



Проект РШБА «Библиотека – центральный мозг и когнитивный ресурс развития инновационных образовательных процессов школы»

О.Е. СВАРНИК,
психофизиолог и нейрофизиолог,
канд. психол. наук, старший научный сотрудник
Института психологии РАН, Москва



ЧТО МОЖЕТ СКАЗАТЬ НЕЙРОНАУКА ОБ ОБУЧЕНИИ?

Спасибо за приглашение выступить на этом форуме. Хочу признаться, что буквально пару месяцев назад я относилась скептически к словосочетанию «школьная библиотека», и надо отдать должное Татьяне Дмитриевне: Вам, Татьяна Дмитриевна, удалось очень сильно увлечь, во всяком случае, меня. Я теперь тоже считаю, что все, просто все зависит от школьной библиотеки. Это удивительная трансформация, которую Вам удалось произвести буквально за





пару часов. И оказалось, что рассказ о мозге может быть востребован, может быть интересен. С огромным удовольствием попытаюсь рассказать очень коротко самые-самые важные вещи, которые, может быть, помогут лучше понять какие-то особенности обучения, которые вы замечали без связи с какой-то наукой вообще, в том числе с нейронаукой.

Прежде чем я начну рассказывать, каким образом происходит процесс обучения, расскажу о процессах, которые происходят в мозге, и о том, как выглядит работающий мозг. Наш мозг все время работает. Его работу некоторое время назад мы представляли следующим образом – это некое пятно возбуждения, которое «путешествует» под черепом. Такое представление,

возможно, возникло благодаря уважаемому Ивану Петровичу Павлову, который очень много экспериментировал с собаками и говорил, что нужно показывать пальцем, «где было возбуждение и куда оно перешло». Но на тот момент технологий, позволяющих заглянуть внутрь мозга, еще не было. Даже метод регистрации электроэнцефалограммы Гансом Бергером был изобретен чуть позже. Единственное, что Павлов мог делать, – изучать поведение животных: вырезать кусочки их мозга и наблюдать, помнят ли они или уже не помнят приобретенные ассоциации, могут они чему-то научиться или не могут. Сейчас технологии достигли такого уровня, что я могу вам показать, как выглядит работающий мозг в любой момент времени.

Я попробую рассказать, как в работающий мозг добавляются какие-то знания, умения, некая информация. Ведь мы, наверное, не представляем себе, что наш мозг – это такая «бадья», как говорил известный философ Карл Поппер, в которую сливается вся информация сверху, как в ведро. И тем не менее, мы часто используем словосочетание «получили информацию», как будто она влетела к нам через глаза, уши и каким-то образом уютно уложилась под черепом, и вот теперь мы ее как-то извлекаем. Такое словесное описание – это неправильная интерпретация того, что происходит в мозге, и я объясню, как мы сейчас представляем процесс приобретения новых знаний на фоне уже имеющихся.

Если наша задача заключается в том, чтобы понять, как работает мозг человека, то интуитивно кажется, что каждая его часть за что-то отвечает. Именно таким образом строилась вся наука в течение долгого времени, и подвижки, достаточно существенные, случились в последние 15–20 лет. Кажется, что каждая извилина мозга специализирована, и мы просто должны установить ее функцию. Кажется, где-то в мозге есть такое место, которое мы могли бы назвать центром обучения и/или хранения памяти. Но это не совсем так.

Очень давно ученые делили мозг на какие-то составные части. В Средние века предполагалось, что мозг состоит всего из трех структур, и одна из них, кстати,



Проект РШБА «Библиотека – центральный мозг и когнитивный ресурс развития инновационных образовательных процессов школы»



отвечала за память. С течением времени, если посмотреть примеры из френологии¹, структур стало больше. Мозг стали делить на какие-то мельчайшие частички, чтобы установить, какая отвечает за нашу память, а какая позволяет нам чему-то учиться. Мы знаем примеры, когда при травме мозга или инсульте какая-то его часть погибает и человек теряет какие-то возможности – например, возможность обучаться чему-то. Это предполагает, что в мозге должно быть такое место, которое отвечает за обучение. Но на самом деле никакая структура мозга не функционирует как единое целое. Каждая структура, как бы подробно мы ни делили наш мозг, всегда будет представлять из себя совокупность отдельных клеток, и это одна из центральных подвижек в исследованиях последних десятилетий. Мы поняли, что как бы мы ни выделяли слой или кусочек мозга, или отдельно моторную кору, или отдельно сенсорную, они не функционируют как единое целое – они состоят из клеток, которые называются нейроны. Нейроны часто активны или возбуждены независимо друг от друга, то есть рядом могут быть нейроны, которые активны или неактивны. И, видимо, дело не в частях мозга, а именно в маленьких клеточках-нейронах, потому что получается, что у нейрона есть два состояния: он может быть либо активен, либо неактивен. И это отличает его от структур мозга: любая из них активна все время хотя бы какими-то из своих нейронов.

И тогда мы сфокусировались на изучении этих отдельных клеточек-нейронов. Благо стали развиваться технологии, позволяющие это делать. Что мы узнали об этих клетках? Нейроны в какой-то момент создают такое состояние, которое мы называем возбуждением. На самом деле возбуждение – это резкое изменение заряда на мембране нейрона, изменение распределения положительно и отрицательно заряженных ионов внутри и снаружи клетки. Это состояние быстро меняется. Заряд на мембране есть у всех клеток, включая растительные, поскольку любой живой организм состоит из клеток. Пока они живы, то имеют возможность через свою мембрану пропускать эти заряженные ионы. Все меняется, все колеблется на этой мембране. Но только нейрон в определенный момент резко меняет плюс на минус, и получается, что по его отросткам проходит то, что мы называем возбуждением, которое приводит к определенным взаимодействиям с другими, соседними клетками. Соседними могут быть не обязательно нейроны, это могут быть глиальные клетки. Глиальные клетки, в свою очередь, могут влиять на то, когда нейрон будет активен, возбужден. И все эти процессы складываются в то, что в любой момент времени, если мы поднимем крышку черепа, мы увидим такие узоры активности.

Это активируются расположенные там нейроны (на самом деле они не светятся, это специальные красители, позволяющие нам детектировать возбуждение нейронов). Когда животное что-то делает, среди этих загорающихся светленьких «плюшечек» (активных нейронов) появляются такие, которые работают одновременно. Они вместе возбуждены. При этом рядом лежащие клетки могут быть неактивны, то есть это всегда какой-то сложный узор в мозге, сложная мозаика, и наша задача заключается в том, чтобы расшифровывать эту мозаику.

Фактически таким же образом мы можем представить себе мозг человека. На искусственно сгенерированных симуляциях активности мозга человека также видно множество точек (нейронов), которые загораются одновременно и/или последовательно и в любой момент времени. И можно всегда по всему мозгу выделить те, которые одновременно это делают, и те, которые делают это

¹ Френология – антинаучная теория о связи психических свойств человека и строения его черепа.



последовательно. Фактически жизнь нашего мозга – это смена одних активных групп на другие, на третьи, на четвертые, на пятые, на шестые и так далее. С момента, когда первые нейроны стали активными, (это случилось еще на самых ранних этапах эмбриогенеза), наш мозг никогда не прерывает свою работу. Мы все время что-то вспоминаем, что-то делаем, что-то с нами происходит, и это сопровождается сменой вот такой мозаики активности, которая есть у нас в мозге. И самое интересное: если мы возьмем практически любую клетку, которая в этот момент активна, то оказывается, активность ее связана с тем, что мы сейчас делаем. Дело в том, что они не случайно в какой-то момент становятся активными.

Еще в 1970-е годы выяснилось, что если крысе имплантировать в мозг микроэлектроды, то можно обнаружить нейрон, который будет активен только тогда, когда животное смотрит в определенную сторону – например, в сторону, обозначенную на рисунке буквой А.

Здесь показана активность одного из таких нейронов: чем выше нижние столбики, тем, соответственно, больше возбужден этот нейрон. Например, у меня можно обнаружить нейроны, которые будут активироваться только тогда, когда я буду смотреть через это окно на этот лес. Это удивительная вещь, очень специфична активность таких нейронов. Потому что если животное отворачивается в другую сторону, например, в сторону Е, вы видите, что там, где Е внизу, нет никакой активности. Получается, у нейрона нет глаз, он не знает, что он находится внутри крысы, но при этом его активность четко связана с тем, что происходит сейчас с животным. Мы, таким образом, получаем возможность заглядывать внутрь субъективного мира. С помощью таких методов мы вообще можем отвечать на какие-то интересные вопросы относительно того, что, например, в голове у животных. Джон О'Киф и его коллеги, супруги Мозер, получили Нобелевскую премию за исследования клеток, которые специфичны по отношению к каким-то местам, направлению взгляда или к направлению движения животного.



**Проект РШБА «Библиотека – центральный мозг
и когнитивный ресурс развития инновационных
образовательных процессов школы»**



Эти лауреаты Нобелевской премии 2014 года потенциально показали, что мы можем иметь доступ к субъективному внутреннему миру живого организма. Например, О'Киф обнаружил нейрон, который был активен только в тот момент, когда его крыса общалась с игрушечным крокодильчиком. Он давал ей небольшого пластикового крокодильчика. Животное подходило, интересовалось этим крокодильчиком, обнюхивало его. Выяснилась интересная вещь: есть нейрон, который активен только тогда, когда крыса общается с этим крокодильчиком. Вот сейчас она его покусывает – нейрон активен. Она его бросила, отошла подальше – и нейрон тут же перестает активироваться. В народе этот нейрон стал известен как нейрон «зеленого крокодильчика».

Естественно, возникла большая дискуссия: если у животных есть нейроны «зеленого крокодильчика», то означает ли это, что у человека можно определить так называемый нейрон «моей бабушки»? Есть ли у меня такой нейрон, который будет активироваться в тот момент, когда я, например, вижу свою бабушку, разговариваю с ней, когда я вспоминаю ее, когда я кому-нибудь о ней рассказываю? Это очень известная история, она многократно обсуждалась в научных кругах, и не только. И, наконец, в 2005 году исследователи обнаружили нечто подобное в своих экспериментах с людьми. Мы легко можем экспериментировать с животными, имплантируя им электроды в голову, а также помещая их с чуть приоткрытым мозгом под микроскоп, для того чтобы понаблюдать, какие нейроны и когда там активируются. С человеком мы не можем так поступить, но есть ситуации, когда людям по медицинским показаниям имплантируют микроэлектроды в мозг. Например, когда эпилептическая судорожная активность мозга не лечится медикаментозно, проводятся операции по удалению того очага, где она зарождается. Эпилептическая активность – это неправильная активность мозга. В норме мозг должен показывать интересные узоры или мозаики активности. Но когда все нейроны одновременно активируются, мы говорим, что это неправильно, и это называется судорожной или эпилептической активностью. Таким пациентам должна была быть проведена операция по удалению места, где возникает эпилептическая активность. Но как удалить его таким образом, чтобы



не задеть другие части, которые нет необходимости удалять? Для этого сначала при помощи электроэнцефалограммы приблизительно определяют, где находится очаг эпилепсии. Затем имплантируют во время операции микроэлектроды в эту часть мозга и мониторят активность отдельных нейронов в течение длительного времени. Эти люди просто живут в клинике. К 2005 году кому-то из психологов пришло в голову, что у нас уже есть такие испытуемые, к которым достаточно прийти с компьютером и попросить их поучаствовать в экспериментах. Мы могли бы им что-то показывать и наблюдать, как у них активируются нейроны в голове, можем ли мы увидеть у человека что-то подобное тому, что видим у животных. История эта началась с того, что этим людям стали показывать фотографии разных знаменитостей, и, в частности, был обнаружен так называемый нейрон «Дженнифер Энистон». На этих фотографиях, которые предъявляли испытуемым, везде изображена Дженнифер Энистон. По всем физическим характеристикам это абсолютно разные фотографии, но оказалось, что нейрон, который в данный момент регистрировался в гиппокампе, активировался только тогда, когда предъявляли Дженнифер Энистон. Вот здесь показано, в какие моменты возникает активность данного нейрона: чем выше столбик, тем выше активность. Это начало предъявления картинки, а это окончание её предъявления. Все показанные фотографии вызывали активацию этого нейрона. Интересно, что когда показывали Джулию Робертс вместо Дженнифер Энистон, то нейрон ни одного потенциала действия не генерировал. Он абсолютно не активировался, не возбуждался. Поэтому этот нейрон было логично назвать нейроном «Дженнифер Энистон». Этим пациентам также показывали фотографии, где Дженнифер Энистон вместе с Брэдом Питтом и эти фотографии почему-то не вызывали такой активации, как фото Дженнифер Энистон в одиночестве. Получилось, что это не нейрон «Дженнифер Энистон» в обычном смысле, а нейрон «Дженнифер Энистон без Брэда Питта». Затем выяснилось, что нейрон «Дженнифер Энистон» активировался и на американскую актрису Лизу Кудроу, которая вместе с Дженнифер снималась в сериале «Друзья». Таким образом, мы с большой вероятностью можем сказать, что этот нейрон может отражать знания испытуемого относительно сериала «Друзья», а Брэд Питт не был постоянным участником этого сериала.

Таким образом, нейронная активность отражает именно субъективный мир. Например, у одной из пациенток был обнаружен нейрон, который активировался при предъявлении изображения здания сиднейской оперы. Но на некоторых фотографиях не только здание сиднейской оперы, но и еще бахайский храм, а нейрон все равно был активен. Нейрон вел себя таким образом, как будто эта пациентка не различала эти картинки. И действительно, он активировался во всех случаях, когда предъявляли и бахайский храм, и сиднейскую оперу. После эксперимента ее спросили: «Какие картинки вам сейчас показывали? Вы знаете, что это за здания?» Она сказала: «Конечно, знаю. Это здание сиднейской оперы». Она не поняла, что там было другое здание. Но это было видно и по нейронам. У нас с вами такие нейроны, которые отражают тот опыт, который у нас есть, ведь не у всех пациентов обнаруживаются нейроны «Дженнифер Энистон» или нейроны «сиднейской оперы». Это отражаются их знания относительно этих понятий. Пока я не познакомилась на конференции с этими работами 2005 года, у меня не было ни одного нейрона «Дженнифер Энистон», а сейчас я могу дискутировать о многих проблемах сериала «Друзья», потому что рассказываю об этом достаточно часто.

Хочу подчеркнуть, что все, что мы делаем, рождается активностью наших нейронов. Сегодня я не могу вам показать огромное количество примеров активаций и регистраций нейронов у человека. Мы с вами – не просто набор



нейронов, а активность наших нейронов. Оказывается, если мы будем вводить химические вещества в наш мозг, например, посредством принятия алкоголя или каких-то биологически активных веществ, это приведёт к изменениям личности, потому что они влияют на возможность возбуждения нейронов и мы начинаем вести себя каким-то другим образом.

Очень интересный вопрос заключается в том, как мы вообще приобретаем любые знания, откуда берутся эти нейроны «Дженнифер Энистон», откуда берутся нейроны «сиднейской оперы», как мы добавляем это все в наш мозг. Здесь я должна рассказать вам про один эксперимент, который был сделан британскими учеными на овцах. В начале 1990-х годов они регистрировали нейронную активность у овцы, предъявляя ей разные запахи. Там были запахи ягненка, амниотической жидкости, шерсти, человека, еды и прочее. Если вы посмотрите на серые столбики, то оказывается, что практически 80 % нейронов овцы связано с запахом еды. Это субъективный мир овцы. В принципе, это достаточно логично, и мы приблизительно так себе овцу и представляем. Есть небольшой процент нейронов, который активируется при предъявлении запаха шерсти. Интересно, что эта овца была беременна, но при этом у нее раньше никогда не было ягнят. Эксперимент был продолжен после того, как овца родила ягненка. Ей вновь предъявили разные запахи и посмотрели, как теперь стали активироваться ее нейроны. Оказывается, что теперь 70 % нейронов овцы связано с предъявлением запаха ягненка. При этом большая часть этих нейронов – это запах собственного ягненка. Получается, что за те два часа, когда овца после родов общалась со своим ягненком, она «приобрела», в частности, эти нейроны, которые теперь, мы видим, связаны с ее ягненком. Интересно, что еда теперь (если посмотреть на черные столбики), в это ближайшее время, ее совершенно не интересует: почти нет нейронов, активность которых была бы связана с запахом пищи. Овцу интересует только ягненок. Получается, что когда мы приобретаем что-то новое, это прежде всего связано с активностью наших нейронов, то есть теперь у нас есть какие-то нейроны, которые специфически будут возбуждены именно в связи с этим приобретенным поведением.

Очень интересно вот что: если мы нарушим активацию нейронов, то это приведет к тому, что обучение или наше знание, которое мы приобрели, или память не будут зафиксированы. Если во время травмы человек ударился головой, потерял сознание, то это приводит к нарушению кровотока и невозможности для нейронов поддерживать в реальном времени эти активации, эту мозаику, этот узор, который должен составлять сейчас приобретенный опыт. Похожая вещь наблюдается и после судорожной активности, когда все нейроны активны, это опять же стирает мозаику активности. В этих случаях мы видим, что обучение как бы не произошло, мы ничего не запомнили, этот опыт не был приобретен. То есть чтобы он был приобретен, стал долговременным, как-то переместился в долговременную память, нужно, чтобы он каким-то образом поддерживался в активности нейронов в течение некоторого времени.

В каких же нейронах записывается та новая информация, которую мы приобретаем? У нас в мозге все время образуются новые нейроны. Каждый день в одном только человеческом гиппокампе (одна из структур мозга под корой полушарий) образуется приблизительно полторы тысячи новых нейронов. Они рождаются в одной из зон гиппокампа и перемещаются в соседний слой этой структуры. Спустя две недели они уже начинают пускать отростки, пытаясь контактировать с какими-то другими клетками. На этих отростках возникают места контактов, которые называются дендритными шипиками.

У человека, так же, как у млекопитающих, есть две зоны в мозге, где все время образуются новые клетки: это гиппокампальная область и субвентрикулярная



область желудочков. Из последней зоны нейроны путешествуют в обонятельные луковицы. Каждый день этих нейронов у нас образуется довольно много, но если ситуация такова, что нам нечего на них записать, то скорость их гибели тоже достаточно высока. Интересно, что есть несколько условий, которые позволяют нам увеличивать число клеток, оставшихся после рождения в процессе взрослого нейрогенеза. Так, например, помещение животного в обогащённую среду, где есть много увлекательных занимательных игрушек, с которыми можно поиграть, или каких-то новых игр, возможность что-нибудь выучить новое и прочее, приводит к тому, что больше новых клеток остается в мозге. Это обучение. Любые ситуации обучения приводят к тому, что новых нейронов остается больше. Оказалось, что если просто пускать животных бегать в колесе, а они это делают довольно охотно, потому что, видимо, им скучно сидеть в обычных клетках, даже такие условия приводят к тому, что гораздо больше клеток остается у них в мозге.

Второй источник нейронов для нового обучения (кроме рожденных недавно в процессе взрослого нейрогенеза), о котором тоже необходимо сказать, – это так называемые молчащие нейроны. Относительно недавно оказалось, что в коре и подкорковых структурах также наблюдаются относительно незрелые нейроны, которые остались там с эмбриогенеза. То есть когда мозг в процессе развития преобразуется,

формируется, то нейроны путешествуют, выстраиваясь в тех местах, которые им нужны. Некоторые из них, попав, например, в кору головного мозга, не торопятся формировать контакты с остальными нейронами. Как будто у них, как назвали авторы, описавшие это явление, «арестованное» или «замороженное» развитие. Они как будто чего-то ждут, как будто

им что-то не понравилось и они решили: «Я встроюсь в какую-нибудь нейронную группу попозже, лет через десять, а тут мне пока ничего не нравится». И они таким образом остались там, и видно, что это те же клетки, которые в процессе уже взрослой жизни могут встраиваться в новые нейронные группы, тем самым обуславливая приобретение какого-то нового опыта.

Каким же образом нейроны могут формировать новые группы? Ну хорошо, овца узнала своего детеныша, у нее какие-то новые «молчащие» нейроны стали активны, но что-то должно произойти в этих нейронах, чтобы эта группа зафиксировалась так, чтобы позднее можно было вернуться к ней – к активности именно этой группы нейронов. Потому что иначе получается, что если группа сформировалась (эти нейроны были активны вместе), но потом распалась (именно этот ансамбль нейронов не «поет» вместе), то мы уже не можем чего-то вспомнить. Хочу сказать, что в нейронах происходит масса молекулярных каскадов, превращений одних веществ в другие. И при обучении те нейроны, которые формируют новую группу, изменяются изнутри. Они начинают использовать





те гены, которые раньше не использовались. Ведь внутри нейронов точно так же, как и внутри любой другой клетки, лежит полный геном, та же самая ДНК, которая используется этой клеткой так же, как и любой другой – для строительства белковых комплексов. И эти белковые комплексы нужны нейронам для того, чтобы формировать контакты с другими клетками, в частности. Получается, что все нейромедиаторы выбрасываются для осуществления контактов. Для их создания нужно, чтобы были сформированы, синтезированы в клетке какие-то белки. Для того, чтобы нейрон узнал, что около его мембраны какой-то медиатор, например, ацетилхолин или любой другой, нужно, чтобы у него на мембране был белок – рецептор к этому веществу. Поэтому нейронам, как и другим клеткам, нужны белки и нужны гены (например, как планы построения белков). Оказывается, что когда мы обучаемся, у нас во многих нейронах, которые составят новую группу, происходит множество изменений внутри, для того чтобы они сформировали возможность этих новых взаимодействий. Огромное число генов меняет свою работу в нейронах и много новых белков синтезируется. Это позволяет нейрону войти в какую-то группу, в которой его раньше не было. И это вхождение в новую группу и есть самое основное, наверное, для формирования новых знаний и компетенций.

После того, как внутри нейрона изменились сложные молекулярные каскады, после того, как изменился набор используемых генов, после того, как стали создаваться какие-то белки, которые позволяют фиксировать эту группу вместе, происходят структурные изменения. Нейроны фактически тянутся друг к другу своими отростками, формируя эти группы, и у нас сейчас есть возможность, правда, на животных, отслеживать фактически в процессе обучения, как это происходит. Можно возвращаться к тому же самому нейрону, в том же самом месте, и можно даже вернуться к его отдельному отросточку и посмотреть, что там происходит. Можно вернуться не только к отдельным отросткам, но и к шипикам на этих отростках, которые и есть места контактов. Эти «плюшечки» на «веточках» – это те самые синапсы, посредством которых осуществляется взаимодействие между нейронами. И оказалось, что когда мы обучаемся чему-то новому, это приводит к тому, что формируются новые контакты. И долговременная память, которая есть у человека, определяется наличием контактов именно этой группы нейронов, которая за что-то отвечает. То есть сначала нейроны активируются все вместе, а затем подтягивают какие-то контактики друг к другу, чтобы зафиксировать это взаимодействие. Интересно, что такие процессы происходят и во время развития, на самых ранних этапах онтогенеза. Это снимки человеческого мозга. Слева – новорожденного, далее – трехмесячный ребенок и двухлетний. Мы видим, что число контактов с возрастом увеличивается очень существенно. На самых ранних этапах нейроны почти не связаны друг с другом, но с течением времени оказывается, что они формируют все больше и больше связей с другими клетками.

Я понимаю, что как нейрофизиолог очень много работаю с нейронами и отношусь к ним «антропоморфически». Мне кажется, что та картина, которую мы здесь видим, похожа на то, что происходит с человеком. Когда мы рождаемся, мы контактируем с очень небольшим числом людей – с папой, с мамой. Наши взаимодействия ограничены этой группой. Потом мы вырастаем и выходим во двор, и начинаем играть в песочнице, и там оказывается, что у нас есть какие-то друзья, и мы какие-то другие взаимодействия осуществляем. Мы уже делаем что-то другое, у нас уже больше контактов. В школе мы познакомились со всеми параллельными классами, еще ходим в музыкальную школу или в кружок по рисованию. Закончив институт, пошли работать. Мы сидим в социальных сетях,



и у нас там, например, тысяча подписчиков и еще сто пятьдесят близких друзей. И оказывается, что с течением всей нашей жизни число наших взаимодействий и контактов возрастает. Приблизительно то же самое, мне кажется, мы видим у нейронов.

Интересно, что если мы будем ограничивать взаимодействия нейронов, то число контактов у них будет не такое выраженное. Грызунам созданы обогащенные условия содержания в лабораториях специально для того, чтобы показать, как полезно иметь разнообразную среду. В норме мы их держим в небольших лоточках по две особи. Там, кроме поилки и кормушки, ничего нет. Оказалось, что если мы содержим животных в обогащенных условиях, это приводит к образованию гораздо более сложной структуры нейронов по сравнению с животными, которых мы держим в обычных условиях. Для нейронов важно входить в как можно большее число групп. Это важно – все время приобретать новый опыт. Это важно – все время расширять свои взаимодействия.

Похожая ситуация наблюдается и у человека. У детей с нарушениями развития, выросших в обедненных условиях, нейроны мозга имеют меньше контактов друг с другом. История эта достаточно грустная. Где-то в начале 1980-х годов, если не ошибаюсь, в Румынии был введен запрет на аборт. Это привело к тому, что огромное число детей попало в детские дома. И поскольку был невероятный наплыв детей, необходимые условия для их нормального содержания отсутствовали. Там не было ничего. Обедненная среда и отсутствие необходимых взаимодействий. В это же время упал железный занавес. Какую-то часть этих детей усыновили иностранцы. Это был специальный проект, который велся на Западе, – по возможности компенсации у этих детей, которые отставали в развитии из-за того, что они находились в условиях обедненной среды с самого рождения. Было обнаружено, что чем в более раннем возрасте ребенок попал в приличные условия, тем в большей степени это может быть скомпенсировано. На один аспект хотела бы обратить ваше внимание. Если мы посмотрим на то, как выглядит мозг этих детей, на то, как выглядят нейроны в их мозге, то увидим, что у детей с задержками в развитии обнаруживается значительно меньше контактов на нейронах. Если мы сталкиваемся с ситуациями, когда человек не может что-то понять или сделать, это часто связано с тем, что что-то не так с его нейронами. Например, такое заболевание, как шизофрения (оказалось, что это не одно, а спектр заболеваний), связано, в частности, с неправильным расположением нейронов в гиппокампе. Из-за этого они неправильно ориентируют свои отростки и не формируют правильные нейронные группы, которые должны были бы формировать в норме.

На примере нейродегенеративных заболеваний, в частности, болезни Альцгеймера, мы видим то же самое, но как бы в обратную сторону. Болезнь Альцгеймера характеризуется тем, что люди сначала что-то не могут вспомнить (в принципе, мы все бываем в такой ситуации). Затем целые эпизоды выпадают из памяти. С течением времени они перестают помнить достаточно большие куски, могут не узнавать близких родственников, не помнить какие-то факты из своей жизни, постепенно теряют все больше своих возможностей и в итоге умирают. Параллельно с развитием этого заболевания мы наблюдаем выраженные изменения в нейронах этих пациентов. Ранние стадии болезни Альцгеймера характеризуются тем, что нейроны начинают сворачивать свои контакты, и чем дальше прогрессирует заболевание, тем меньше контактов остается у нейронов. Это приводит к их гибели. Нейроны не живут в одиночку, они не могут без взаимодействий, которые должны осуществлять с другими нейронами. То, что мы выучили совсем недавно, в первую очередь, будет «разваливаться» у нас в мозге,

Проект РШБА «Библиотека – центральный мозг и когнитивный ресурс развития инновационных образовательных процессов школы»



потому что самая недавняя информация содержится именно в активности, а затем она начинает фиксироваться за счет каких-то структурных и биохимических изменений внутри нейрона. Основа для формирования обучения – это возможность формировать нейронные группы посредством формирования таких контактов. Что же такое наша память, что такое воспоминание? Совсем недавно можно было прочитать в любом учебнике, что воспоминание или воспроизведение памяти – это когда возбуждение пролетает по проторенному пути. Было такое очень распространенное представление. Оно начинается с Декарта, который еще в XVIII веке сказал о том, что там, где духи пролетали некоторое время назад, теперь дух легче проходит через эти поры, и это и есть суть наших воспоминаний. Интересно, что в одном из новых известных западных учебников, который был опубликован в 2009 году, написана другая вещь, которая отражает то, о чем я вам рассказывала. Если мы что-то вспомнили – это значит, произошла активация той определенной нейронной группы, которая есть у нас в голове. Иногда бывает, что мы не можем что-нибудь вспомнить, например, фамилию какого-нибудь актёра. Это значит, что эта группа из пяти миллионов нейронов вместе сейчас почему-то не возбуждается. Мы вспомнили, что он играл вот в этом фильме. Мы какую-то сходную группу активировали. Мы вспомнили, что он когда-то был женат на Джулии Робертс, например. Это сработала какая-то другая группа. Постепенно мы, активируя разные группы, можем выйти на ту группу, которая составляет наши воспоминания о фамилии этого актёра. Откуда я это знаю? Опять же, у пациентов, которые ждут операции по удалению очага эпилепсии, проводился следующий эксперимент: им показывали разные видеофрагменты. Вы видите один из видеофрагментов и слышите потрескивание. Эти щелчки и есть возбуждение нейрона или его активация. Мы можем даже это слышать, если имеем соответствующие приборы. Вы слышите, что этот нейрон время от времени возбуждается или активируется. Чем больше он возбуждается, тем, соответственно, будет выше вот этот столбик. В процессе регистрации активности этого нейрона испытуемому или пациенту показывают видеофрагменты: Мартин Лютер Кинг практически не вызывает возбуждение нейрона, Мадонна и кадры из «Титаника» – тоже мимо. И только в тот момент, когда пациенту показывают мультик «Симпсоны» у него начинает активироваться этот нейрон. Интересно, что мультик уже закончился, а нейрон продолжает активироваться, только появление Мартина Лютера Кинга «успокаивает» этот нейрон. Для того чтобы понять, за что отвечает этот нейрон нужно несколько раз провести эту регистрацию. Здесь короткие видеофрагменты, и вы видите, что спустя несколько секунд этот нейрон вновь активируется. Можно предположить, что именно будет показано испытуемому в этот момент – «Симпсоны». И опять же, мультика уже нет, а нейрон все еще активен, человек все вспоминает и вспоминает, может быть, это была его любимая серия, трудно сейчас предположить. В целом этот эксперимент ничем не отличается от эксперимента, в котором был обнаружен нейрон «Дженнифер Энистон». Только вместо фотографий показывают видеофрагмент. Но затем испытуемых попросили вспомнить, что им показывали. И пациент сидит и вспоминает: что-то про Нью-Йорк там было (нейрон почти молчит), надпись «Голливуд»... И можно предположить, что сейчас, когда начинает активироваться тот же нейрон, он подумает о мультике. И он действительно говорит: «Симпсоны». И начинает смеяться, и активность нейрона все продолжается. Интересно, что активность нейрона началась до того, как он сказал «Симпсоны». То есть мы по началу активности нейрона могли сказать, что он подумал о «Симпсонах». Это очень интересный момент. Он многократно был подтверждён потом в других экспериментах. Можно попросить людей думать о Мерилин Монро и видеть, как у людей в этот момент нейрон активируется, и будет продолжать активироваться, пока человек думает



о Мерилин Монро. Получается, что когда мы мысленно что-то производим в голове, за этим лежит возможность активации определенной группы нейронов.

Интересно, что на животных можно показать, что если мы заставим специфическую группу нейронов активироваться, химически или с помощью подведения тока к нейрону, то это и вызывает какое-либо поведение (мы не можем с уверенностью сказать, что крыса подумала о чем-то).

Я сказала ранее (ссылаясь на учебник 2009 года), что мы воссоздаем прошлый опыт, синхронизируя определенную нейронную группу, которая была активна в тот самый первый момент, когда мы это знание приобретали. На самом деле есть огромное число экспериментов, которые показывают, что это не совсем так. Дело в том, что каждый раз, когда мы воссоздаем прошлый опыт, мы его меняем. Это очень давняя история, и впервые, наверное, известным британским психологом Ф. Ч. Бартлеттом было обнаружено, что наша память все время реорганизуется. Когда-то мы думали, что мы информацию в мозг положили, она у нас не стерлась сразу, зафиксировалась каким-то образом, и всё. Мы же помним огромное количество событий из нашей жизни. Кажется, что наша память – очень надежная вещь. Мы помним, что случилось, например, сорок лет назад.

Но Фредерик Бартлетт в своих экспериментах показал, что каждый раз, когда мы воссоздаем нашу память, мы ее изменяем. Он просил испытуемых, своих студентов, последовательно несколько раз описывать свои очень сложные и неоднозначные картины. Например, он приглашал студента и говорил: «Опишите, что вы видите на этой картине». И студент начинал описывать. Бартлетт приглашал его на следующий день, и просил: «Что вы помните из той картины? Опишите, пожалуйста». И так третий раз, и четвертый, и потом он смотрел, что получается. В десятый раз человек описывал эту картину как совершенно другую. Не было никакой связи с тем, что говорилось в самый первый раз. Интересно вот что: если человека попросить только один раз реактивировать этот опыт, окажется, что такого искажения не наблюдается. Искажения возникают из-за того, что мы все время мысленно возвращаемся к нашей памяти.

Эти очень интересные явления памяти были исследованы после каких-то серьезных событий – как, например, взрыв корабля «Челленджер» в 1986 году. Взлет этого корабля вся Америка наблюдала в прямом эфире. Он взорвался, и там погибли люди. Один из профессоров психологии (если не ошибаюсь) попросил на следующий день своих студентов письменно ответить на вопрос: «Знаете ли вы, что “Челленджер” взорвался, и как вы об этом узнали?» Они написали какие-то истории. С этого момента я фантазирую. Написали, например: «Я сидел, разговаривал с бабушкой, мне мама позвонила и сказала, что “Челленджер” взорвался». Интересно, что когда они выпускались несколько лет спустя, он опять их собрал и попросил написать на листочках, как они узнали, что «Челленджер» взорвался, и оказалось, что часто писались совсем другие истории. Студенты были изумлены, когда им показали листочки с прошлыми ответами. Возможно, этот феномен возникает из-за того, что средства массовой информации очень часто возвращаются к этому событию, сообщается что-то дополнительное, мысленно люди все время возвращались к тому, что там произошло. Эти возвраты, эта реактивация нашей памяти приводит к тому, что память реорганизуется.

Такие эксперименты по реорганизации памяти можно проводить целенаправленно. Есть такая известная исследовательница в США, Элизабет Лофтус, которая проводит эксперименты по формированию фальшивой или имплантированной памяти, ложной памяти. Можно позвать испытуемого и сказать: «Вы знаете, когда вы были маленьким, вы потерялись в Диснейленде». Далее подкрепить



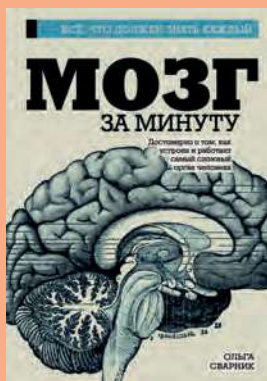
это свидетельскими показаниями близких родственников, которые скажут: «Как же, разве ты не помнишь? Мы вместе там ели мороженое». Любой ребенок там когда-нибудь ел мороженое. Когда я это говорю, даже мы с вами можем что-то реактивировать в голове: когда мы в последний раз ели мороженое или катались на карусели. Ведь любой ребенок когда-нибудь катался на карусели, и человек реактивирует эти воспоминания, и оказывается, что такая реактивация памяти может приводить к тому, что у человека появляется ощущение, что он действительно когда-то потерялся, например, в Диснейленде. В своих экспериментах Элизабет Лофтус показывала, что около 20–30 % испытуемых подвержены такой имплантации. Это можно сделать. В других экспериментах «имплантировали» память относительно того, что когда вот этот испытуемый был маленький, то он встречался с ростовой куклой Плуто. Они сделали две группы, одна из которых встречалась с хорошим Плуто, а другая – с плохим. «Хороший Плуто» – это та группа, которая получала фальшивые, естественно, газеты того времени, где было написано, что самый лучший работник месяца парка развлечений награжден, потому что он придумал лизать детей в уши, как настоящая собачка. А группе «Плохой Плуто» рассказывалась точно такая же история и тоже подкреплялась фальшивыми доказательствами, но в отрицательном контексте – предъявлялись газетные заметки о том, что разоблачен опасный маньяк, педофил, который в парке развлечений лизал детей в уши под видом ростовой куклы Плуто. То есть история абсолютно одинаковая, просто она описана по-разному, с разным знаком. И оказалось, что людям можно имплантировать такие истории относительно их далекого детства, и кроме того, это влияет на их дальнейшее поведение, например, на то, насколько люди после такой имплантации разной памяти желают тратить деньги в сувенирном магазине. И такую память уже нельзя стереть, нельзя просто прийти и сказать: «Вы знаете, у нас был такой интересный эксперимент. Мы показали, что память можно имплантировать. На самом деле вы не встречались с таким Плуто. Все это просто так. Ученые шутят». Интересно, что у животных есть возможность направленно менять или реорганизовывать эту память, ведь мы можем у животных проводить направленные реактивации. Это довольно простой эксперимент. Сажает животных вот в такую обстановку, в такой красный треугольник. Животное запоминает этот красный треугольник, и память об этом треугольнике – вот эти три нейрона, которые активируются. Мы можем пометить эти нейроны, которые составляют существенную часть памяти, и заставить их активироваться в любой момент путем простого освещения, когда нам этого хочется. Есть такие специальные технологии. Мы можем поместить затем животных в серый кубик и ударить их током по лапкам, и животное запомнит, что в этом кубике довольно опасно. Память об этом сером кубе – группа «серых» нейронов, эта группа активировалась при запоминании опасной обстановки. Но если мы при этом посветим на нейроны «красного треугольника», т. е. реактивируем группу вот из этих трех, которые связаны с красным треугольником, это приведет к тому, что мы искусственно соединим эти две группы в синхронной активности. И когда мы поместим животное в следующий раз в красный треугольник, оно по идее, не должно там бояться, потому что там память должна подсказывать животному, что не было ничего опасного. Но из-за того, что мы искусственно соединили две памяти за счет реактивации, это приводит к тому, что животное начинает бояться в красном треугольнике. Мы искусственно изменили память у этого животного. Мы можем делать такие вещи сейчас на животных, но, к счастью, не на человеке.

Завершая свой рассказ о том, каким образом мы приобретаем новую память, хочу подчеркнуть, что в любой момент времени у нас есть какие-то нейроны,



которые активны. Когда мы узнаем что-то новое, мы к этому новому уже подходим с какими-то нейронами, которые у нас в этот момент активируются, со своим прошлым опытом. И получается, что мы добавляем новые нейроны к тем группам, которые у нас уже есть. Это формирует большее число взаимодействий у нейронов, изменяет внутренний молекулярный состав нейронов. Это в итоге приводит к тому, что они формируют новые контакты друг с другом: теперь это уже такие структурные изменения, которые позволят спустя длительное время нам к этому вернуться. И затем, сформировав новую группу на основании предыдущего опыта и того, что с нами происходит сейчас, мы в любой момент времени можем реактивировать эту группу и, таким образом, ее реорганизовать. Хочу отдельно подчеркнуть это утверждение относительно предыдущего опыта. Никогда не бывает ситуации, что у нас «чистый лист» в голове, обучение – это формирование новой нейронной группы. Если, например, к этому моменту у человека не было абсолютно никакого предыдущего опыта, связанного со словами «мозг», «клетка», «обучение» и так далее, то максимум, что ему запомнится из моего сегодняшнего рассказа – это то, что слайды были на темно-синем фоне. (Кстати, там, на слайдах на темно-синем фоне, были видны изображения отдельных нейронов). Но если вы к этому моменту имели большой опыт подобных лекций или чтения какой-то литературы о мозге, о нейронах, о том, что такое обучение, то сегодняшний мой рассказ приведет к тому, что нейронные группы, которые у вас уже были, обогатятся дополнительными нейронами за счет тех, которые, может быть, недавно, две недели назад родились в голове. Может быть, они остались с эмбриогенеза в ожидании сегодняшнего дня, чтобы наконец влиться в дружную компанию остальных нейронов вашего мозга. И вот эта новая, сформировавшаяся группа теперь будет знанием относительно тех процессов, о которых я рассказывала. И вы, надеюсь, в любой момент сможете вернуться к этому воспоминанию, реактивировав эту группу с одного или другого конца. Важно, что когда мы очень часто говорим о том, что что-то не можем вспомнить, то это, скорее, невозможность вернуться к активации определенной специфической группы нейронов. Если вы пришли на лекцию с каким-то предварительным знанием относительно мозга и нейронов, то сегодняшнее дополнение легло более распределенным по мозгу образом. Чем с большим числом нейронов связана новая группа, тем больше вероятность выйти на ее реактивацию.

Я очень надеюсь, что мой рассказ показался вам достаточно интересным. Спасибо большое за ваше внимание!



**В издательстве АСТ
вышла новая книга Ольги Сварник
«Мозг за минуту».**

Чтобы разобраться в подлинных принципах работы мозга, следует перестать сопоставлять его с компьютером: метафора прижилась, но... давно устарела. На этих страницах – последние данные нейронауки, изложенные в доступной форме и наглядно проиллюстрированные.

Книгу можно заказать в интернет-магазинах:

«АСТ» www.ast.ru; «Московский Дом книги» www.mdk-arbat.ru
«Лабиринт» www.labirint.ru; «OZON.RU» www.ozon.ru и др.

**Проект РШБА «Библиотека – центральный мозг
и когнитивный ресурс развития инновационных
образовательных процессов школы»**