

## ГЛАВА 2

# Нейропластичность

У меня сохранились особенно яркие воспоминания о юности; они гораздо богаче и подробнее, чем воспоминания о детстве или зрелом возрасте. Мне немного за шестьдесят, однако я с поразительной точностью могу восстановить в памяти не только образы важных для меня людей, мест и событий из моей юности, но и сделать это в мельчайших деталях: услышать, как звучали голоса моих друзей; увидеть ноги конкретной девочки в клетчатой юбке и зеленых колготках, в которых она ходила в школу; ощутить тепло и аромат, исходящие от картонной коробки, которую я держал на коленях, сидя в автомобиле рядом с отцом, когда мы возвращались домой из пиццерии.

Разумеется, я помню, что происходило со мной и когда я был ребенком, и в зрелом возрасте. Только вот большинство этих воспоминаний касаются основных событий жизни, которые помнит практически любой человек: переезд в новый дом, новый домашний питомец, первое предложение о работе, предложение руки и сердца, рождение ребенка. Мои воспоминания о повседневной жизни, когда я был ребенком или взрослым, расплывчаты и не слишком подробны — как пересказ Вуди Алленом романа «Война и мир», который он только что прочитал с помощью техники скорочтения: «Это о России». Примерно такой уровень детализации соответствует моим воспоминаниям о целых годах из моего детства и зрелости. При этом по какой-то причине мозг сохранил картинку о самых повседневных событиях юности в 3D-формате, с высокой четкостью.

Это тем более удивительно, что сами по себе годы моей юности были довольно заурядными. Моя семья не пережила никакой ужасной

трагедии, и мы не сорвали джек-пот в лотерею. Мне невероятно повезло: когда я был подростком, мне не пришлось пережить развод родителей, серьезную болезнь, смерть близких или другие значительные изменения в привычном укладе жизни. День за днем проходили размеренно и предсказуемо, как эскалатор в аэропорту.

Честно говоря, я не понимаю, почему память выделяет мою юность по сравнению с детством и взрослым возрастом. Если бы я взялся составить список наиболее важных событий своей жизни, то оказалось бы, что значительных и поворотных явлений в подростковом возрасте было гораздо меньше, чем в возрасте от 30 до 40, когда я женился, стал отцом, дважды сменил работу, жил в трех городах и стал «пожизненным» профессором\*. И все же мои воспоминания о юности гораздо ярче и полнее.

В течение многих лет я интересовался у коллег и друзей, совпадают ли их ощущения с моими, и по крайней мере 90% из них были со мной согласны. Практически у всех воспоминания о подростковом возрасте более насыщенные, чем о любом другом периоде жизни.

## Эффект «пика воспоминаний»

Этот феномен — способность вспоминать непропорционально большое количество событий, относящихся к своей юности, — в психологии получил название «пик воспоминаний»<sup>36</sup>. Результаты контролируемых экспериментов, в которых учитывался возраст респондентов (этот фактор имеет значение, поскольку в среднем люди легче вспоминают недавние события), подтвердили субъективные ощущения: люди вспоминают события, произошедшие с ними в возрасте от 10 до 25 лет, чаще, чем события других периодов жизни.

Причина не в том, что наша *способность* к запоминанию в целом лучше в подростковом возрасте. Навыки запоминания улучшаются в период между детством и подростковым периодом, но способность запоминать остается у человека отличной вплоть до возраста 45 лет и старше<sup>37</sup>, когда начинается спад умственной активности, предсказуемо наступающий в позднем зрелом возрасте. Возрастные изменения могут объяснить, почему мы лучше помним события своей юности, чем детства, но они

\* Пожизненный контракт (*tenure*) без права увольнения администрацией предоставляется в университетах США и Канады избранным представителям старшего профессорско-преподавательского состава. *Прим. перев.*

не объясняют, почему мы помним этот период лучше, чем возраст после тридцати или чуть за сорок.

Если эффект «пика воспоминаний» нельзя объяснить более результативной работой памяти в подростковые годы, возможно, все дело в характере самих запомнившихся событий. Поскольку эта гипотеза звучит достаточно правдоподобно, она легла в основу большого числа исследований. Были предложены три основные версии этой базовой гипотезы.

Первая версия: в этом возрасте многое происходит с нами впервые (первый поцелуй, первая работа, первый автомобиль, первый стакан пива), а, согласно исследованиям, все новое запоминается лучше, чем что-то уже знакомое.

Вторая версия: события, происходящие в юности, как правило, в целом более значимы и эмоционально окрашены. Многие из них объективно более важны: завершение учебы, начало самостоятельной жизни, первый сексуальный опыт — неудивительно, что мы вспоминаем больше событий этого периода жизни. Мозг вспоминает сильные по эмоциональному накалу события<sup>38</sup> с особой ясностью (но, как оказалось, не с большей точностью). А поскольку юность — период сильных переживаний, можно предположить, что у людей сохраняется больше воспоминаний об этом времени.

Наконец, некоторые ученые считают, что, поскольку юность — это тот жизненный этап, когда впервые формируется идентичность личности, то события, происходящие в эти годы, воспринимаются как способствующие самоидентификации. Они легче запоминаются и по мере взросления человека встраиваются в его автобиографическую память<sup>39</sup>.

Эти гипотезы звучат убедительно. И все же они неверны. Юность действительно наполнена новыми, эмоциональными и значимыми событиями, формирующими личность человека, однако это не повод, чтобы помнить эти события лучше, чем все остальное.

Ученые доказали это, проведя следующий эксперимент<sup>40</sup>. Группе испытуемых показали списки самых обычных слов, например «книга» или «шторм», и дали задание записать по одному воспоминанию, которое вызывает у них каждое слово. После этого респондентов попросили вспомнить, сколько примерно им было лет, когда произошло каждое из описанных ими событий. После этого участникам предложили

оценить каждое из воспоминаний по одному или нескольким критериям, таким как новизна, значимость или эмоциональность события.

Вы вряд ли удивитесь, узнав, что в среднем участники эксперимента вспомнили *больше* событий из юности, чем из других периодов жизни. Однако события, которые они вспомнили, отличались не большей новизной, важностью, эмоциональностью или персональной значимостью, чем события из других возрастных периодов. Фактически большая часть того, что мы вспоминаем о юности, — это незначительные *повседневные* вещи. Необычные, эмоционально окрашенные, значимые события, формирующие идентичность личности, запоминаются вне зависимости от возраста, в котором они произошли. А вот обычные лучше запоминаются в юности. На этом жизненном этапе происходит нечто такое, что заставляет даже незначительные моменты отпечатываться глубоко в памяти.

Кроме того, мы лучше помним музыку, книги и фильмы этого периода своей жизни<sup>41</sup>, так же как и впечатления, людей и места. Это же касается и особенно удивительных новостей, поскольку обычно подростки не слишком интересуются текущими событиями.

Эффект «пика воспоминаний» имеет большое значение по ряду причин. Поскольку он не связан с характером событий, происходящих в юности, должно быть, все дело в особом режиме работы механизма памяти в течение этого возрастного периода, что делает юность сокровищницей воспоминаний.

В подростковом периоде особый характер запоминания повседневных событий, словно «запоминающее устройство» головного мозга откалибровано на работу в сверхчувствительном режиме. Когда в процессе определенного события в организме происходит выброс нейромедиаторов, таких как дофамин, запомнить это событие легче, чем когда уровень этих гормонов не настолько высок. Выброс этих гормонов происходит у человека под воздействием сильных эмоций, отрицательных или положительных. Как мы увидим далее, области головного мозга, отвечающие за сильные эмоции, в подростковом возрасте отличаются особой чувствительностью. В результате гормональный фон организма определяет более глубокую степень запоминания<sup>42</sup>. Эффект «пика воспоминаний» объясняется не тем, что в юности происходят более эмоциональные события, а тем, что самые обычные события вызывают более сильный эмоциональный отклик.

## Пластичность головного мозга в подростковом возрасте

Эффект «пика воспоминаний» подтверждает, что в подростковом возрасте головной мозг отличается особенной чувствительностью к воздействию окружающей среды. Мы с легкостью запоминаем события юности потому, что повышенная чувствительность головного мозга к влиянию окружающей среды заставляет механизм памяти запечатлевать события глубже, подробнее и на более длительный срок. Неслучайно огромное количество автобиографических и художественных произведений охватывают именно возраст юности; юность называют периодом второго рождения. Писатели, сценаристы, философы и авторы мемуаров, возможно, не знают механизмов нейробиологических изменений, происходящих в организме в этом возрасте, но они абсолютно верно отмечают, насколько он важен для формирования и развития личности.

До недавних пор специалисты в области нейронауки считали, что пластичность процессов развития характерна преимущественно для раннего периода жизни: головной мозг быстро созревает, его основные способности динамично улучшаются (например, зрение), формируются (например, речь) и закрепляются (например, моторные навыки). Структура головного мозга в большей степени формируется в первые годы жизни, чем в любой другой период.

После того как структуры головного мозга, развившиеся в течение первых лет жизни, переходят в фазу зрелости, изменить их бывает крайне сложно. Вот почему настолько сложно восполнить то, чего ребенку не хватало в первые годы жизни. У младенцев, живущих в детских домах без соответствующего стимулирования со стороны окружающей среды, наблюдаются отклонения в развитии, если они продолжают находиться в подобной обстановке после двухлетнего возраста. В одном из обширных исследований, посвященных проблемам детей, находящихся на попечении государства<sup>43</sup>, сравнивались две группы румынских детей. Дети из первой группы были случайным образом помещены в семьи на патронатное воспитание, а дети из второй группы остались в детских домах после того, как им исполнилось два года. Первые демонстрировали более высокий уровень интеллектуального развития, например уровень IQ, чем их сверстники из детских домов. Кроме того, у этих детей была гораздо ниже вероятность возникновения психологических и поведенческих проблем.

Сегодня мы знаем, что подростковый возраст является столь же значительным периодом для реорганизации структуры головного мозга и нейропластичности. И следует особенно тщательно отнестись к тому, какой опыт получают молодые люди в период их перехода от детства к взрослой жизни.

Кроме того, необходимо пересмотреть непреложное убеждение в уникальной важности первых лет жизни. Головной мозг действительно отличается особенной способностью к изменениям в течение первых нескольких лет жизни, и он действительно теряет часть этой способности в последующие годы. Однако новые исследования подтверждают, что нейропластичность головного мозга повышается в подростковый период и сохраняется на этом относительно высоком уровне до наступления зрелого возраста. Сравнение нейропластичности головного мозга в подростковом возрасте и в первые годы жизни не совсем корректно, поскольку, как я объясню далее, во время этих возрастных периодов способностью к изменению обладают разные области головного мозга.

За последние два десятилетия представления о нейропластичности головного мозга менялись не раз. Вплоть до недавнего времени считалось, что в зрелом возрасте головной мозг практически полностью утрачивает способность к изменениям под воздействием опыта. Оказалось, что это не так. Головной мозг взрослого человека, конечно, не настолько способен к изменениям, как мозг подростка, но *меньшая* степень нейропластичности не означает полное ее *отсутствие*. (Другой вопрос, знаем ли мы, как воспользоваться преимуществами, которые появляются перед нами благодаря этому открытию.) Кроме того, раньше существовало мнение, что человек от рождения обладает конечным числом клеток мозга и что по мере взросления новые нейроны не образуются. Это тоже оказалось заблуждением.

## Нейропластичность имеет цель

Прилагательное «пластичный» происходит от греческого *plastikos* — производного от глагола *plassein*, что означает «отливать в форму». Подобно заливной в форму пластмассе, способности головного мозга со временем изменяются от состояния относительной гибкости (в детском и подростковом возрасте) до состояния относительной ригидности (в пожилом возрасте).

Большинство из нас согласятся с тем, что личность формируется под воздействием факторов окружающей среды; что она определяется не только набором генов, унаследованных от родителей, но и жизненным опытом человека. Можно представить, хотя и на весьма примитивном уровне, где именно локализуется генетическое влияние на личность: эта информация записана в цепочках молекул ДНК, имеющихсся в каждой клетке организма. Известно также, откуда берется этот генетический код: он становится частью организма с момента зачатия, формируясь за счет избирательного соединения генетического материала каждого из родителей.

Сложнее представить, как становится частью личности *эмпирический опыт* и где этот опыт хранится в человеке. Вас не удивят результаты исследований: дети, которых били родители, становятся более агрессивными; молодым людям, которые росли в счастливых, любящих семьях, бывает легче выстраивать близкие романтические отношения; малышам, которым родители регулярно читали вслух, легче дается процесс обучения, когда они начинают посещать детский сад. Скорее всего, вы интуитивно понимаете, почему рукоприкладство по отношению к ребенку порождает агрессию; наглядный опыт счастливых семейных отношений помогает детям формировать более качественные личные взаимоотношения в дальнейшем в жизни, а интеллектуальное стимулирование дома помогает детям учиться в школе.

Однако признать, что определенный опыт ведет к конкретным результатам, или даже объяснить с помощью убедительной психологической теории, почему так происходит, не значит понимать внутренние биологические процессы, связывающие опыт с развитием. *Как* опыт телесных наказаний влияет на намерение ребенка бить других? *Как* взросление в семье, где родители относятся друг к другу с уважением и любовью, формирует способность ребенка к таким же отношениям? *Как* чтение вслух стимулирует развитие интеллектуальных способностей ребенка?

Пластичность — это способность мозга изменяться под воздействием внешнего мира. Если бы опыт не приводил к изменениям в структуре головного мозга, человек не был бы способен к запоминанию.

Поскольку пластичность позволяет нам обучаться на основе практического опыта, она обеспечивает адаптацию к окружающей среде. В головном мозге произошли изменения, когда вы в первый

раз обожглись, и это заставляет вас избегать открытого огня, как бы заманчиво ни выглядело пламя.

Нейропластичность головного мозга является фундаментальным компонентом эволюционного наследия человечества. Без нее далекие предки человека не смогли бы запомнить, какие внешние условия безопасны и благоприятны, потому что они обеспечивают его пищей или водой, а чего следует избегать, потому что это опасно. Способность к изменению головного мозга — одно из огромных преимуществ человека, поскольку позволяет приобретать новую информацию и способности. Таким образом, периоды повышенной пластичности головного мозга — младенчество или подростковый возраст — представляют собой благоприятные моменты для вмешательства, чтобы стимулировать положительное развитие.

В то же время способность к изменению заключает в себе и крупные риски, поскольку в эти периоды повышенной чувствительности головной мозг более уязвим перед физическим (употребление наркотиков или вредная окружающая среда) или психологическим воздействием (стрессы или эмоциональные травмы). Пластичность открывает «окна» мозга внешнему миру, но через открытые окна могут проникать не только океанский бриз, пение птиц и аромат цветов, но и пыль, шум и комары. Когда эти «окна» открыты особенно широко, как в младенчестве и в подростковом возрасте, нужно особенно внимательно следить за тем, что попадает через них внутрь.

## Формирование более эффективного мозга

Существует два типа нейропластичности<sup>44</sup> головного мозга. «Пластичность процессов развития» определяет способность головного мозга меняться в ходе его развития, когда значительным образом трансформируется его анатомия. Некоторые из этих изменений включают развитие или потерю клеток мозга, но наиболее важные касаются «связей» в мозге, то есть того, как сотня миллиардов нейронов взаимодействует между собой.

Точно так же как в одних домах все коммуникации действуют лучше, чем в других, головной мозг одних детей приобретает более эффективную организацию в периоды повышенной нейропластичности,

чем других. И подобно тому как квалифицированные электрики и водопроводчики знают, как построить самую лучшую коммунальную инфраструктуру, специалисты в области развития головного мозга подошли вплотную к пониманию того, как развить более эффективный мозг.

Представьте, если бы каждая электрическая розетка в вашем доме была соединена со всеми остальными розетками, независимо от их расположения: в кухне, в спальняной комнате, в коридоре и так далее. Если бы у вас было четыре комнаты и всего по четыре розетки в каждой, то от каждой розетки отходило бы по пятнадцать проводов. Вообразите этот клубок проводов за вашими стенами и подумайте, насколько неэффективна подобная система! Электричество текло бы по проводам к розеткам, где оно не нужно, что оборачивалось бы пустой потерей энергии и времени. Именно ради повышения эффективности электрические розетки в домах организованы в группы, соединенные через отдельные электрические цепи.

Головной мозг также функционирует эффективно благодаря тому, что нейроны соединены между собой выборочно, а не все вместе. При рождении человек имеет самое большое количество нейронов за всю жизнь. В течение первых лет жизни в головном мозге не формируется много новых нейронов<sup>45</sup>, зато образуются миллиарды связей между ними. Это масштабный процесс. В течение первых шести месяцев после рождения сто тысяч новых связей между нейронами образуется *каждую секунду*<sup>46</sup>. Вот что такое масштаб!

Важно, чтобы сеть нейронов головного мозга была хорошо организована, поскольку было бы крайне неэффективно, если бы каждый нейрон соединялся со всеми остальными нейронами (и это невозможно физически, так как в этом случае совокупный объем всех связей потребовал бы места размером с Манхэттен<sup>47</sup>). Создание межнейронных соединений (синапсов) в младенческом возрасте бывает избыточным.

Таким образом, частью эволюционной пластичности является ликвидация излишних синаптических связей — так называемый прунинг\*. В головном мозге ребенка в возрасте одного года почти в два раза больше межнейронных соединений, чем в головном мозге взрослого человека.

---

\* Название происходит от английского глагола *to prune* — прореживать, подрезать ветви (кустарника, дерева). *Прим. перев.*

Процесс прунинга позволяет мозгу функционировать более эффективно, подобно тому как обрезание дерева позволяет оставшимся веткам расти активнее. Это часть более масштабного процесса, посредством которого формируется нейронная сеть в головном мозге: синаптические связи создаются, укрепляются, ослабевают или ликвидируются.

Области головного мозга, отвечающие за функционирование основных органов чувств, например зрение и слух, подвергаются процессу прунинга на раннем этапе жизни и не претерпевают существенных изменений впоследствии, если только не случится травмы мозга или болезни. Гораздо больше времени требует прунинг областей мозга, контролирующих когнитивные функции более высокого уровня, например способность к принятию сложных решений. Многие из этих систем головного мозга достигают у человека окончательной зрелости только к 20 годам или старше. В этих областях мозга в подростковом возрасте происходит наиболее активный процесс прунинга<sup>48</sup>, именно поэтому способность человека к выполнению когнитивных функций высшего уровня формируется под влиянием опыта, полученного в этом возрасте.

## Пластичность головного мозга в зрелом возрасте

Благодаря эволюционной пластичности под влиянием опыта происходит моделирование развивающихся структур головного мозга, и это может продолжаться примерно до 25 лет. Другой тип пластичности — пластичность головного мозга в зрелом возрасте. Поскольку каждый раз, когда мы получаем новые знания или развиваем свои умения, в структуре мозга происходят устойчивые биологические изменения, определенная способность к изменениям присуща мозгу в любом возрасте. Тем не менее эти два вида пластичности различаются<sup>49</sup>.

Во-первых, пластичность мозга в зрелом возрасте, в отличие от эволюционной пластичности, не вносит фундаментальных изменений в структуру головного мозга. Эволюционная пластичность предполагает рост новых клеток мозга и формирование новых связей. Пластичность мозга в зрелом возрасте подразумевает лишь незначительные изменения уже существующих связей. Это похоже на разницу между обучением чтению (навык, меняющий жизнь человека) и чтением новой книги (изменение не столь радикальное).

Во-вторых, пластичность мозга в зрелом возрасте характеризуется тем, что системы мозга в меньшей степени способны к изменениям. Под влиянием внешнего опыта развивающийся мозг химически предрасположен к изменениям<sup>50</sup>, как влажная глина, в то время как зрелый мозг сопротивляется изменениям, как та же самая глина, но уже застывшая. Именно по этой причине у человека не улучшаются зрение или слух после того, как он вырос из младенческого возраста, и поэтому детям проще, чем взрослым, научиться кататься на скейтборде или серфе. К тому времени, когда человек взрослеет, системы головного мозга, отвечающие за зрение, слух, координацию движений, уже сформировались и «застыли». Выучить иностранный язык также проще в подростковом возрасте, чем в зрелом, когда системы мозга, отвечающие за развитие языковых навыков, уже сформировались.

Наконец, так как способность к изменениям у развивающегося мозга выше, на него может оказывать влияние гораздо более широкий спектр внешнего опыта, чем на зрелый мозг. Когда головной мозг находится в стадии развития, его формирование происходит под влиянием такого опыта, который мы даже не осознаем. В зрелом возрасте нужно уделять внимание получаемому опыту, чтобы он оказал ожидаемое влияние.

Развивающийся мозг формируется под влиянием как пассивного созерцания, так и активного опыта<sup>51</sup>. Это значит, что до момента полной зрелости головного мозга на человека оказывает устойчивое влияние *любой* опыт — и положительный, и отрицательный, осознает ли он это или нет. Неудивительно, что воспоминаний из подросткового периода у человека обычно больше всего. Хотя я не старался намеренно запомнить зеленые колготки той девочки или поездку домой с коробкой пиццы на коленях, эти картинки и ощущения, которые они вызвали, глубоко запечатлелись в моей памяти в этом возрасте. Пластичность мозга в подростковом периоде не объясняет, почему каждый из нас запоминает конкретные моменты своей юности, но может объяснить преобладающее число этих воспоминаний\*.

\* Почему же тогда мы так плохо помним события первых лет жизни, если способность мозга к изменениям также очень высока в младенческом возрасте? У очень немногих людей сохраняются воспоминания о периоде их жизни до трех лет. Есть предположение, что формирование новых нейронов в младенчестве, происходящее в участке мозга под названием гиппокамп, важном для консолидации памяти, стирает информацию о ранее произошедших событиях (развитие новых нейронов значительно замедляется после первых лет жизни). Иными словами, в младенческом возрасте один тип пластичности (развитие новых нейронов) нейтрализует эффект другого типа (развитие новых нейронных связей).

## Пластичность мозга локальна

Формирование мозга происходит постепенно. Разные системы мозга развиваются в разное время и имеют разные периоды эволюционной пластичности, которые иногда называют «сензитивными периодами»<sup>52</sup>. Системы мозга, которые отвечают за базовые способности человека, например способность видеть, слышать, обучаться, характеризуются ранними и краткими сензитивными периодами, обычно в течение первых нескольких месяцев жизни. Системы мозга, которые регулируют способности более высокого уровня, например языковые навыки или эмоциональную привязанность к родителям, имеют более поздний и продолжительный период пластичности, как правило, охватывающий первые два года жизни.

Системы головного мозга, контролирующие способности высшего уровня, например логического мышления, планирования, многие аспекты саморегуляции, имеют гораздо более длительный период пластичности. Многие аспекты этих систем обретают полную зрелость к возрасту 20 или даже 25 лет<sup>53</sup>.

Хотя системы головного мозга, которые развиваются рано и контролируют самые необходимые способности, также подвержены внешнему воздействию, незначительные изменения в окружающей среде оказывают на них меньшее влияние, чем на системы, регулирующие более сложные функции. Раннее формирование базовых систем мозга в основном определяется биологической программой, записанной в нашем генетическом коде, которая начинает реализовываться, когда плод еще находится в утробе матери, и продолжается в первые месяцы жизни. Это имеет смысл. Ограниченная пластичность этих базовых систем повышает вероятность формирования прочного нейронного основания для развития способностей более высокого уровня независимо от условий внешней среды, в которой родился ребенок.

Возьмем, например, зрение. Действительно, требуется небольшая визуальная стимуляция, чтобы у младенца развивалась способность видеть, однако уровень и характер необходимого внешнего опыта примерно одинаков у всех младенцев. Для развития нормального зрения не нужны модные подвижные мобили, дорогостоящие предметы, на которых младенец фокусирует внимание, или специальная обстановка. Точно так же практически у всех младенцев развивается базовая способность

производить и понимать речь, потому что главный внешний опыт, важный для развития языковых навыков, — это просто слушать, как говорят другие, а это доступно почти всем младенцам.

Внешний опыт, необходимый для стимулирования развития зрения или речи<sup>54</sup>, можно найти в самой обычной окружающей среде. Все дети независимо от того, где они родились, имеют возможность смотреть на какие-то предметы, и почти все они слышат звуки человеческого голоса. Если представить, что младенец растет в полной темноте и без единого звука человеческой речи, его зрение и языковые навыки будут развиваться с отклонениями от нормы. Но чтобы получить столь неестественный результат, ребенка нужно поместить в такие экстремальные условия.

Системы головного мозга, контролирующие более сложные навыки, обладают более высокой способностью к изменениям, поэтому отличия во внешнем опыте в значительной мере влияют на их развитие и окончательное формирование. Развитие этого типа способностей существенно зависит от особенностей окружающей среды, в которой происходит формирование этих систем мозга.

Способности видеть, слышать, обучаться, передвигаться являются базовыми и не зависят от того, где родился ребенок. Одна из причин, почему бывает настолько утомительно выслушивать от других людей рассказы о «необыкновенных» достижениях их новорожденных детей, заключается в том, что эти достижения, как правило, мало чем отличаются от достижений остальных детей. Обычно младенцы, растущие в благоприятных условиях, развиваются примерно одинаково и примерно в одном темпе.

В то же время способности, которые развиваются в подростковом возрасте, не столь необходимы для физического выживания, как те, что формируются в раннем детстве. Можно вполне обойтись без умения мыслить логически, планировать заранее или контролировать собственные эмоции (масса нелогичных, импульсивных и несдержанных взрослых тому пример). Эти навыки пригодились бы во многих ситуациях, но они не так критичны, как способность видеть, обучаться или передвигаться. Их ценность зависит от условий окружающей среды, в которых развивается конкретный человек.

В отличие от базовых навыков, развитие которых строго регулируется заданной биологической программой, совершенствованию более

сложных способностей эволюция оставила люфт для маневра. Именно поэтому существует масса градаций того, насколько хорошо разные люди мыслят логически, планируют будущее и контролируют свои эмоции, но гораздо меньше вариантов того, насколько хорошо они видят, слышат и передвигаются.

В далеком прошлом не всякая окружающая среда требовала повышенного уровня когнитивных способностей. Когда люди жили в условиях ежедневной борьбы за физическое выживание, им, скорее всего, требовалось быстро бегать, чтобы спастись от хищников, но не нужно было умение тщательно планировать свое будущее на несколько месяцев вперед. Наоборот, люди, слишком долго обдумывавшие ситуацию, прежде чем броситься наутек, имели больше шансов стать чьим-нибудь обедом.

Тем не менее в современном обществе, где формальное образование чрезвычайно важно для достижения успеха, люди, неспособные к логическому мышлению, планированию и саморегуляции, находятся в заведомо невыгодном положении. А тот факт, что развитие этих способностей в значительной степени зависит от влияния окружающей среды, — палка о двух концах. Системы головного мозга, отвечающие за развитие способностей более высокого уровня, остаются пластичными в течение продолжительного времени, что позволяет им формироваться под воздействием внешнего опыта. Людям, которые находятся в благоприятном окружении, пластичность этих систем головного мозга идет на пользу. Для тех, у кого жизненная ситуация не столь радужная, та же самая пластичность может обернуться катастрофой.

При этом значительную роль играет не только опыт, приобретенный в раннем детстве. Способности более высокого уровня не смогут развиться, если для них не подготовлена соответствующая почва в течение первых лет жизни: невозможно развить способность к планированию без способности учиться на своем опыте. Однако успешное развитие систем головного мозга в детстве не является гарантией, что навыки более высокого уровня смогут развиться в полной мере. Чтобы это произошло, мозгу требуется дополнительный опыт.

По этой причине спор о том, когда мозг наиболее пластичен, лишен всякого смысла<sup>55</sup>. На вопросы, когда мозг наиболее пластичен и когда пластичность наиболее важна, лучше всего ответить другим вопросом: «Наиболее пластичен в какой области или наиболее важна для какой

*цели?»* На разных этапах личностного развития один и тот же опыт влияет на разные области головного мозга в зависимости от того, какие из них в этот момент наиболее чувствительны к изменениям. Например, в ходе исследования, как воздействуют на головной мозг детей случаи сексуального насилия, выяснилось, что область головного мозга, реагирующая на подобный случай, отличалась в зависимости от возраста<sup>56</sup>, в котором это произошло. Сексуальное насилие в раннем детстве влияло на гиппокамп — часть головного мозга, участвующую в механизмах консолидации памяти. Сексуальное насилие в подростковом возрасте влияло на префронтальную кору — часть головного мозга, особенно пластичную в этом возрасте и отвечающую за самоконтроль.

Если бы нашей целью было воспитание детей, способных обучаться, общаться и формировать привязанности, мы могли бы остановиться на обеспечении адекватного стимулирования развития в раннем детстве. Однако если мы хотим воспитать детей, способных осознавать потребности других людей, их мотивацию и намерения; строить и осуществлять планы; прогнозировать долгосрочные последствия своих действий; контролировать собственное поведение, эмоции и мысли, — мы не можем просто обеспечить стимулирование развития в раннем возрасте, а затем скрестить пальцы на удачу и надеяться на лучшее. Для того чтобы достичь озвученных целей, необходимо обеспечить правильное стимулирование в то время, когда системы мозга, регулирующие эти способности, пластичны, и особенно сосредоточиться на периодах, когда способность мозга к изменениям под влиянием опыта наиболее высока.

## Ваша самая важная сеть — это не Facebook

Для того чтобы понять, как и почему головной мозг отличается повышенной пластичностью в подростковом возрасте, стоит узнать немного больше о механизмах работы головного мозга.

Функционирование головного мозга осуществляется за счет передачи электрических импульсов по сетям, состоящим из связанных между собой клеток мозга, которые называются нейронами. В нейроне выделяют три части: тело нейрона, или сома; удлинённый отросток — аксон, на конце которого расположены терминальные ветви; и тысячи

крошечных древовидных расширений в начале нейронов — дендриты, визуально напоминающие корневую систему растения. В мозге взрослого человека каждый нейрон имеет до десяти тысяч соединений. В совокупности нейроны и вспомогательные клетки нервной ткани (глиальные клетки) образуют серое вещество головного мозга.

Электрические импульсы, двигаясь по нейронной сети, передаются от одного нейрона через аксон и принимаются другим нейроном через дендриты. Передачу электрического импульса от одного нейрона к другому можно рассматривать как передачу информации по этой особой цепи — так бегуны в эстафете вручают друг другу эстафетную палочку. Все наши мысли, ощущения, эмоции или действия определяются потоком электрических импульсов по нейронным сетям в мозге.

Аксон одного нейрона соединяется с дендритами другого иначе, чем электрические провода с выключателем. Место контакта аксона одной нервной клетки и дендритов другой, через которое электрическим путем передаются импульсы, называется синапсом. Для того чтобы произошла передача импульса от одного нейрона к соседнему, электрический разряд должен «перепрыгнуть» синаптическую щель. Как это происходит?

Передача сигнала к другим нервным клеткам совершается благодаря высвобождению особых биологически активных химических веществ, которые называются нейромедиаторами, или нейротрансмиттерами. Вероятно, вы что-то слышали о дофамине и серотонине. (Почему дофамин играет чрезвычайно важную роль в развитии мозга в подростковом периоде, я объясню в главе 4.) Действие большинства наиболее часто рекомендуемых антидепрессантов, например, основано на изменении количества серотонина в сетях мозга, что позволяет контролировать настроение.

Когда нейротрансмиттер высвобождается из терминальных ветвей аксона «передающего» нейрона, пересекает синаптическую щель и достигает рецептора «принимающего» нейрона, происходит химическая реакция, которая вызывает новый электрический импульс, а он таким же образом передается следующему нейрону в сети, «перепрыгивая» через синаптическую щель с помощью нейромедиатора. Этот процесс повторяется каждый раз, когда информация передается по сложной сети нейронов головного мозга.

Каждый нейромедиатор имеет специфическую молекулярную структуру, соответствующую рецептору, предназначенному именно для этого нейротрансмиттера: это можно сравнить с замком и ключом от него. Импульс, который стимулирует нейрон к выбросу дофамина, вызывает реакцию в нейроне, имеющем дофаминовые рецепторы. Так обеспечивается упорядоченное функционирование головного мозга: если бы каждый импульс приводил к беспорядочному стимулированию всех соседних нейронов, было бы невозможно сохранить и поддерживать четкие нервные цепи, а это обернулось бы огромной проблемой для органа, уместяющегося внутри черепной коробки и при этом состоящего из сотни миллиардов нейронов, каждый из которых создает десять тысяч соединений. Таким образом, активация нейрона, который является частью нервной цепи, регулирующей эмоциональное состояние, оказывает влияние на настроение человека, а не на его движение большим пальцем ноги.

В процессе передачи электрических импульсов по нервным цепям участвуют и другие клетки мозга. Они образуют электроизолирующую оболочку с высоким содержанием липидов, покрывающую аксоны определенных нейронов, как оплетка вокруг электрического провода. Эта оболочка называется миелиновой, а миелинизированные нейроны — белым веществом мозга. Миелин «изолирует» нервные цепи, обеспечивая движение импульса по заданному маршруту. Нервные цепи, покрытые миелиновой оболочкой, проводят импульсы в сотни раз быстрее, чем немиелинизированные, делая их более эффективными, особенно если цепи покрывают обширную область. Рассеянный, или множественный склероз — это аутоиммунное заболевание, при котором поражается миелиновая оболочка нервных волокон головного и спинного мозга, что влияет на передачу электрических импульсов в мозге и нервной системе, нарушая координацию движений и равновесие.

Количество миелина в головном мозге увеличивается почти до 50 лет, формируя оболочку для все большего числа нервных волокон по мере взросления человека. Наряду с ремоделированием соединений между нейронами миелинизация нервных цепей является важным фактором пластичности головного мозга. Однако в то время как ремоделирование нейронных соединений обеспечивает мозгу способность к изменениям (нервные цепи, усиленные сегодня, могут в какой-то момент ослабеть,

и наоборот), процесс миелинизации обеспечивает устойчивость уже сформированных нервных цепей<sup>57</sup>, а не создает новые. Одна из причин снижения пластичности мозга при достижении человеком взрослого возраста состоит в том, что у подростков в головном мозге увеличивается количество белков<sup>58</sup>, препятствующих образованию новых синапсов, а также белков другого типа, обеспечивающих процесс миелинизации. В результате снижается способность мозга к изменениям соединений между нейронами.

## Опыт в «зоне ближайшего развития» меняет структуру мозга

Сравнение работы головного мозга с электрической разводкой помогает лишь до определенного момента: есть очень важный аспект, в котором эта аналогия не работает. Чем чаще вы включаете и выключаете электрическую лампочку, тем быстрее она износится и потребует замены. В отношении головного мозга все наоборот. Чем чаще активизируется определенная нервная цепь мозга, тем крепче она становится, так как число соединений между нейронами увеличивается. Вероятно, наиболее известным подтверждением этого факта являются результаты исследования с участием лондонских таксистов<sup>59</sup>, которым для получения лицензии на работу необходимо сдать серьезный тест на знание улиц Лондона. Результаты повторных сканирований головного мозга участников эксперимента показали, что в процессе подготовки к сдаче теста количество серого вещества в головном мозге увеличилось, то есть увеличилось число соединений между нейронами, особенно в областях головного мозга, отвечающих за запоминание географической информации.

Иными словами, те самые нейронные связи, которые позволяют нам что-то делать: размышлять на конкретную тему, испытывать определенные эмоции, выполнять что-то особенное, запомнить карту городских улиц — укрепляются каждый раз при выполнении этого действия<sup>60</sup>. Именно поэтому многие вещи даются нам легче после нескольких тренировок, поэтому мы быстрее узнаем предметы, которые видим чаще, и поэтому изучение определенной темы помогает лучше запоминать информацию и воспроизводить ее при необходимости: нервные цепи, регулирующие эти действия, укрепляются каждый раз при их использовании.

Благодаря пластичности мозга происходит не только укрепление нейронных связей, которыми активно пользуются, но и удаление избыточных нейронных связей. Когда нейронными связями не пользуются, соединения в них ослабевают. Аксон возвращается в исходное состояние, синапс начинает постепенно исчезать до того момента, пока не перестает существовать полностью вся связь. Этот процесс носит название «синаптический прунинг».

Представьте себе две деревни, между которыми лежит холмистый луг. Сотни тропинок соединяют эти деревни. Со временем жители деревень понимают, что одна тропинка короче и прямее остальных. Они начинают пользоваться ею чаще, в результате чего та становится более широкой и удобной, а остальные зарастают. То же самое происходит и с нейронными связями: одни укрепляются под воздействием опыта, другие исчезают в результате синаптического прунинга. Разница между областями головного мозга, прошедшими процесс очистки от избыточных нейронных связей и не прошедшими, похож на разницу между участками дорог, один из которых состоит из большого числа узких, грязных тропинок, а второй представляет собой организованную систему небольшого числа скоростных автострад.

На процесс миелинизации влияет также опыт, благодаря чему повышается не только эффективность нейронных связей, но и их устойчивость. Когда мы учимся чему-то, осваиваем новый навык или тренируемся, чтобы улучшить какую-то когнитивную способность, эта деятельность стимулирует увеличение белого вещества в соответствующих областях головного мозга (например, отвечающих за движение пальцев при профессиональной игре на фортепиано или за зрительно-моторную координацию при жонглировании). Подтверждение этого факта сначала получили в ходе изучения физической активности, такой как жонглирование и игра на фортепиано: было продемонстрировано, как практика способствует увеличению миелиновой оболочки<sup>61</sup>. Недавние исследования когнитивных способностей, например запоминание и медитация, также показали, что повторение стимулирует образование миелина.

Удивительная способность мозга изменяться под действием опыта позволяет человеку обучаться и совершенствовать свои навыки и способности от базовых (таких как память) до более высокого уровня (например, саморегуляция). Это суть пластичности мозга. Здесь действует не только принцип «Используй или потеряешь», но и принцип

«Используй и усовершенствуй». Это верно в любом возрасте, но гораздо проще дается в подростковом.

При этом есть важное дополнение к принципу «Используй и усовершенствуй». Автоматическое повторение не слишком эффективно для стимулирования изменений головного мозга. Для того чтобы в полной мере использовать свойство пластичности мозга, необходимо поставить перед собой задачу, несколько превосходящую вашу возможность ее выполнить<sup>62</sup>. Небольшое несоответствие между тем, что вы можете сделать, и тем, к чему стремитесь, будет стимулировать развитие головного мозга. Если подобного несоответствия нет или оно слишком велико, развития не произойдет. Хорошие родители и хорошие педагоги знают, как работать в «зоне ближайшего развития»<sup>63\*</sup>. Они прибегают к процессу под условным названием «подмости», который помогает постепенно совершенствовать навыки молодого человека. Этот вопрос будет рассмотрен в следующей главе.

Тренировка мозга чем-то напоминает силовую тренировку в тренажерном зале. Можно поддерживать определенную физическую форму, изо дня в день работая с одинаковым весом, но, если вы хотите стать сильнее, нужно увеличить либо вес, либо число подходов. Это верно и в отношении нейронных связей.

Часто можно услышать, что для достижения уровня эксперта нужно наработать десять тысяч часов практики. Однако эта практика должна быть осознанной<sup>64</sup>, направленной на постоянное повышение уровня сложности задач. Без этого условия результатов не будет.

Важно помнить, что разные области головного мозга обладают пластичностью в разном возрасте. Опыт, даже в зоне ближайшего развития, не может обеспечить равных возможностей изменения головного мозга. Как следствие, способности, которые можно развить, усилить или ослабить в подростковом возрасте, будут иными, чем те, что мы можем развить, усилить или ослабить в любом другом возрасте. Подростковый возраст имеет большое значение не только *потому, что* головной мозг в этот период пластичен; не менее важно, *какие именно* области мозга пластичны.

---

\* Зона ближайшего развития — понятие, введенное Л. С. Выготским. Эта зона определяется содержанием таких задач, которые ребенок может решить лишь с помощью взрослого, но после приобретения опыта совместной деятельности он становится способным к самостоятельному решению аналогичных задач. *Прим. перев.*

## Подготовка мозга к будущим изменениям

Способность мозга к изменениям под влиянием опыта удивительна сама по себе, но существует и более важный аспект. Согласно недавним исследованиям, определенный опыт не только стимулирует нейробиологические изменения в момент воздействия, но и увеличивает потенциал для будущих изменений. Это так называемая «метапластичность»<sup>65</sup>. Иными словами, пластичность вызывает еще большую пластичность — и не только в нейронных связях, подвергшихся непосредственным изменениям под действием опыта. Изменения данной нейронной цепи обуславливают химические реакции, стимулирующие будущую пластичность в *соседних* нейронных связях. Так, запоминание столиц европейских государств не только облегчает запоминание в будущем столиц государств на других континентах, но и помогает понять, как легко запоминать вещи, не связанные с географией, например последовательность американских президентов или таблицу умножения.

Еще одно особенно важное открытие заключается в том, что изучение нового в периоды повышенной пластичности мозга способно облегчить дальнейшее обучение, словно первоначальная «доза» обучения готовит мозг к тому, чтобы оно проходило легче<sup>66</sup>. Это означает, что люди, готовые к интеллектуальному вызову и открытые ко всему новому в периоды повышенной пластичности мозга, например в юности, сохраняют окно пластичности мозга открытым в течение долгого времени. Иными словами, важно быть готовым получать новые знания в период повышенной пластичности мозга не только потому, что так мы приобретаем и совершенствуем новые навыки, но и потому, что таким образом мозг поддерживает способность с пользой воспринимать будущий опыт и его накопление. Именно поэтому у образованных людей более длительные сензитивные периоды<sup>67</sup>, чем у их сверстников, не получивших образование.

## Три фактора развития головного мозга в подростковом периоде

Специалисты в области нейронауки изучают функционирование головного мозга главным образом с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (ФМРТ), которая позволяет определить

активацию определенной части мозга при выполнении конкретных заданий. Функциональная томография открыла новое направление в понимании того, как функционирует мозг в подростковом периоде. Преимущество ФМРТ заключается в том, что этот метод может визуализировать разницу в функционировании мозга в подростковом и зрелом возрасте, которая не выявляется при исследовании анатомического строения мозга. Теперь известно, что мозг взрослого отличается от мозга подростка не только тем, как выглядит, но в большей мере тем, как он функционирует.

За последние 15 лет проведены сотни исследований особенностей функционирования головного мозга в разном возрасте<sup>68</sup>. Было выявлено, что у детей, подростков и взрослых людей существует значительная разница в областях мозга, отвечающих за мыслительные способности более высокого уровня, например планирование и принятие сложных решений; в областях, регулирующих восприятие человеком поощрения и наказания; а также в областях, управляющих обработкой информации о межличностных отношениях. В подростковом возрасте происходит особенно активное развитие областей мозга, регулирующих ощущение удовольствия, то, как человек воспринимает окружающих людей, а также его способность к проявлению самоконтроля. Эти три системы мозга: подкрепляющая, система межличностных отношений и регуляторная — являются основными областями, в которых происходят изменения головного мозга в подростковом периоде. Их можно считать тремя основными факторами развития головного мозга в подростковом возрасте: они наиболее восприимчивы к стимулированию и в то же время наиболее уязвимы для негативного воздействия.

## Опасный возраст

Тот факт, что мы помним юность лучше любого другого периода своей жизни, а также то, что именно тогда происходят изменения во многих областях головного мозга, доказывает особенную пластичность мозга в эти годы. Подтверждением этому становится и статистика: именно в среднем возрасте начинают развиваться серьезные психические расстройства. В подростковом возрасте мозг особенно чувствителен к стрессу.

Серьезные расстройства психики начинают развиваться примерно с 14 лет. Разные расстройства с наибольшей вероятностью проявляются

в разном возрасте. У одних расстройств этот возрастной коридор относительно узкий, как, например, у социофобии, которая обычно обнаруживает себя примерно между 8 и 15 годами. У других этот коридор шире, как, например, у панического расстройства, которое может быть выявлено между 16 и 40 годами.

За исключением СДВГ, тревожного расстройства, вызванного разлукой, расстройств, влияющих на способность к обучению, расстройств аутистического характера, средний возраст, в котором начинают проявляться *все остальные серьезные психические расстройства*, — период от 10 до 25 лет<sup>69</sup>. Список расстройств, впервые проявляющихся в подростковом возрасте, поражает:

- расстройства настроения, такие как депрессия и биполярное аффективное расстройство;
- расстройства со злоупотреблением различными веществами, например алкоголизм или наркотическая зависимость;
- большинство тревожных расстройств, таких как обсессивно-компульсивное расстройство личности, паническое расстройство и генерализованное тревожное расстройство;
- большинство расстройств импульсного контроля, такие как расстройство поведения и оппозиционно-вызывающее расстройство;
- расстройства пищевого поведения, такие как анорексия и булимия;
- шизофрения.

Очень немногие серьезные психологические проблемы проявляются впервые раньше 10 лет. С другой стороны, если психологические расстройства не развиваются до 25 лет, вероятность того, что они могут появиться в более позднем возрасте, минимальна.

Особенно показательны в этом отношении исследования в области алкогольной и наркотической зависимости. Механизм формирования этого типа зависимости хорошо известен, поскольку ее можно легко изучать на примере животных. (Многие другие виды животных могут употреблять те же самые легкие наркотики, что и люди.)

Поскольку все млекопитающие переживают период полового созревания — гормональные изменения, сигнализирующие о начале подросткового возраста, — на примере других видов животных можно проследить, оказывает ли определенный опыт более продолжительный

эффект, если он приобретает до, во время или после подросткового возраста. Эксперименты, в ходе которых ученые сравнивали мозг животных, подвергшихся действию наркотических веществ в период полового созревания или после достижения половой зрелости, показали, что употребление, например, никотина и алкоголя в раннем подростковом возрасте оказывает *постоянное* влияние на то, как функционирует в мозге подкрепляющая система, поскольку в этом возрасте она отличается повышенной пластичностью. Повторный прием этих и других наркотических веществ делает их употребление не только более приятным, но и *необходимым* для достижения обычного уровня удовольствия<sup>70</sup>. Так формируется наркотическая зависимость.

По очевидным этическим причинам проведение подобных экспериментов на людях в подростковом возрасте невозможно. Тем не менее результаты масштабных статистических исследований свидетельствуют о том, что употребление наркотических веществ в подростковом возрасте с большей вероятностью, чем во взрослом, может превратиться в зависимость<sup>71</sup>. По сравнению с людьми, которые начали употреблять алкоголь после 21 года, те, кто познакомился с алкоголем до 14 лет, в *семь раз* чаще страдают от подросткового алкоголизма и у них в *пять раз* выше вероятность возникновения алкогольной или иной зависимости в течение жизни. Есть доказательства того, что у людей, начавших курить постоянно до 15 лет, выше вероятность развития никотиновой зависимости, чем у тех, кто начал курить в позднем подростковом возрасте. Родители должны оберегать своих детей от алкоголя, табака и наркотиков в любом возрасте, но до 15 лет — особенно.

Эти исследования не исключают, что люди, начавшие курить, употреблять алкоголь или наркотические вещества в раннем подростковом возрасте, просто обладают индивидуальными чертами характера, которые обусловили как их желание ранних экспериментов, так и последующую зависимость (например, низкий уровень самоконтроля, способный спровоцировать оба этих состояния). Однако эксперименты на животных свидетельствуют о том, что это не совсем так, поскольку у животных, которым давали наркотические вещества в период полового созревания, не было выбора: их отбирали случайным образом и сравнивали с теми животными, которым наркотики впервые давали в период зрелости.

Уязвимость подростков в отношении психических заболеваний и зависимостей — лишь одна из причин, по которым пластичность мозга в этом возрасте может быть настолько опасна. Результаты других исследований свидетельствуют, что в подростковом возрасте мозг более чувствителен к отрицательным последствиям сотрясения мозга по сравнению со взрослым возрастом. Игрокам в американский футбол из старших классов школы требуется больше времени на восстановление после сотрясения мозга<sup>72</sup>, чем студентам колледжа. К тому же подростки хуже переносят синдром повторного сотрясения, когда мозг все еще восстанавливается от сотрясения, полученного ранее. Это веский повод задуматься о долгосрочных последствиях занятий подобными видами спорта в том возрасте, когда опасность травмы мозга настолько велика.

## Как воспользоваться преимуществами пластичности

Как я уже упоминал, пластичность головного мозга может сыграть как положительную, так и отрицательную роль.

Хотя с позиции науки точка в этом вопросе еще не поставлена, очевидно, что в зрелом возрасте мозг способен к изменениям в процессе обучения новому, но степень этих изменений меньше, чем в юности<sup>73</sup>. Это соответствует идее существования такого явления, как «пластичность мозга во взрослом возрасте», хотя ее характеристики значительно отличаются от подростковых. Сегодня специалисты по когнитивной нейробиологии активно исследуют, действительно ли в подростковом возрасте люди более восприимчивы к «тренировке мозга», чем в зрелом<sup>74</sup>, и если да, то какие области головного мозга развиваются в большей мере.

Это достаточно сложный вопрос, если учесть, что развитие мозга происходит по-разному в разном возрасте. Например, если вас интересует влияние просмотра фильма ужасов на эмоциональное состояние, то подсчет, сколько раз зрители вскрикивали от страха, имеет смысл, если вы наблюдаете за маленькими детьми. Со взрослой аудиторией такой подход, скорее всего, не работает. Точно так же одно и то же стимулирование мозга может вызвать процесс прунинга у ребенка, процесс миелинизации у взрослого и оба явления у подростка. Это только подтверждает, что невозможно предложить единственный

способ «развития мозга», который одинаково успешно подходил бы для любого возраста.

Новый способ использования томографии головного мозга, который может оказаться полезным для этих целей, заключается в сочетании ФМРТ и транскраниальной магнитной стимуляции<sup>75</sup> (ТМС). Метод ТМС позволяет неинвазивно стимулировать кору головного мозга с помощью коротких магнитных импульсов. В зависимости от их частоты и интенсивности активность области головного мозга рядом с магнитом увеличивается или подавляется. Результаты исследований показывают, что человека можно заставить действовать более импульсивно, если использовать ТМС для воздействия на нейронные связи, отвечающие за саморегуляцию. Метод ТМС безопасен, а его влияние на мозг можно изучать даже после прекращения стимуляции, так как эффект продолжается примерно в течение часа.

Поскольку стимуляция или подавление активности в нейронной цепи выглядят одинаково вне зависимости от возраста человека, можно применить одинаковую степень магнитной стимуляции к одной области головного мозга у людей разного возраста для сравнения степени активации. Если подростки продемонстрируют более высокую степень изменения активности, чем взрослые, в ответ на одинаковый магнитный импульс, приложенный к одной области головного мозга, это будет свидетельствовать о более высокой пластичности у той возрастной группы, которая младше.

Метод ТМС одобрен для клинического применения при лечении глубокой депрессии у подростков, для которых другие формы терапии оказались неэффективными. ТМС еще не использовалась в исследованиях с участием молодых людей, не страдающих от психических заболеваний. Тем не менее результаты некоторых клинических исследований свидетельствуют о том, что в подростковом возрасте мозг более восприимчив к ТМС<sup>76</sup>, чем во взрослом возрасте.

Это соответствует мысли, что в целом легче избавляться от психологических проблем, когда они только возникли, чем потом, когда они уже закрепились. Поскольку мозг подростков более пластичен, чрезвычайно важно не только оградить молодых людей от факторов, вызывающих психологические проблемы, но в случае их появления постараться решить их как можно скорее еще в подростковом возрасте.

Изменчивость настроения в переходном возрасте — явление вполне стандартное, но, если у подростка наблюдаются признаки эмоциональных или поведенческих проблем дольше двух недель, на это стоит обратить внимание. Родители, считающие, что их ребенок может испытывать депрессию, приступы беспокойства, алкогольную или наркотическую зависимость, должны незамедлительно обратиться за помощью к специалистам. Когда окно пластичности начнет закрываться, справиться с этим будет гораздо сложнее.

## Пластичность мозга повышается с наступлением подросткового возраста

Хотя на сегодняшний день нет прямых доказательств того, что в подростковом возрасте мозг обладает большей степенью пластичности, чем в среднем детском возрасте, эта точка зрения приобретает все больше сторонников, и некоторые нейробиологи пришли к одному и тому же, хотя и гипотетическому, выводу<sup>77\*</sup>. Вот доводы в поддержку этого утверждения.

Во-первых, в подростковом возрасте происходят гораздо более значительные психологические изменения, чем в среднем детском, из чего можно заключить, что мозг в этот период также претерпевает более быстroteкущие или значительные изменения, поскольку любое изменение в поведении человека связано с изменением структуры его мозга. Эта точка зрения на процесс развития подтверждается, в частности, тем, что в среднем детском возрасте обычно происходит не слишком много перемен. З. Фрейд даже назвал это время «латентным периодом», так как он характеризуется стабильностью и консолидацией усвоенных навыков, а не основной психологической перестройкой организма. Она случится не раньше начала подросткового возраста. Как сказал Ж. Ж. Руссо, человек рождается дважды<sup>78</sup>: один раз, чтобы существовать, и второй

\* Большинство исследований пластичности мозга проводятся на грызунах, имеющих относительно короткий период развития от рождения до наступления половой зрелости (примерно 30 дней у мышей), а потому провести границу между детством и подростковым возрастом у лабораторных животных гораздо сложнее, чем у людей. Исследователи, работающие с мышами, обычно говорят о развитии в допубертатный период (включая «младенчество»), примерно в пубертатный («юность») и постпубертатный («зрелый возраст»). Если бы для пластичности мозга было характерно увеличение, затем снижение и снова повторное увеличение и снижение, то зафиксировать это у животного с таким коротким жизненным циклом было бы сложно. (Благодарю Элизабет Шертклифф за это замечание. *Прим. авт.*)

раз, чтобы жить. Это «второе рождение» относится к подростковому возрасту.

Во-вторых, результаты исследований «эффекта пика воспоминаний» и психических расстройств говорят о том, что подростковый возраст является более сензитивным периодом, чем средний детский, по крайней мере с точки зрения количества воспоминаний и психологических проблем. Обратите внимание, что в юности у человека бывает больше воспоминаний и психологических сложностей по сравнению и с последующим жизненным периодом, и с предшествующим. Это тоже не может служить прямым доказательством большей пластичности мозга в подростковом возрасте, чем в детстве, но тем не менее совпадает с этой гипотезой.

В-третьих, согласно исследованиям, в подростковом возрасте мозг более восприимчив к стрессам и раздражающим стимулам<sup>79</sup>, чем в предыдущем периоде. Корреляция между числом стрессовых событий, переживаемых человеком (болезнь кого-то из членов семьи, разрыв важных дружеских отношений, смерть домашнего питомца, потеря работы родителем и т. д.), и симптомами депрессии, беспокойства или других психологических проблем сильнее в подростковом возрасте, чем в детстве. Эта повышенная реакция на стрессовые события в подростковом возрасте служит еще одним доказательством, что данный период характеризуется повышенной восприимчивостью к влиянию окружающей среды.

В-четвертых, характер изменений активности головного мозга между детством и подростковым возрастом можно изобразить в виде не прямой линии, а скорее в виде перевернутой буквы U. Например, интенсивность реакции мозга на поощряющие изображения<sup>80</sup>, например фотографии улыбающихся людей, увеличивается в период между детством и подростковым возрастом, а затем снижается между подростковым возрастом и зрелостью. На этом основании можно сделать вывод, что процессы, протекающие в мозге в подростковый период, отличаются от того, что происходит в детстве и во взрослом возрасте. Если бы пластичность мозга была высокой при рождении, а затем постепенно и стабильно снижалась с возрастом, подобная закономерность не наблюдалась бы.

Наконец, существует вполне убедительное объяснение, что происходит в период между детством и подростковым возрастом и почему в этот период может произойти изменение степени пластичности мозга. Это половое созревание.

## Пубертатный период и пластичность мозга

Половое созревание — это процесс изменений в организме подростка, вследствие которых он становится физически взрослым и способным к продолжению рода. Гормональные изменения в пубертатном периоде приводят к увеличению роста, массы тела и развитию внешних признаков сексуальной зрелости (например, рост молочных желез у девочек и рост волос на лице мальчиков). Гормональные изменения обеспечивают развитие репродуктивной системы и активизируют сексуальное начало.

Однако воздействие пубертатного периода на функции организма не ограничивается только влиянием на физический внешний вид, репродуктивную способность и либидо. Мозг претерпевает радикальные изменения под воздействием гормонов полового созревания — тестостерона и эстрогена. Уровень этих гормонов значительно увеличивается в пубертатный период. Они оказывают влияние на строение мозга, химически изменяя существующую структуру нейронных связей<sup>81</sup>. Половые гормоны обеспечивают миелинизацию, стимулируют развитие новых нейронов и способствуют процессу синаптического прунинга<sup>82</sup>. В пубертатный период мозг становится более восприимчивым к любому внешнему стимулированию, положительному или отрицательному. Это вызывает значительное увеличение пластичности мозга: мы не только становимся более открытыми по отношению к окружающему миру, но и в большей степени оказываемся подверженными его влиянию. Например, от страхов, которые мы приобретаем в подростковом возрасте<sup>83</sup>, избавиться бывает особенно сложно.

После завершения подросткового периода следующая серия нейрохимических изменений делает мозг значительно менее пластичным<sup>84</sup>. Закрывание окна пластичности мозга (хотя и не наглухо) по мере перехода от подросткового возраста к зрелости происходит постепенно и может длиться до 30 лет. В это время химические процессы в мозге от стимулирования изменений в архитектуре нейронных связей переходят к обеспечению стабильности и постоянства. В юности происходило активное формирование синаптических связей и новых нейронов, а избыточные нейронные связи распадались; со вступлением в зрелый возраст эти процессы значительно сокращаются<sup>85</sup>.

Пока неизвестно, что является для мозга сигналом к началу этого сдвига в направлении снижения пластичности, когда подростковый период подходит к завершению. Однако недавние эксперименты с животными

показали, что при блокировании одного из генов, контролирующих этот сдвиг, мозг взрослой мыши сохраняет ту степень пластичности, которая была ему свойственна в ювенальный период. Даже после снятия этой блокировки можно было восстановить эффект от нее<sup>86</sup>, вернув мозг в прежнее состояние подросткового возраста. Это исследование еще не проводилось на людях, но, если бы оно дало такие же результаты, это имело бы огромное значение для восстановления пластичности мозга у взрослых людей, получивших травмы мозга. Восстановление мозга взрослого человека после травмы проходило бы гораздо легче, если бы мозг вновь обладал высокой степенью пластичности.

Естественное снижение пластичности мозга к завершению подросткового периода не является автоматическим снижением пластичности, повысившейся в пубертатный период. Доказательств влияния половых гормонов на снижение пластичности мозга нет. Это вполне логично, учитывая, что уровень половых гормонов начинает снижаться гораздо позже, в возрасте далеко за тридцать. Снижение пластичности мозга в раннем подростковом возрасте никак не связано со снижением уровня тестостерона или эстрогена в организме.

Снижение пластичности мозга после вступления во взрослый возраст, вероятно, хотя бы частично обусловлено получаемым опытом. Результаты многих исследований свидетельствуют о том, что мотивация к получению новых интересных впечатлений повышается со вступлением в пубертатный период, а затем снижается при переходе из подросткового периода во взрослый. Этот же образец поведения наблюдался и у животных<sup>87</sup>. Внутреннее желание исследовать окружающий мир в подростковом возрасте настолько сильно, что оно временно блокирует возможные детские страхи<sup>88</sup>. Эти страхи возвращаются к нам только во взрослом возрасте, чтобы не мешать естественной подростковой жажде приключений, которая помогает отделиться от родителей и жить самостоятельно. Стремление получить новый опыт позволяет молодому человеку познавать окружающий мир именно тогда, когда мозг наиболее восприимчив к обучению на основе опыта. Поскольку у подростков мозг не только более пластичен, но и более «метапластичен», вполне вероятно, что именно обучение помогает мозгу поддерживать способность к изменениям в подростковом возрасте.

Как известно, пластичность мозга в зрелом возрасте обеспечивается за счет несоответствия<sup>89</sup> между требованиями окружающей среды и реальными возможностями мозга. Чем реже человек оказывается

в новых для себя ситуациях, тем меньше он сталкивается с этим несоответствием. Когда это происходит и необходимость узнавать что-то новое становится все менее насущной, мозг начинает терять часть своей способности к изменениям. Когда после завершения подросткового возраста мы перестаем искать новые впечатления и новый опыт, мозг захлопывает последнее окно периода пластичности.

## Пластичность или эффективность

По мере укрепления нейронных связей они все менее подвержены изменениям. Это повышает эффективность процессов головного мозга, так как ускоряет передачу электрических импульсов. В то же время снижается способность мозга изменяться под воздействием опыта. С точки зрения эволюции это вполне логично.

Подростковый возраст — это время, когда молодой человек приобретает последний набор навыков и способностей, необходимых ему для самостоятельной жизни и, что более важно, для достаточно долгого выживания, чтобы успеть оставить потомство. В этот финальный период подготовки к взрослой жизни у молодого человека остается последний шанс узнать все, что ему нужно знать, до того как пуститься в самостоятельную жизнь, а потому он, как губка, впитывает любую информацию. Именно поэтому в подростковом возрасте мозг настроен замечать абсолютно все происходящее вокруг, даже если мы осознанно не обращаем на это внимание. По мере того как подростковый возраст близится к завершению, а необходимые знания и навыки уже получены (некоторые — в результате осознанного обучения, но большая часть впитана неосознанно), мозг приступает к изменению своего «портфолио», делая акцент на эффективном использовании и сохранении имеющихся ресурсов, а не на добавлении новых. Пластичность мозга чрезвычайно важна в период развития, но не стоит забывать, что любая окружающая среда несет не только возможности, но и опасности. Как только молодой человек получает все необходимое ему для самостоятельного выживания, нет смысла в сохранении высокой пластичности из-за риска возможного вреда со стороны окружающей среды. Это просто не стоит риска. Это все равно что по достижении определенного возраста перевести свои пенсионные сбережения из высокорискованных акций в более консервативные облигации.

При достижении подросткового возраста мозг сохраняет свою пластичность, а биологически запрограммированные изменения в пубертатном периоде открывают это окно пластичности еще шире. По завершении подросткового возраста окно начинает закрываться, когда мы постепенно вольно или невольно отказываемся от того опыта, который в противном случае поддерживал бы окно открытым.

Принимая это во внимание, более длительный переход во взрослую жизнь многих молодых людей в возрасте чуть за двадцать более полезен, чем считают родители и некоторые эксперты. Те молодые люди, которым посчастливилось продлить свой подростковый возраст, смогут воспользоваться этим в полной мере, если в окружающей среде найдут возможности для положительного стимулирования и смогут избежать отрицательного влияния. Недавние исследования свидетельствуют о том, что высшее образование способствует развитию высоких когнитивных способностей<sup>90</sup> за счет улучшения структуры белого вещества мозга в большей мере, чем это происходит в результате биологического взросления. Возможно, обществу стоит прекратить сетовать по поводу более длительного перехода во взрослую жизнь современных молодых людей и взглянуть на ситуацию в позитивном ключе.

Я уже не раз отмечал, что пластичность мозга несет в себе как возможности, так и риски. Как мы увидим в следующей главе, еще никогда в истории этот период возможностей и опасностей не был более продолжительным, и потому в наше время подростковый возраст имеет особое значение.



[Почитать описание, рецензии  
и купить на сайте](#)

Лучшие цитаты из книг, бесплатные главы и новинки:

