

## Предисловие

– Там была Эмбер. Она ехала со мной в автобусе. Это она умирает”. Сериал “Доктор Хаус”, четвертый сезон, эпизоды 15 и 16. Главный герой попадает в автомобильную аварию вместе с кем-то, у кого прямо перед катастрофой проявился важный симптом. Но травма головы вызвала у Хауса ретроградную амнезию, и он не может восстановить ход событий, предшествовавших столкновению. В течение двух серий он применяет множество экзотических и рискованных методов воздействия на собственный мозг, чтобы добраться до ускользающих воспоминаний. Оказывается, с ним вместе ехала Эмбер, возлюбленная его коллеги и друга. Но Хаус по-прежнему не способен вспомнить, что за симптом он у нее видел. Ему приходится применить глубокую стимуляцию мозга, и тогда события, предшествовавшие аварии, наконец встают перед ним с кинематографической точностью.

Конечно, это сериал. В кино бывает множество натяжек и неточностей. В частности, когда коллеги Хауса готовятся ввести электрод ему в мозг, чтобы пробудить воспоминания, звучит название зоны, на которую они собираются воздействовать: вентральный гипоталамус. Это очень странно. Если вы поймаете какого-нибудь нейробиолога и спросите его, какие отделы мозга связаны с памятью, то, вероятнее всего, первым ответом будет “гиппокамп”. Если потребуете продолжения – вам расскажут отдельно про зубчатую извилину, про парагиппокампальную извилину, про энторинальную кору. Поговорят о рабочей памяти и роли дорсолатеральной префронтальной коры в контроле за ней. Подумав, добавят эмоциональную память и расскажут вам, как амигдала<sup>1</sup> запоминает, чего надо бояться, а чего не надо. Потом вспомнят моторную память и вдохновенно прочитают вам мини-лекцию о мозжечке. Но вот гипоталамус в этом перечне, вероятнее всего,

упомянут не будет. Во всяком случае, точно не в первой десятке.

Не могли же сценаристы просто перепутать гипоталамус с гиппокампом? Этот вопрос интенсивно обсуждается на англоязычных форумах фанатов сериала. Им удалось найти научную статью<sup>1</sup>, в которой описан случай одного-единственного пациента, получавшего стимуляцию гипоталамуса с целью лечения тяжелого ожирения (что как раз логично: этот отдел мозга связан с регуляцией голода и насыщения) и при этом отметившего, что электрические импульсы пробуждают у него автобиографические воспоминания, причем увеличение интенсивности стимуляции делало эти воспоминания более яркими – точно как в сериале. Но и сами авторы исследования подчеркивают, что этот результат был для них неожиданным и обусловлен, по всей видимости, распространением возбуждения от гипоталамуса на соседние области мозга, действительно связанные с памятью.

Есть и более серьезная проблема. Пациент, получавший стимуляцию для лечения ожирения, вспомнил, как 30 лет назад гулял в парке с друзьями и девушкой. Совершенно случайный эпизод, вполне правдоподобный, хотя и необязательно имевший место в реальной биографии пациента. Если бы электрод попал на долю миллиметра левее или правее, человек мог бы вспомнить что-то другое: как писал контрольную по математике, или ездил в отпуск, или обедал с коллегами. Что же касается Хауса, то он сразу же, с первого введения электрода, вспомнил из всей своей длинной жизни именно те пять минут, которые были нужны сценаристам. Фантастическая удача, что и говорить!

<sup>1</sup> Она же – миндалина, или миндалевидное тело. В русском языке часто сосуществуют альтернативные варианты перевода для одних и тех же отделов мозга, и в основном все определяется личными предпочтениями авторов.

<sup>1</sup> Hamani, C. et al. (2008). Memory enhancement induced by hypothalamic/fornix deep brain stimulation. *Annals of Neurology*, 63 (1).





И все же главное в сериале правильно: если взять электроды, подвести их в удачное место в головном мозге и подать небольшой электрический импульс, то действительно можно вызвать у человека яркие воспоминания. Впервые этот феномен описал Уайлдер Пенфилд, знаменитый канадский нейрохирург, разработавший методику операций на головном мозге с применением местной анестезии. Боль-

пациенты во время операций находились в сознании и были способны описывать ощущения, возникающие при стимуляции того или иного участка коры. На первый взгляд, это пугает (вы сидите со вскрытым черепом, а кто-то орудует инструментами в вашем мозге!), но преимущества были огромными. Во-первых, Пенфилд мог точно локализовать границы опухоли или эпилептического очага и вырезать только ненужное, минимально повредив остальной мозг. Во-вторых, сопоставив результаты стимуляции коры многих пациентов (электрод в одном месте – человек произвольно двигает рукой, в другом месте – чувствует несуществующее прикосновение к подошве), Пенфилд смог составить подробные карты коры головного мозга, определив, какая зона за что отвечает. В 1937 году Пенфилд и его соавтор Болдри впервые нарисовали “гомункулуса” – смешного человечка с искаженными пропорциями, отражающими площадь представления тех или иных органов в сенсорной или моторной коре. Теперь без этой картинки не обходится ни один учебник по нейробиологии. А в 1950-м Пенфилд и Расмуссен выпустили монографию “Кора головного мозга человека”<sup>1</sup>, обобщившую результаты 400 операций, сгруппированных по главам в соответствии с теми областями мозга, в которых производилось хирургическое вмешательство, – и теми реакциями, которые вызывала электрическая стимуляция этих областей. Пациенты, которым удаляли опухоли, кисты или эпилептические очаги в височной коре, во время операций рассказывали о ярких галлюцинациях – или о ярких воспоминаниях (иногда, впрочем, они затруднялись отличить одно от другого). Например, четырнадцатилетняя пациентка под инициалами J. V. ярко видела такую сцену: как будто бы ей семь лет, она идет через поле вместе со своими братьями, к ней сзади подходит мужчина и спрашивает: “Не хочешь залезть в этот мешок со змеями?” Девочка кричит, убегает, рассказывает об этом маме. Такую картину она видела во время самих эпилептических припадков и снова переживала ее в процес-

Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>

<sup>1</sup> W. Penfield and T. Jasper (1950). *The cerebral cortex of man: a clinical study of localization of function*. The Macmillan company, New York.



се операции, когда исследователи стимулировали ей правую височную кору в районе эпилептического очага. После того как операция была проведена, часть коры уничтожена, а эпилептические припадки останвлены, это воспоминание перестало быть навязчивым, хотя сам факт детского испуга девушка помнила. Важно, что подобное событие действительно имело место – во всяком случае, мать и братья подтверждали, что помнят какого-то придурка, пристававшего к маленькой J. V. примерно так, как ей и виделось при стимуляции.

Нейробиология вообще многим обязана людям с эпилепсией и попыткам разработать методы ее лечения. Основные достижения по следних десятилетий связаны с разработкой более эффективных лекарств, но они по-прежнему помогают не всем пациентам, так что иногда хирургическое вмешательство применяется и сегодня. Главная задача врачей в таких случаях – максимально точно идентифицировать нейроны, ответственные за зарождение судорожной активности, чтобы удалить именно их и по возможности оставить неповрежденными соседние клетки. Электроэнцефалограмма и томографические исследования позволяют только приблизительно определить расположение эпилептического очага, но затем на основе этой информации врачи могут выбрать участки для вживления микроэлектродов, способных записывать сигналы от отдельных клеток. Такие электроды могут оставаться в мозге пациента несколько дней, после чего, проанализировав активность нейронов, врач принимает итоговое решение о том, какой именно участок следует удалить. Эта процедура одновременно позволяет получить много ценной информации о функциях отдельных нервных клеток. Например, именно так в 2005 году были описаны<sup>1</sup> знаменитые “нейроны Дженнифер Энистон”, то есть конкретные клетки в гиппокампе, которые реагируют именно на предъявление фотографии этой актрисы – в том случае, конечно, если вы знаете, как она выглядит (ее самая известная роль – Рэйчел в сериале “Друзья”).

Открытие нейронов Дженнифер Энистон было чистой случайностью – в том смысле, что ученые понятия не имели, “что” именно нейроны им удастся обнаружить, но надеялись найти хоть какие-нибудь. Они работали с группой из восьми человек, которые готовились к операции для лечения эпилепсии. У каждого из них эпилептический очаг располагался в медиальной височной доле. Эта область мозга включает в себя гиппокамп, который, в свою очередь, играет ключевую роль в работе декларативной памяти, то есть необходим для заучивания и последующего воспроизведения конкретных фактов (“Волга впадает в Каспийское море”; “Человек на фотографии мне известен, это актриса Дженнифер Энистон”). Каждому пациенту вживили микроэлектроды – для идентификации эпилептического очага, но заодно люди соглашались и поучаствовать в исследовании<sup>1</sup>. Им показывали множество фотографий животных, предметов, знаменитых людей и известных достопримечательностей. Набор был немного разным для разных пациентов. (Например, мне было бы бесполезно показывать актеров: я очень плохо запоминаю человеческие лица, и поэтому большая часть отношений героев в сериалах остается для меня непонятной без дополнительных пояснений: “Ой, а разве она ему изменила? Так ведь тот чувак тоже темноволосый, это точно другой?”)

В нескольких случаях ученым серьезно повезло: электроды, вживленные по медицинским показаниям, совершенно случайно попали именно в нейроны, связанные с распознаванием как раз тех объектов, которые предъявляли испытуемым. Тогда на следующей сессии людям предъявляли разные изображения того же самого объекта и снова регистрировали ответ от того же самого нейрона. В частности, у одного из пациентов в задней части левого гиппокампа<sup>2</sup> обнаружился нейрон, который реагировал вспышками активности при виде разнообразных фотографий Дженнифер Энистон и оставался безучастным во время предъявления любых других изображений; интересно, что он не откли-

<sup>1</sup> Лучше не спорить с теми, кто собирается делать вам операцию на мозге.

<sup>2</sup> Гиппокамп – симметричная структура, то есть у нас их два, правый и левый. Обычно говорят просто “задний левый гиппокамп”, “правая дорсолатеральная кора” и т. п.

Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>

<sup>1</sup> Quiroga, R. Q. et al. (2005). Invariant visual representation by single neurons in the human brain. *Nature*, 435, 1102–1107.



кался и на фотографии Энистон в том случае, если она была изображена не в одиночестве, а вместе с Брэдом Питтом. У другого пациента в правом переднем гиппокампе был найден "нейрон Хэлли Берри" – актрисы, сыгравшей роль Женщины-кошки в одноименном фильме. Он активировался при предъявлении разных фотографий Хэлли Берри, в том числе в костюме Женщины-кошки, при виде ее нарисованного карандашом портрета и даже при прочтении надписи *Halle Berry* – при этом не реагировал на других актрис, даже если они были одеты в такие же костюмы кошек.

Разумеется, не следует думать, что за распознавание образа Дженнифер Энистон отвечает один-единственный нейрон; у нас также недостаточно данных, чтобы предположить, что этот нейрон связан только с образом Энистон и ни с чем больше. Но это исследование иллюстрирует очень важную мысль, которая настолько банальна и очевидна, что мы никогда о ней не задумываемся: **мозг материален**. Раз мы помним лицо Энистон, это означает, что какие-то нейроны в нашем мозге взяли на себя функцию распознавания уникального набора ее характерных черт. Что эти нейроны, в принципе, возможно найти. Что на них можно воздействовать. И что это относится не только к образу Энистон, но и вообще к любой информации, которая записана в нашем мозге; к любой эмоции, которую он испытывает; к любой мысли, которую он обдумывает. Для всего того, что составляет нашу личность, существует конкретный вещественный субстрат, и он принципиально поддается изучению.

Это не означает, что нейробиологи уже способны расшифровывать наши мысли (хотя они активно работают над этим). Тем более это не означает, что они могут искусственно заливать нам в мозг какие-нибудь новые знания, не используя книжки и лекции. В этом отношении довольно серьезные успехи достигнуты с улисточками<sup>1</sup>, а вот с более крупными и сложными существами есть серьезная проблема: **мозг**

**пластичен**. Функции его крупных структур более или менее прописаны в генах, а вот на уровне микроархитектуры очень многое определяется индивидуальным опытом, теми стимулами, с которыми мозг сталкивался в ходе своего развития. Нейроны Дженнифер Энистон, вероятно, есть где-нибудь в гиппокампе у всех людей, которые помнят ее лицо, но вот где они там находятся конкретно – да черт их знает. У всех по-разному.

Самый известный пример нейропластичности – структурных изменений мозга человека под действием индивидуального опыта – это история про лондонских таксистов. Для того чтобы стать лицензированным таксистом в Лондоне и водить тот самый черный кэб, в котором катается Шерлок-Камбербэтч, вы должны помнить 25 000 городских улиц и переулочков в радиусе 10 километров от вокзала Чаринг-Кросс – со всеми их особенностями дорожного движения, основными достопримечательностями, магазинами и гостиницами – и выстраивать маршруты между ними без навигатора. Это сложно. Таксисты учатся годами. Лондонские нейробиологи, в свою очередь, с энтузиазмом изучают, что в это время происходит с мозгом водителей<sup>1</sup>. Выясняется, что если набрать две группы испытуемых – тех, кто планирует стать таксистом, и тех, у кого другие планы на жизнь, – и положить их в томограф, то поначалу никаких нейроанатомических отличий между ними нет. После этого вы ждете три года и снова приглашаете этих людей в лабораторию. Выясняется, что теперь у вас уже три группы испытуемых. Те, кто хотел стать таксистом, тренировался в среднем по 34 часа в неделю и в итоге благополучно сдал экзамен. Те, кто в принципе тоже хотел стать таксистом, но тренировался в среднем по 17 часов в неделю, экзамен завалил, разочаровался и нашел другую работу. И те, кто не хотел стать таксистом и вообще не тренировался. У всех этих людей вы анализируете гиппокамп – зону мозга, связанную не только с памятью, но и с пространственным мышлением (эти две

<sup>1</sup> В любом месте, где я не даю достаточно пояснений, мысленно подставляйте фразу "мы к этому еще вернемся".  
мозг похож на сам мозг: в ней все связано со всем.



способности вообще, видимо, эволюционно развивались в тесном сотрудничестве: если задуматься, то память дикому животному или древнему человеку в первую очередь для того и нужна, чтобы найти еду и вернуться домой).

Выясняется, что у тех, кто не стал таксистом, гиппокамп остался примерно таким же, каким и был. А вот в той группе испытуемых, которая благополучно сдала экзамен, есть видимое увеличение объема серого вещества в задней трети гиппокампа. Не то чтобы гиппокамп как целое увеличился в размерах, но анализ конкретных *вокселей* (трехмерных кирпичиков, из которых складывается томограмма) показывает, что серого вещества во многих из них стало больше примерно на треть. То есть, вероятнее всего, нейроны вырастили множество новых связей друг с другом, потому что мозгу понадобилось работать над новыми задачами. Это характерно для любого обучения. Мы постоянно выстраиваем в голове новые нейронные связи. Память и обучение – это и есть рост новых синапсов.

По большому счету именно индивидуальная микроархитектура мозга, приобретенная вами в ходе жизни, на самом деле интересует вашего экзаменатора, когда он смотрит, можете ли вы взять интеграл, ваше начальство на собеседовании, когда вас спрашивают про опыт работы и профессиональные компетенции, и даже девушку на первом свидании, когда она оценивает вашу эрудицию и чувство юмора и решает, продолжать ли общение.

Здесь возникают интересные этические проблемы. Отличия в архитектуре нейронных связей делают людей разными – и неравными. Предполагается, что в таком неравенстве люди сами виноваты, и именно поэтому оно совершенно никого не беспокоит, в отличие от дискриминации по признакам, которые от воли человека очевидным образом не зависят. Если честно, это не совсем так: на способность осваивать новые знания все-таки серьезно влияют врожденные факто-

, и еще сильнее – неравные условия в детстве, в которых человек тоже не виноват. Примечательный парадокс здесь в том, что если мы с вами когда-нибудь построим совершенное эгалитарное общество с абсолютно равными образовательными возможностями, то именно генетические отличия в способностях выйдут на первый план и неравенство кандидатов в глазах работодателей и потенциальных половых партнеров будет в значительно большей степени, чем сейчас, объясняться как раз наследственностью. Впрочем, есть и хорошие новости: массово редактировать гены эмбрионов мы наверняка научимся раньше, чем построим эгалитарное общество. А еще, конечно, в огромной степени мы можем влиять на нашу архитектуру нейронных связей вполне осознанно, и значительная часть книжки посвящена тому, как делать это более эффективно.

Третье важное свойство, которое меня занимает и о котором я буду рассказывать, можно сформулировать так: **мозг неоднороден**. Наше целостное, холистическое восприятие собственной личности – это иллюзия. Если присмотреться к тому, как мозг обрабатывает информацию и принимает решения, то почти всегда обнаруживается, что это результат конкуренции между разными его отделами, просто победитель определяется так быстро, что обычно у нас нет возможности осознать, что противоречие вообще существовало.

Это проявляется на всех уровнях, начиная от самых базовых вещей. Возьмем, например, зрительное восприятие. Вот посмотрите на картинку.

Это пластиковая маска. И она вогнутая. Честное слово, мои друзья Кася и Джозеф ее сами фотографировали под моим чутким руководством. Присмотритесь: у нее нос и лоб темнее, чем все остальное, именно потому, что они уходят в глубину. Но, скорее всего, вы этого в упор не видите, а видите обычное выпуклое лицо. А если видите вогнутую маску, то вам имеет смысл поговорить об этом с психиатром. Вот прямо прийти к нему и сказать: "Доктор, я невосприимчив к иллюзиям". Или еще лучше – к маске. Дайте мне дополнительные тесты, чтобы убедиться,

<sup>1</sup> Если это утверждение показалось вам неочевидным, отправлю вас к другим хорошим научно-популярным книгам: "Мозг" Стивена Пинкера и "Воля и самоконтроль" Ирины Якутенко.