

Конец ознакомительного фрагмента.

notes

Примечания

1

В оригинале цитата взята из кн. Von Wrangel, F. & Sabine, E. (red.) (1844). Narrative of an Expedition to the Polar Sea, in the Years 1820, 1821, 1822 & 1823. London: James Madden & Co, p. 40. и переведена на норвежский язык автором. В русском переводе цитата взята из кн. «Путешествие по северным берегам Сибири и по ледовитому морю, совершенное в 1820, 1821, 1823 и 1824 гг., экспедицией, состоявшей под начальством флота лейтенанта Фердинанда Фон-Врангеля. Часть вторая». Санкт-Петербург, Типография А. Бородина и К°, 1841, с. 23, орфография нормализована переводчиком.

2

Darwin, 1973.

3

Так называются регионы в США, Нидерландах, а также скандинавских странах, где широко велась миссионерская деятельность, и евангельский протестантизм стал одним из важнейших аспектов культуры и бытовой жизни. – Здесь и далее прим. пер.

4

Scientific American, 1979.

5

Kandel, 2006.

6

Эрик Кандел получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 2000 г.

7

В написании латиницей встречается как Amon, так и Ammon – Прим. науч. ред.

8

По его инициалам в оригинальном написании имени – Henry Gustav Molaison.

9

Судя по всему, автором цитаты является Ларри Вайскранц. Сама цитата была напечатана в обзорной статье Альфа Бродаля о гиппокампе. Цит. по: Crompton, Alistair, «Hippocampus and the Sense of Smell. A Review, by Alf Brodal». Brain 2010: 133, 2509–2513. В оригинале Вайскранц сформулировал свою мысль так: «The striking aspect of the hippocampus is the anatomical elegance of its structure, revealed in detail in the past few years. In contrast there is really appalling ignorance about what this elegance means».

10

Brown & Sch?fer, 1888.

11

Victor, 1961.

12

Corkin, 2013, p. 19–33.

13

Squire, 2011.

14

Оригинальное название передачи: «Din fantastiske hjerne» (телеканал NRK TV, 1980).

Купить: https://tellnovel.com/eykeset_unni/okey-mozg-gde-ya-kak-rabotaet-nasha-vnutrennyaya-sistema-navigacii-zachem-nuzhny-vospominaniya-i-pochemu-inogda-oni-stirayutsya

надано
Прочитайте цю книгу цілком, купивши повну легальну версію: Купити