



ЭВЕЛИН
КРОНЕ



О ЧЕМ ОН ВООБЩЕ
ДУМАЕТ?

МОЗГ ПОДРОСТКА:
ВРЕМЯ УНИКАЛЬНЫХ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Nederlands
letterenfonds
dutch foundation
for literature

Эвелин Кроне

О ЧЕМ ОН ВООБЩЕ ДУМАЕТ?

Мозг подростка: время уникальных возможностей



Да-да, мы все знаем: с подростками вечно куча проблем. Тинейджеры никогда не возвращаются домой вовремя, спят до полудня, прокрастинируют и не делают уроки до последнего момента, вечно влезают в рискованные дела и даже не удосуживаются надеть шлем, катаясь на скейте.

Но давайте посмотрим на обратную сторону медали: мозг подростка развивается уникальным образом и предоставляет своему хозяину грандиозные возможности для саморазвития и поиска своей идентичности. Именно подростки, давая волю своим творческим порывам, создают новые субкультуры и музыкальные стили, именно подростки чутко улавливают новые идеи и стимулируют инновации.

Бестселлер нидерландского ученого развенчивает бесконечные нейромифы о тинейджерах и возвращает нам веру в подростковый возраст как важнейший жизненный этап.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Когда в 2008 году вышло первое издание этой книги, я рассчитывала, что его можно будет найти в книжных магазинах по крайней мере ближайšie полгода. К тому времени уже появилось несколько книг о мозге, однако мозг подростков по-прежнему оставался малоизученным. Большинство изданных на эту тему трудов было посвящено исключительно проблемам, в том числе связанным с воспитанием подростков. Мне же хотелось написать о возможностях подросткового периода. Вопреки моим ожиданиям, книгу раскупили в мгновение ока! Очевидно, пришло время для свежего взгляда на подростковый возраст. Мою книгу покупали не только родители и профессионалы, но и сами подростки, — и это для меня лучший комплимент.

С тех пор наука о мозге получила признание в сфере образования и педагогики, а также в общем понимании потенциала и уязвимых сторон подростков. В настоящее время возглавляемый мною научно-исследовательский центр «Мозг и развитие» при Лейденском университете тесно сотрудничает с администрациями школ, преподавателями, социальными работниками, службой пробации и министерствами. Если раньше подростки считались сплошь неуправляемыми и непредсказуемыми, то сегодня мы понимаем, что подобная оценка — лишь малая часть общей картины. Теперь мы знаем, что мозг подростков предоставляет им грандиозные возможности для саморазвития и поиска собственной идентичности под относительно безопасным присмотром родителей и других взрослых.

Зачем же понадобилось переиздавать книгу десять лет спустя? Во-первых, наука не стоит на месте. Выводы, сделанные в предыдущем издании, были дополнены новыми знаниями, к примеру о восприимчивости подростков к вознаграждению, чувствительности к риску и о социальном мозге. В последние годы исследователи выяснили, как мозг подростков активизирует не только антисоциальное, но и просоциальное поведение, когда подростки стремятся внести

позитивную лепту в отношения с окружающими. Кроме того, за прошедшие десять лет кардинально изменился и мир самих подростков. Сегодня это «цифровые аборигены», не способные представить себе жизнь без интернета. Более абстрактным стало, допустим, их представление о деньгах: во многих частях мира молодые люди с легкостью живут в кредит и не могут вообразить, как обойтись без банковских карт. Непрерывная связь друг с другом благоприятствует созданию обширной социальной сети. Именно подростки зачастую первыми узнают о технологических разработках, развивают новые идеи и направления и тем самым стимулируют инновации.

С другой стороны, многие особенности подросткового поведения не меняются с течением времени. Я собираю любопытные факты о подростках, на которые то и дело наталкиваюсь в СМИ, и прихожу к выводу: характерное для подростков поведение по-разному проявляется в каждом последующем поколении, но по своей сути остается на удивление неизменным.

В представленном вашему вниманию новом издании я постаралась собрать множество новых научных взглядов на заданную тему и объединить их с расхожим общественным восприятием подростков. Работа над книгой в выбранном мною ракурсе преподнесла немало сюрпризов и доставила мне несказанное удовольствие. Надеюсь, что и вас, дорогие читатели, я смогу удивить и вдохновить.

Эвелин Кроне
Предисловие к голландскому переизданию

ГЛАВА 1

Мозг подростка в действии

Что происходит с подростком?

Почему подростки так поздно встают? Почему до последнего откладывают выполнение школьных домашних заданий? Почему рассекают без шлема на скутере, а для катания на скейтборде выбирают самые опасные места? Почему вовремя не возвращаются домой? С другой стороны, чем объяснить внезапное проявление их незаурядных творческих талантов и спортивные достижения? Почему новые музыкальные стили и субкультуры вроде хипстеров или скейтеров нередко возникают именно в подростковом возрасте? Какова роль социальных сетей и инфлюенсеров в жизни молодых людей?

Эти вопросы волнуют многих родителей и педагогов. Родители подростков зачастую не могут взять в толк, почему их жизнерадостный и общительный ребенок, прежде охотно делившийся с ними всеми школьными новостями, теперь запирается у себя в комнате и категорически не желает ни с кем разговаривать. Чем вызвана эта метаморфоза и состояние постоянного конфликта подростка с родителями и с самим собой? Впрочем, трудности подросткового возраста нередко преувеличивают. Многие полагают, что он связан исключительно с неприятностями. Это, конечно же, не так. Подавляющее большинство молодых людей проходит через подростковый период без особых сложностей. С другой стороны, на пути к взрослой жизни и в поисках себя почти все подростки в той или иной степени испытывают чувство неуверенности.

Все мы знаем, что в подростковом периоде у ребенка меняется представление о себе и родителях, однако почему это происходит, остается для нас загадкой. Родители утрачивают доверие своих детей, мальчики и девочки проявляют взаимный интерес, причем совсем иного рода, чем в пору детской дружбы. Отношения с окружающими становятся на порядок сложнее и сбивают с толку не только родителей, но, прежде всего, самих подростков. Что же именно происходит в их головах?

Вот уже почти два десятилетия в научно-исследовательском центре «Мозг и развитие» при Лейденском университете мы изучаем изменения, происходящие в мозге подростков. Возраст участников наших исследований варьируется от 6 до 30 лет. Мы предлагаем им решать задачи, играть в компьютерные игры, рассказывать об их интересах и повседневной деятельности. Они вносят важный вклад в развитие науки: благодаря их участию мы больше узнаём об этом уникальном периоде формирования взрослого человека. В ходе исследований мы сканируем мозг участников — не только для того, чтобы увидеть, как он выглядит, но и затем, чтобы понять, как он работает при выполнении тех или иных задач, то есть мы заглядываем непосредственно в головы подростков. Выясняется, что их мозг способен планировать деятельность, претворять в жизнь творческие замыслы, сдерживать эмоции и завязывать дружеские отношения. Результаты этих исследований открывают совершенно новый взгляд на поведение подростков, отличное от поведения взрослых в силу того, что их мозг работает иначе. За последние двадцать лет в мире было сделано немало открытий в области функционирования мозга в подростковом возрасте. Эти новые знания широко используются неравнодушными родителями и учителями, а также разработчиками школьных и социальных программ. С особенностями мозга подростков считаются не только современные методы обучения, но и, например, уголовное право в отношении несовершеннолетних — в Нидерландах оно приведено в соответствие с последними достижениями науки о мозге. Тем самым сделаны важные шаги, учитывающие как уникальные внутренние резервы подростков, так и их уязвимые стороны.

Бывает и так, что результаты исследований интерпретируются чересчур поспешно или ошибочно, в то время как некорректное их внедрение, например в образовательные программы, чревато серьезными последствиями. Некоторые нейромифы чрезвычайно трудно развенчать. Взять хотя бы широко распространенное заблуждение о том, что человеческий мозг задействован всего на 10% (нет ничего более далекого от истины: мы постоянно используем все части нашего мозга!).

В представленном вашему вниманию новом издании я шаг

за шагом постараюсь изложить результаты последних исследований, посвященных различным аспектам функционирования мозга подростков, а именно: обучающемуся мозгу, эмоциональному мозгу, социальному мозгу и исключительному потенциалу подросткового мозга. Я также подробно остановлюсь на теме социальных сетей, особенно актуальной для нынешнего поколения и связанной как с возможностями, так и с проблемами.

Эта книга — не руководство по воспитанию подростков для родителей. Ее цель — помочь разобраться в особенностях мозга подростка и происходящих в нем трансформациях. Не обещаю, что после прочтения этой монографии ваш ребенок вдруг преобразится — трудный подросток останется трудным! Но вам, возможно, будет легче понять, почему он столь вызывающе себя ведет, так не уверен в себе и не умеет планировать. Я расскажу и о том, что подростковый возраст — это период неповторимых возможностей, открывающихся для оптимального развития человека в поисках своего места в обществе. В последней главе я поделюсь практическими советами для родителей, работников сферы образования и политики.

Родители подростков, участвующих в научных исследованиях, часто недоумевают: почему их ребенок, по дороге в наш центр не проронивший в машине ни звука, с сотрудниками центра вдруг становится необычайно разговорчивым? Чем объяснить резкую перемену его настроения? И почему дома из него и слова не вытянешь? Вот одно из наблюдений, сделанное в ходе наших исследований и неоднократно повторяющееся в этой книге: баланс между функционированием различных областей мозга у подростков способен стремительно меняться. Если раньше поведение подростков объяснялось незрелостью определенных участков мозга, то теперь мы доказали: в первую очередь *связи* между отделами мозга подростка еще не оптимальны. Возможно, поэтому по дороге в наш центр в мозгу подростка преобладала одна мозговая сеть, а в стенах центра первенство перехватила другая. Неудивительно, что подростки столь непредсказуемы.

Прежде чем обсуждать изменения в мозге, следует сразу опровергнуть расхожее заблуждение: якобы с нынешними подростками несравненно сложнее совладать. Это не так.

Бесшабашность, импульсивность, подверженность влиянию друзей, неуважение к родителям — качества, присущие многим молодым людям любых эпох. Вспомните классическую историю о двух подростках, восходящую к XVI веку. В романе Шекспира «Ромео и Джульетта» — истории любви, основанной на средневековой легенде, — Ромео столь страстно влюбляется в Джульетту, что продолжает встречаться с ней вопреки запрету родителей. Череда необдуманных поступков заканчивается катастрофой. Джульетта притворяется мертвой, чтобы сбежать с Ромео. А Ромео, поверив, что она действительно мертва, выпивает яд. Он ведет себя импульсивно и легкомысленно — вполне в соответствии с нашим сегодняшним восприятием подростков. История Ромео и Джульетты показывает, что по сравнению с предыдущими поколениями нынешние подростки отнюдь не более проблемные; особенности их поведения — вне времени. Неблагоразумие присуще скорее определенной фазе становления личности, чем уровню развития общества.

С другой стороны, у каждого поколения — свои вызовы. В Средние века безрассудство подростков выражалось в боях, в эпоху Ромео и Джульетты — в запрещенных встречах. В 1960-х и 1970-х годах многие высказывали беспокойство по поводу чрезмерного употребления подростками алкоголя и наркотиков. Кстати, это характеризовало и 1990-е, времена моей юности, когда курение на школьном дворе было вполне привычным. Из современных СМИ мы узнаём, что подростки меньше пьют, реже курят и позже становятся сексуально активными. Некоторые рассуждают даже о «благонравной молодежи» (газета *Volkskrant*, 2017).

Но не заблуждайтесь: рискованное поведение среди подростков проявляется сегодня на других фронтах — в использовании соцсетей, обмене личной информацией или секстинге. Молодые люди часто делятся друг с другом сведениями, которые мы, взрослые, предпочитаем не разглашать. В главе 3 об эмоциональном мозге я расскажу, что подобное поведение основано на переполняющем их оптимизме («со мной-то уж точно ничего не случится!»), а в главе 4 мы обсудим социальные последствия этого поведения.

По неясным причинам к подростковому возрасту приклеилось сомнительное клеймо. Считается, что в этот период молодые люди

доставляют одни лишь хлопоты, хандрят, а гормоны правят бал. Однако именно в этот период удивительным образом меняются их способность к обучению, эмоциональная вовлеченность и восприимчивость к мнению сверстников из круга общения. Эти качества ярко проявились в действиях американских учащихся в ответ на трагические случаи стрельбы в средних школах. В марте 2018 года, после очередной стрельбы во Флориде, выступления школьников привели к массовым протестам молодежи против закона о свободном ношении оружия в США. Молодые люди солидаризировались в своем нежелании расти в мире, где узаконена беспрепятственная покупка оружия. В Вашингтоне и 800 других городах Америки сотни тысяч школьников и студентов вышли на «Марш за наши жизни». Тем самым они пытались призвать политиков к принятию более строгого закона об оружии. Молодые люди и их родители, живущие в окрестностях Вашингтона, предоставили свое жилье для ночлега протестующим молодежи 18 лет, которые не могли забронировать номер в гостинице. Эти согласованные акции за более безопасный мир наглядно продемонстрировали: молодежь вовсе не думает только о себе и ей есть к чему стремиться. Именно у юных, как правило, возникает острая потребность сделать этот мир прекраснее.



Подростковый возраст связан с неустанным поиском своего «я» на пути к взрослой жизни

Долгое время подростковый возраст был одним из наиболее плохо

изученных периодов в развитии ребенка. За последние двадцать лет мы добились грандиозных успехов на пути к более глубокому пониманию этой уникальной фазы жизни человека. Полученные знания во многом связаны с исследованиями мозга. Используя передовые методы, мы можем теперь изучать мозг в действии, что позволяет нам добиваться впечатляющих результатов.

В этой книге подростковый период рассматривается сквозь призму изменений в развитии и организации мозга, а также воздействия гормонов на эти процессы. Происходящие в мозге изменения влияют на то, как подростки оперируют новой информацией (например, во время обучения в школе), управляют эмоциями (такими как гнев или грусть) и завязывают социальные отношения (дружбу) в реальной и виртуальной жизни. Связь между областями мозга меняется от разнонаправленной к эффективной; нейронные пути, поначалу напоминающие извилистые тропинки, превращаются в скоростные четырехполосные автострады. Развитие мозга обуславливает периоды, когда подростку проще или, наоборот, труднее осваивать новое. Взять хотя бы изучение второго языка, спортивные или музыкальные достижения. Овладеть вторым языком гораздо легче в юности, чем в зрелости, а спортивные рекорды нередко устанавливаются именно подростками. На важные периоды формирования мозга воздействуют изменения во всё усложняющейся социальной среде. Подростки открывают для себя новые пристрастия, отдавая предпочтения тому или иному музыкальному стилю или видеоблогеру, ассоциируя себя с конкретной группой или субкультурой. Все эти изменения в значительной степени влияют на их самооценку, способ взаимодействия с окружающими, цели и интересы, идеалы и принципы.

Что мы понимаем под подростковым возрастом?

Термин «подростковый возраст» происходит от глагола «подрастать» и подразумевает процесс превращения ребенка во взрослого члена общества. Возраст, используемый для описания этого периода, варьируется в зависимости от культуры, составляя в среднем от 10 до 22 лет. В одном крупном исследовании ученые, проанализировав более

ста различных культур от крайне примитивных до самых современных, обнаружили разницу в моменте наступления и длительности подросткового периода. Выяснилось, что в западных культурах подростковый возраст начинается раньше и имеет максимальную продолжительность. На этом жизненном этапе мозг переживает колоссальный скачок в развитии. Серьезные изменения происходят прежде всего в организации мозга.

Важно понимать, что мозг состоит из ряда структур, каждая из которых выполняет отведенную ей функцию. В юном возрасте эти структуры еще крайне подвижны и гибки. Поэтому в случае повреждения одного из отделов мозга его функции способен взять на себя другой отдел. По мере взросления человека подобная гибкость снижается, поскольку участки мозга приобретают гораздо более выраженную специализацию и уже не так легко могут заменять друг друга. Хорошо известный пример этого феномена — степень, до которой наш мозг компенсирует потери при эпилепсии или после несчастного случая. Эпилепсия, которую когда-то называли «падучей болезнью», — это расстройство, вызывающее гигантский выброс нервных клеток в мозг. Подобный выброс приводит к временной потере сознания. Частые и тяжелые эпилептические припадки катализируют серьезные нарушения в жизнедеятельности человека. В крайних случаях врачи удаляют эпилептический очаг хирургически, что может повлечь за собой утрату определенных функций, таких как способность говорить или запоминать информацию (в зависимости от поврежденного отдела). У детей же функции поврежденных отделов гораздо легче компенсируются другими отделами мозга. Даже при частичном удалении у детей коры головного мозга (верхнего слоя полушарий головного мозга, отвечающего за овладение сложными навыками) в одном полушарии, кора другого полушария может взять на себя функции удаленного участка. Повреждения некоторых областей могут оказаться необратимыми, однако негативные последствия операции у детей, как правило, менее значительны, чем у взрослых. Иными словами, детский мозг обладает высокой *пластичностью* в силу того, что интенсивно растет и отличается невероятной гибкостью.

Длительный период развития мозга у подростков открывает перед

ними море возможностей. До тех пор пока в мозге окончательно не сформировались нейронные связи между его отделами, на процесс созревания мозга можно оказывать сильное влияние. Недаром подростки так много времени проводят в школе: их стремительно развивающийся мозг необычайно восприимчив к новой информации. Разумеется, у взрослых мозг тоже меняется. Мы способны обучаться на протяжении всей жизни, однако растущему мозгу обучение дается неизмеримо легче. Важно понимать, что не все области мозга развиваются с одинаковой скоростью. Быстрое созревание одних участков мозга в сочетании с более медленным формированием других объясняет многие характерные особенности поведения подростков. Например, когда система, отвечающая за эмоциональное удовольствие, активируется раньше области, контролирующей импульсивность и обеспечивающей разумность суждений, то подросток вступает в так называемую фазу риска и нередко совершает опасные поступки, еще не обладая способностью их контролировать. В то же время такое рискованное поведение благоприятствует тому, что подростки чаще экспериментируют, без труда приспосабливаются к новым условиям жизни и заводят новые знакомства. Развитие мозга вовсе не является чем-то негативным или опасным, наоборот, оно позволяет подростку раскрывать свои таланты и познавать окружающий мир.

Однако иной раз лихая удаля подростков чревата опасными последствиями. В 2017 году многие подростки играли в «Лаву», воображая, что пол или земля у них под ногами вот-вот расплавится. Поэтому, услышав фразу «Пол — это лава!», следовало как можно скорее оторваться от пола и запрыгнуть на какой-нибудь предмет, будь то ящик или тележка в супермаркете. При этом фраза выкрикивалась подростками в самые неожиданные и неподходящие моменты. Однажды в парке аттракционов эта забава чуть было не привела к трагедии, когда мальчик выскочил из лодки и угодил в бурлящий поток воды. Этот случай иллюстрирует безрассудное поведение подростков, когда развлечения с друзьями берут верх над размышлениями о последствиях своих действий (см. [главу 3 «Эмоциональный мозг»](#)).

Около 1900 года известный психолог Стэнли Холл охарактеризовал подростковый возраст как время *бури и натиска* (по аналогии

с немецким литературным движением *Sturm und Drang*). Он отмечал три особенности поведения подростков: конфликты с родителями, перепады настроения и рискованное поведение. Его концепция «бури и натиска» оказала существенное влияние на формирование общественного мнения о подростковом возрасте. С тех пор эта фаза в развитии личности стала считаться уникальной. Стэнли Холл был также активным сторонником адаптации школьной программы к становлению личности подростка, что в ту пору было отнюдь не самоочевидным.

Теория «бури и натиска» позже была несколько видоизменена, поскольку в реальности жизнь подростков сопряжена не только с преодолением трудностей и тревожностями. Не все подростки конфликтуют с родителями и не все они мятежны. Некоторым это вообще не свойственно. Тем не менее бунтарство чаще всего встречается именно в подростковом возрасте, нежели на других жизненных этапах.

Бешеные гормоны

Термины «подростковый» и «пубертатный» часто употребляют как взаимозаменяемые. Между ними, однако, существует отчетливая разница: пубертат (или период полового созревания) — это первая фаза подросткового возраста, время физического взросления и значительных гормональных изменений. Половое созревание охватывает период приблизительно от 10 до 15 лет, и у девочек в среднем начинается на год-полтора раньше, чем у мальчиков. По некоторым данным, вступление в пубертатный период сегодня происходит раньше, чем у наших предков. Так, к примеру, рассматривая время начала первой менструации у девочек в интервале между 1800 и 1940 годами, можно заметить существенное снижение возрастной шкалы с 17 до 13 лет, что, вероятно, связано с изменением питания и общего состояния здоровья людей. Начиная с XX века средний возраст наступления первой менструации стабилизируется, подвергаясь лишь незначительным колебаниям. Исторические закономерности в половом созревании мальчиков проследить гораздо сложнее из-за отсутствия в прошлом знаний о гормонах. Пубертат

часто считается непростым периодом, синонимом бунтарского поведения. Тем не менее пубертатный период — это естественная фаза в развитии ребенка, равно как и младенчество или дошкольный возраст. Характерное для этого периода поведение объясняется изменениями в гормонах и связях между отделами головного мозга.

Многие родители замечают перемены в своих детях. Мама Сэма, к примеру, сетует, что ее сын — прежде жизнерадостный и компанейский 13-летний подросток — в последнее время отчаянно не уверен в себе. Он не на шутку переживает, что девочки в классе хихикают над его усеянным прыщами лицом и ломающимся голосом. При этом раньше мнение девочек было ему безразлично. Он и сам не понимает, с чего вдруг так смущается, и намеренно избегает общества девочек, водит дружбу лишь с футбольными приятелями.

Известные на сегодняшний день биологические изменения в подростковом возрасте происходят под воздействием гормонов. Гормоны оказывают зримое влияние на внешний облик: благодаря гормонам тело ребенка приобретает очертания взрослого человека. У девочек пубертатный период характеризуется рядом важных физиологических изменений: наблюдается резкий скачок в росте, развивается грудь, расширяются бедра, на лобке и в подмышках появляются волосы, а спустя примерно шесть месяцев после этих внешних изменений наступает первая менструация. У мальчиков период полового созревания, как правило, начинается на год позже, чем у девочек, и также характеризуется взрывом роста, увеличением половых органов, более низким голосом, ростом волос на лобке, в подмышках и на лице.

Начало этих физиологических изменений связано с выработкой половых гормонов железами внутренней секреции (эндокринными железами). Через кровеносную систему эндокринные железы находятся в непрерывной связи с важной областью мозга — гипоталамусом. Гипоталамус регулирует гормональный баланс. Можно сказать, что он измеряет уровень гормонов в организме, посылая в эндокринные железы сигнал к ускорению или замедлению выработки гормонов. Начало полового созревания характеризуется увеличением секреции гонадотропин-рилизинг-гормона (ГнРГ). ГнРГ вырабатывается и до фазы полового созревания, но в гораздо меньшей

степени, не оказывая при этом значительного влияния на развитие половых признаков. Увеличение частоты и количества вырабатываемого ГнРГ знаменует собой начало пубертатного периода.

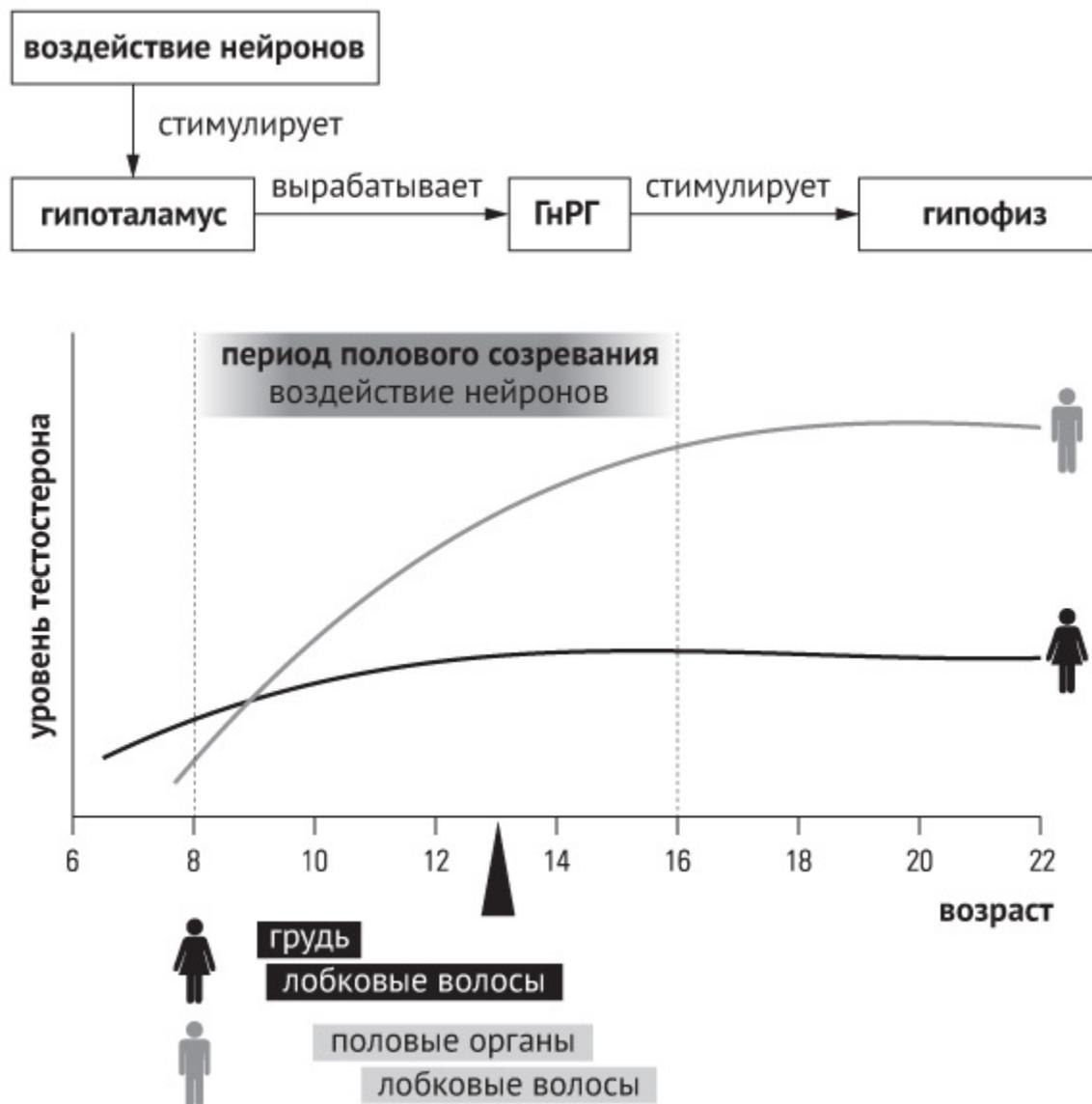
Сроки наступления полового созревания зависят от состояния здоровья, характера питания, климата, бытовых и социально-экономических условий. У детей с избыточным весом этот период, как правило, наступает раньше.

Увеличение секреции ГнРГ инициируется сигналами, посылаемыми гипоталамусом в эндокринные железы. Иными словами, гормоны работают не сами по себе, а подчиняясь сигналам, поступающим из мозга. Гормоны не только помогают организму развиваться, но благодаря своим связям с областями мозга воздействуют на наше самочувствие и наши поступки. Сэм, к примеру, замечает изменения не только в своем теле, но и в своем настроении.

С одной стороны, повышение уровня гормонов может вызвать временную активацию клеток в определенных областях мозга. Это явление характерно не только для подростков, но и для взрослых. Случается, что под влиянием гормонов мы чувствуем себя уставшими, подавленными или, наоборот, безмерно счастливыми.

С другой стороны, гормоны оказывают важное организационное и направляющее влияние на созревание мозга, и эта их функция присуща только пубертатному периоду. Иными словами, половое созревание задает скорость развития мозга. По мере полового созревания увеличивается количество нейронных связей. Отсутствие какого-либо гормона может привести к нарушениям в функционировании мозга. Некоторые нарушения в развитии обусловлены запоздалым увеличением выработки ГнРГ, в результате чего дети не вступают в период полового созревания. В таких случаях для восполнения дефицита гормонов назначается гормональная терапия. Проведение гормональной регуляции в период, подразумевающий наступление пубертата, почти не влияет на интеллектуальные способности подростка. Однако отказ от гормональной терапии или прием гормональных препаратов в гораздо более позднем возрасте, как выясняется, существенно влияет на пространственную ориентацию. За обработку пространственной информации отвечают внешние участки мозга, которые в период

полового созревания активно развиваются.



Гипоталамус вырабатывает гонадотропин-релизинг-гормон (ГнРГ). Этот гормон стимулирует гипофиз, отвечающий за управление секрецией всех гормонов. У мальчиков, к примеру, уровень гормона тестостерона в подростковом возрасте увеличивается в 20 раз (у девочек — в меньшей степени). Гормонами, в частности, обусловлены изменения во внешности подростка

Одним словом, если у подростков не произойдет гормональных изменений (которые обуславливают вступление в период полового созревания), им будет труднее справляться с выполнением определенных заданий. Функционирование мозга и гормональный баланс непрерывно взаимодействуют и не могут обойтись друг без

друга.

Каким же именно образом гормоны влияют на поведение подростков? Мы уже знаем, что под воздействием ГнРГ меняется внешний вид. Эти изменения, в свою очередь, обуславливают то, как подростки воспринимают себя и окружающих. Сэм, вспомним, стал отдавать себе отчет в том, как выглядит, и прислушиваться к мнению сверстников. Поскольку не все подростки вступают в период полового созревания одновременно, на первых порах в их внешнем облике наблюдаются заметные различия.

Момент наступления пубертатного периода оказывает существенное влияние на социальную идентичность подростков. Девочки, раньше других вступившие в пубертатный период, более склонны к депрессии и развитию пищевых расстройств. Самооценка мальчиков, напротив, повышается, и они успешны в своем окружении. Точную причину столь разных последствий раннего полового созревания у девочек и мальчиков установить пока не удалось. Депрессивность у девочек может вызываться самими гормонами, но, скорее всего, является реакцией на продиктованные гормонами изменения. Под влиянием гормонов девочки часто полнеют, все дальше отдаляясь от навязанного им средствами массовой информации идеала красоты. Несколько лет назад шестнадцатилетняя девушка написала в интернете: «Казалось бы, при росте 175 см и весе 70 кг лишнего веса у меня нет. Но я все равно толстая. Куда ни глянь, повсюду стройные девушки в обтягивающих джинсах. А я не могу позволить себе узкие джинсы — они не налезают на мои бедра и ягодицы. Все мои стройные одноклассницы тоже модно одеваются. Хочу стать донором и отдать кому-нибудь свой жир (на ногах) — мне от него никакого проку, сплошные неприятности».

Не все девочки вступают в период полового созревания одновременно, поэтому жировые отложения на теле серьезно влияют на их самооценку. У девочек, раньше других вступивших в этот период, лишний вес часто порождает чувство неуверенности. При этом диеты для похудения, как правило, не помогают, лишь усугубляя закомплексованность. Депрессивные чувства могут сохраняться вплоть до зрелости. У мальчиков физически более развитое тело, наоборот, котируется высоко, поэтому мальчики, первыми вступившие

в пубертатный период, пользуются популярностью среди ровесников.

Прямые последствия полового созревания также меняют сексуальные интересы и фантазии подростков. По мере взросления сексуальные фантазии и сексуальная активность набирают силу. Исследования, проведенные международным экспертным центром по вопросам сексуального и репродуктивного здоровья Rutgers совместно с экспертным центром Aids Netherlands по вопросам ВИЧ, ЗППП и сексуального здоровья среди более 20 000 молодых людей в возрасте от 12 до 25 лет (www.seksonderje25e.nl, отчет за 2017 год), показали, что большинство участников в возрасте от 12 до 14 лет хотя бы раз испытали влюбленность. Тем не менее сексуальная активность среди подростков в возрасте до 14 лет почти не наблюдалась (всего у 3% мальчиков и 2% девочек). Сексуальный опыт у половины опрошенных 15-летних подростков не распространялся дальше поцелуев. Около 50% подростков заявили, что впервые предавались взаимным ласкам без полового сношения в возрасте 16 лет, а в 17 лет начали заниматься сексом. Однако большинство молодых людей впервые вступили в половую связь в 18 лет (девочки несколько раньше мальчиков). Интересно, что в 2012 году все эти виды сексуальной активности происходили в более раннем возрасте (примерно на год раньше). Следовательно, за пятилетний промежуток времени средний возраст начала сексуальной активности сместился на год. При этом следует учитывать и некоторые новые явления, присущие нашему времени. Подростки нередко используют социальные сети для обмена интимными фотографиями (секстинг). Исследования выявили, что каждый восьмой подросток отправлял кому бы то ни было свою фотографию в обнаженном виде (в 2012 году эта цифра составляла всего 5%). Из всей группы участников исследования 6% мальчиков и 14% девочек рассказали о своем негативном опыте с секстингом, например, в результате дальнейшей пересылки фотографий без их разрешения. Таким образом, оба исследования демонстрируют, что свои первые шаги в сексуальной сфере молодые люди делают в возрасте от 14 до 18 лет.

Изменения в сексуальных помыслах и поведении логическим образом приводят к тому, что подростки начинают активнее общаться со сверстниками. Если в детстве сверстники были прежде всего

товарищами по играм, то в подростковом возрасте им отведена совсем иная роль. Дружеские отношения становятся более интимными, строясь на доверии и взаимной оценке (см. [главу 4 «Социальный МОЗГ»](#)).

Помимо изменений в сексуальных интересах подростков гормоны также вызывают резкие и частые перепады настроения, особенно в период полового созревания. Гормоны непосредственно влияют на функционирование мозга, порой основательно активируя области, отвечающие за обработку эмоций. Внезапные всплески радости чередуются с такими же внезапными вспышками ярости. Эмоции зашкаливают! Столь частая смена настроений смущает прежде всего самих подростков.

Важно отметить, что связанные с половым созреванием изменения являются совершенно естественными. В конце концов, трудно представить себе подростка, не вступившего в пубертатный период, и в пятнадцатилетнем возрасте все еще играющего в салочки с детьми во дворе. Позднее половое созревание может привести к ограничениям в развитии всех видов навыков, поскольку гормональные изменения необходимы для стимуляции развития мозга. Изменения в социальном и эмоциональном поведении представляют собой неотъемлемый элемент взросления и формирования социальной идентичности. Пятнадцатилетний подросток, предпочитающий проводить время с родителями, а не со сверстниками, замедляет собственное социальное развитие. Превращение во взрослого члена общества — это непростой процесс со своими взлетами и падениями, которые отражаются и на функционировании мозговой системы, то и дело выходящей из равновесия. Следует помнить, что подростковый возраст — это период бурного созревания мозга, при котором отделы, отвечающие за эмоции, развиваются быстрее других (см. [главу 3](#)).

Постоянный джетлаг

Мечтая скопить деньги на поездку в Испанию, Джим взялся разносить по субботам утренние газеты. Однако, несмотря на искреннее желание подработать, он проспал уже три субботы подряд. В последний раз он поставил сразу два будильника, но так и не сумел встать вовремя.

Первые две субботы его спасала мама: в ответ на звонок с работы «А где же Джим?» она, спешно затолкав сына в машину, помогла ему развезти газеты. Однако в третью по счету субботу она не стала его будить, полагая, что ее 16-летнее чадо способно само нести ответственность за утреннее пробуждение. На самом деле Джим не то чтобы противился подъему в положенный час, ему просто-напросто было не в состоянии это сделать.

Кто из нас не помнит, как в молодости ложился спать за полночь, утром с трудом поднимался с постели и до одури отсыпался на выходных? В период полового созревания гормон сна мелатонин высвобождается организмом много позже обычного, вызывая у подростка существенное изменение биоритма, а следовательно, и ритма сна-бодрствования. Если маленькие дети готовы отправиться на боковую уже к восьми-девяти часам вечера, то у подростков система сна под вечер вообще не срабатывает, из-за чего им бывает трудно уснуть. Однако вследствие физиологических изменений в период полового созревания, таких как скачок роста, организму как раз таки требуется больше сна, что ставит подростка в затруднительное положение: до двенадцати часов он пялится в потолок, а утром не в состоянии разлепить глаза.

Из-за трудностей с ранним подъемом нередко складывается впечатление, что подростки не слушаются взрослых, артачатся, упрямо не желая участвовать в ранних мероприятиях. Сопротивление подростков не всегда является добровольным выбором, оно может быть элементарным следствием изменения биоритма. По сути, подросток пребывает в состоянии постоянного джетлага.

Риск в том, что у подростков может развиваться хроническое недосыпание. Качество сна ухудшается при стрессе, например во время экзаменов. Недосып влияет и на результаты экзаменов, что в свою очередь вызывает новый стресс: возникает замкнутый круг. Кроме того, недосыпание может усугублять и без того резкую смену настроений в период полового созревания, что в крайних случаях может привести к депрессии и расстройству иммунной системы. Недосыпание также влияет на рост и функционирование мозга. Подростки, испытывающие недостаток сна, менее оптимально используют области мозга, отвечающие за управление поведением, и

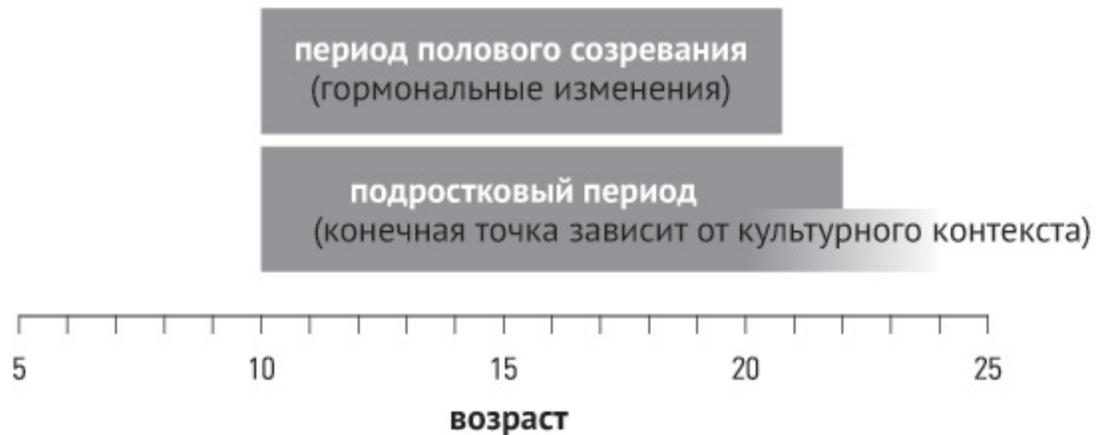
результаты школьных экзаменов могут оказаться ниже их потенциальных способностей.

В 2014 году Американская академия педиатрии подготовила консультативный документ, в котором ратовала за перенос начала школьных занятий на более позднее время. Свои заключения авторы основывали на том, что подростки, испытывающие недостаток сна, не только хуже учатся в школе, но и с большей вероятностью попадают в дорожно-транспортные происшествия. Кроме того, в документе подчеркивались значительные экономические выгоды, обусловленные тем, что выспавшиеся подростки лучше усваивают школьный материал и в большей мере способны проявлять свои таланты. Заметим, правда, что уроки в американских школах начинаются раньше, чем в Нидерландах или в России, в среднем в восемь утра. Некоторые школы, например в штате Луизиана, открываются уже в 7:20. Педиатры рекомендовали перенести начало занятий на 8:30.

Поскольку занятия в школах все еще начинаются довольно рано, подросткам самим следует максимально сократить недосыпание, например выключая компьютер за час до отхода ко сну, ограничивая использование телефона и не употребляя напитки с кофеином.

Превращение во взрослого члена общества

Возраст от 10 до 22 лет считается фазой социального взросления, охватывая тем самым весь подростковый период. На этом этапе у молодых людей появляются дополнительные обязанности: помощь по хозяйству, уход за родственниками, участие в выборах. Повышение социальной ответственности приходится, как правило, на средний (от 15 до 18 лет) и поздний подростковый возраст (от 19 до 22 лет). В этот период молодые люди также испытывают обостренное чувство социальной вовлеченности и формируют собственные идеалы. В связи с этим следует упомянуть несколько важных вех в развитии подростка.



Подростковый период включает в себя фазу полового созревания, связанную с гормональными изменениями, и фазу социального взросления. Конечная точка подросткового периода во многом зависит от культурного контекста

В первую очередь в подростковом возрасте улучшаются когнитивные навыки. Когнитивность, общепринятый термин в психологии, происходит от латинского глагола *cognoscere* («знать»). Его также можно описать как способность к умственному восприятию и переработке информации. Когнитивные изменения оказывают решающее влияние на успеваемость в школе. В своей книге «Происхождение интеллекта у детей» один из самых известных психологов Жан Пиаже писал, что по мере взросления дети способны усваивать все более сложные знания. В подростковом возрасте меняются прежде всего исполнительные функции (их также называют управляющими или регулирующими) — это, пожалуй, наиболее важные предвестники успеваемости в школе. Исполнительные функции имеют особое значение с точки зрения управления сложным и целенаправленным поведением. Они состоят из различных навыков, и только при условии адекватного их взаимодействия подросток может планировать и организовывать свою деятельность. Примеры таких навыков — рабочая память (способность удерживать информацию в голове), корректировка поведения на основании прошлого опыта и способность вовремя останавливать свои действия. По мере совершенствования исполнительных функций молодые люди успешнее справляются с изменениями ситуаций — например, если надо пересмотреть график или выполнить ряд задач одновременно. Каждая исполнительная функция развивается в своем темпе. Важно

понимать: в подростковом возрасте эти функции продолжают совершенствоваться, и только при отлаженном взаимодействии всех их компонентов человек способен целенаправленно планировать свои действия.

В подростковом возрасте ребенок учится мыслить гипотетически и критически (это тоже важные исполнительные функции), то есть ставить себя на место другого человека и оценивать ситуацию его глазами. По мере взросления подростки проигрывают в голове все более сложные сценарии вроде «он думает, что она думает, что он думает, потому что он раньше думал...» и т. д. Благодаря развивающемуся навыку сопоставлять различные аргументы они все чаще выступают с критикой и не стесняются спорить, когда с чем-то не согласны. В главе 2 мы подробно рассмотрим те области мозга, которые отвечают за когнитивное развитие и исполнительные функции.

Помимо развития когнитивных навыков для подросткового возраста также характерны изменения в способах обработки эмоций и их существования на фоне эмоций других людей. У подростков меняется не только самовосприятие, но и отношение к окружающим и к обществу в целом.

Согласно теории нидерландского психолога Михиля Вестенберга, подростки проходят различные этапы социального развития, способствующие процессу взросления. Четыре из них следует выделить особо. Первый этап — импульсивный — характеризуется сочетанием импульсивного поведения, зависимости и послушания. В силу импульсивного поведения подростки не задумываясь поддаются агрессивным и сексуальным импульсам, но, с другой стороны, они не лишены эмпатии. На этом этапе подростки исходят из того, что окружающие мгновенно отзываются на их желания и потребности. Они рассчитывают на родителей и учителей, которые подскажут, как действовать, разъяснят, что позволено, а что нет. Поэтому их импульсивное поведение на этом этапе еще можно легко скорректировать.

Затем следует этап самозащиты. Он характеризуется самостоятельностью и оппортунизмом. Зависимая позиция на импульсивном этапе уступает место самообороне, попытке

контролировать свои импульсы и эмоции. Чувство обиды или страха, к примеру, зачастую отрицается. Цели носят, как правило, гедонистический характер, а дружба формируется исходя из собственной выгоды.

Важное изменение происходит на следующем этапе — этапе конформизма, который отличается способностью приспосабливаться, равенством (ты заслуживаешь того же, что и я), взаимностью (ответные действия на поступок другого) и социальным поведением. Если на предыдущих этапах действиям подростка в первую очередь свойственна эгоцентричность, то на стадии конформизма он учитывает интересы окружающих. С друзьями подросток демонстрирует социально желательное поведение, страшится критики и не хочет быть отвергнутым. Отношениям между подростками присуща взаимность: следует во всем друг с другом соглашаться и всем симпатизировать.

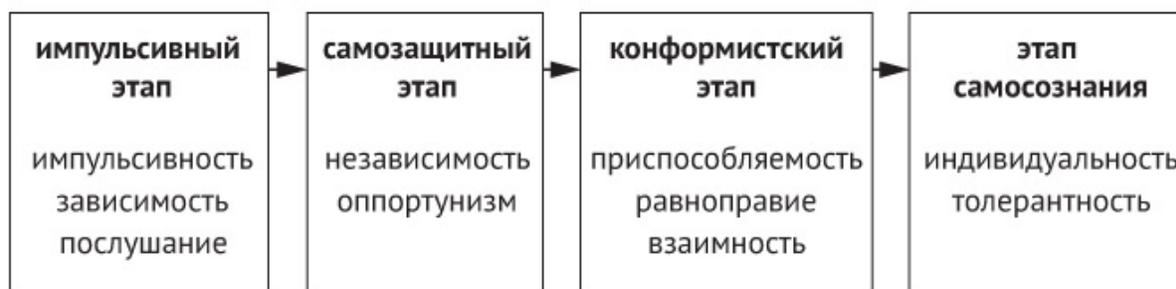
На этапе самосознания — завершающем — во главу угла ставятся индивидуальность, межличностные отношения и толерантность. В этот период подросток уже в гораздо большей мере считается с собственными чувствами и желаниями, даже если в его кругу они не являются социально желательными. Подросток серьезно относится к своему «я» и допускает, что может быть отвергнут другими. Понятие добра, с его точки зрения, варьируется в зависимости от конкретного человека и обстоятельств; так что этап самосознания отличается к тому же большей терпимостью и гибкостью характера.

Скорость прохождения вышеназванных этапов у каждого своя, поэтому они не поддаются строгому возрастному ранжированию. В среднем, однако, можно сказать, что в возрастной группе 8–11 лет большинство детей переживают импульсивный или этап самозащиты. После 12 лет их число стремительно уменьшается. В возрасте 12–14 лет подростки по преимуществу переходят от самозащиты к конформистской фазе, которая достигает пика в возрасте около 16 лет, после чего постепенно ослабевает. Этап самосознания начинается в 16-летнем возрасте, набирая силу приблизительно до 21 года, а затем стабилизируясь. В возрастной группе 21–25 лет около 75% молодежи находится в стадии самосознания.

На вопрос, когда человек становится взрослым, ответить нелегко. Наши представления о взрослости беспрестанно меняются в

зависимости от культуры или обстоятельств. Возраст, в котором люди считаются готовыми к выполнению определенных обязанностей, таких как, например, участие в дорожном движении, существенно различается между странами. Так, в США уже в 16 лет можно получить водительские права, а в Нидерландах самостоятельное управление транспортным средством разрешается не раньше 18 (в сопровождении взрослого старше 27 лет — уже с 17 лет).

Низшую возрастную планку в контексте употребления алкоголя разные страны также регулируют по-своему. В Нидерландах до недавнего времени разрешалось употреблять спиртное с 16 лет, но 1 января 2014 года минимальный возраст был поднят до 18. В США это возрастное ограничение составляет 21 год.



Этапы социально-эмоционального развития по теории Михиля Вестенберга

Голосовать за политическую партию или баллотироваться на выборах в Нидерландах имеют право все граждане, достигшие 18-летнего возраста (до 1946 года возрастной ценз составлял 25 лет). В настоящее время многие ратуют за то, чтобы молодежь еще раньше активно включалась в демократический процесс, призывая снизить возрастной ценз до 16 лет.

С другой стороны, раздаются голоса и в пользу повышения возраста, с которого молодые люди наделяются обязанностями взрослых. В частности, когда речь заходит о подростках, воспитывающихся в приемных семьях, повышение возрастного ценза напрашивается само собой. Это дало бы им возможность дольше пользоваться услугами органов по делам несовершеннолетних и защите их прав, столь часто необходимыми приемным детям и после 18 лет. В следующих главах я расскажу, что развитие мозга не

ограничивается 18-летним рубежом и что не все подростки взрослеют одновременно. Полезно чаще ставить вопрос о том, выполнения каких обязанностей и в каком именно возрасте мы вправе требовать от молодежи.

Теперь мы знаем, что обсуждавшиеся выше этапы связаны с важными сдвигами в функционировании и организации мозга, которые помогают нам лучше понять причины изменений в социальном и эмоциональном поведении подростков. В последующих главах эти изменения разбираются более подробно. Мы обсудим, в частности, причины скачкообразной успеваемости в школе (глава 2) и зачастую бурных эмоциональных реакций подростков. Узнаем, каким образом они контролируют или не контролируют свои эмоции и почему второе иной раз идет им на пользу (глава 3). Мы рассмотрим области мозга, связанные с дружбой и общением, а также изменения, происходящие в дружеских взаимоотношениях (глава 4). Подростковый возраст, безусловно, не следует считать периодом сплошных ограничений. Подростковый возраст — это время уникальных возможностей: развивающийся мозг дает подросткам неповторимый шанс овладеть новыми знаниями и раскрыть творческий потенциал (глава 5).

Сегодня мы способны объяснять изменения в поведении подростков развитием их мозга, поскольку за последние 20 лет в этой области был достигнут колоссальный прогресс. Испокон веков ученые пытались разгадать тайну функционирования мозга, их теории восходят к эпохе ранних философов. Революция в науке о мозге произошла после внедрения новых технологий сканирования мозга. Реальное измерение мозговой активности стало возможно лишь несколько десятилетий назад, и с тех пор эти методы измерения и знания продолжали совершенствоваться. В последнее время исследованиям мозга уделяется первостепенное внимание. Прежде чем перейти к главам, посвященным описанию влияния растущего мозга на поведение подростка, давайте вкратце ознакомимся со строением мозга и методами измерения мозговой активности.

Строение мозга

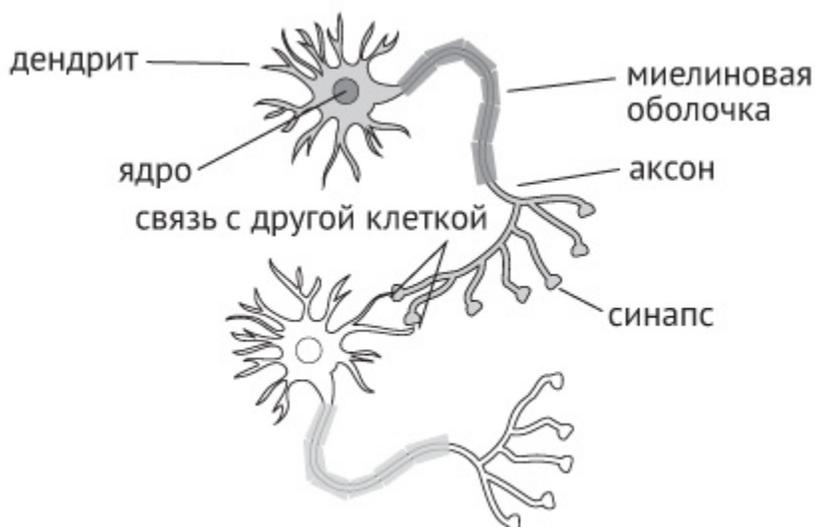
Мозг состоит из связанных между собой нервных клеток, называемых нейронами. Только в 2012 году ученые обнаружили, что мозг содержит около 86 миллиардов нейронов (раньше считалось, что их гораздо больше — около 100 миллиардов). Так или иначе, 86 миллиардов — это огромное количество, превышающее число нейронов у других животных. Главная особенность нейронов заключается в том, что они образуют сети и взаимодействуют друг с другом. Совместно со спинным мозгом головной формирует центральную нервную систему.

Мозг состоит из серого и белого вещества. Серое вещество образовано клеточными телами нейронов. Нервные клетки генерируют потенциал действия (волну электрического разряда), посылая таким образом информацию другим клеткам. Нервным клеткам помогают глиальные клетки (от древнегреческого «глия» — клей), которые производят миелиновую оболочку (изолирующее защитное вещество, улучшающее проведение нервного импульса), поддерживают структуру и перерабатывают отходы. Белое вещество образовано аксонами (отростками нервных клеток), соединяющими нервные клетки на большом расстоянии.

В головном мозге различают несколько областей, каждая из которых выполняет свою функцию. Давайте их перечислим. Мозжечок, расположенный в задней части головного мозга и похожий на гриб, участвует в формировании двигательных навыков и отвечает за координацию движений, регуляцию равновесия и мышечного тонуса. Мост (он же Варолиев мост) представляет собой небольшое образование, сочленяющее спинной и головной мозг; это самая древняя структура головного мозга. Мост передает информацию от расположенных выше отделов мозга в мозжечок. Над мостом находится средний мозг, также имеющий значение для передачи сенсорных и двигательных сигналов. Чуть выше располагаются таламус и гипоталамус, играющие важную роль в регуляции гормонов, а также в терморегуляции организма.

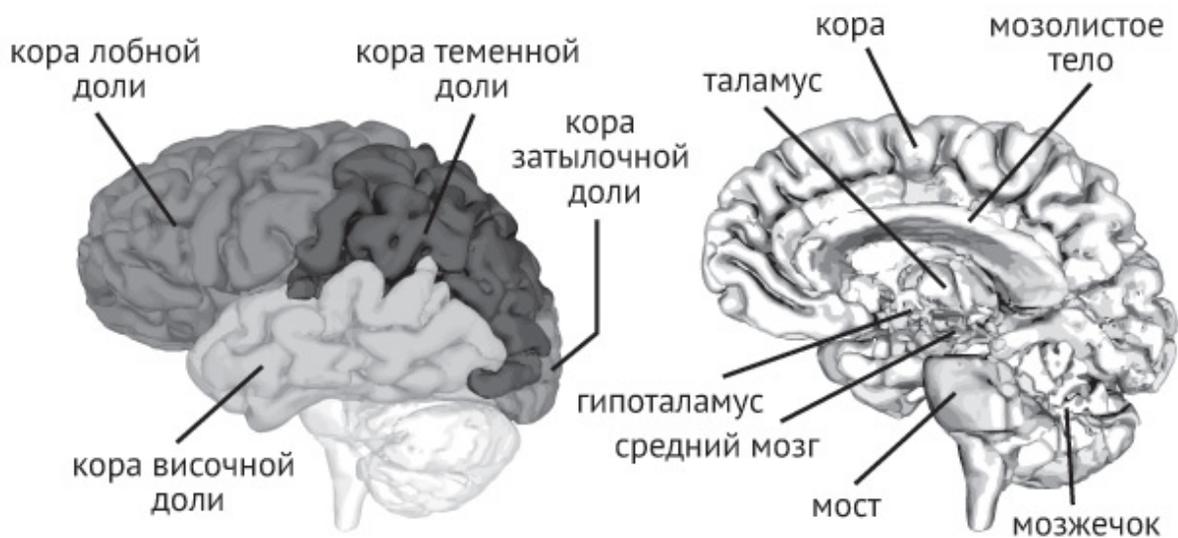
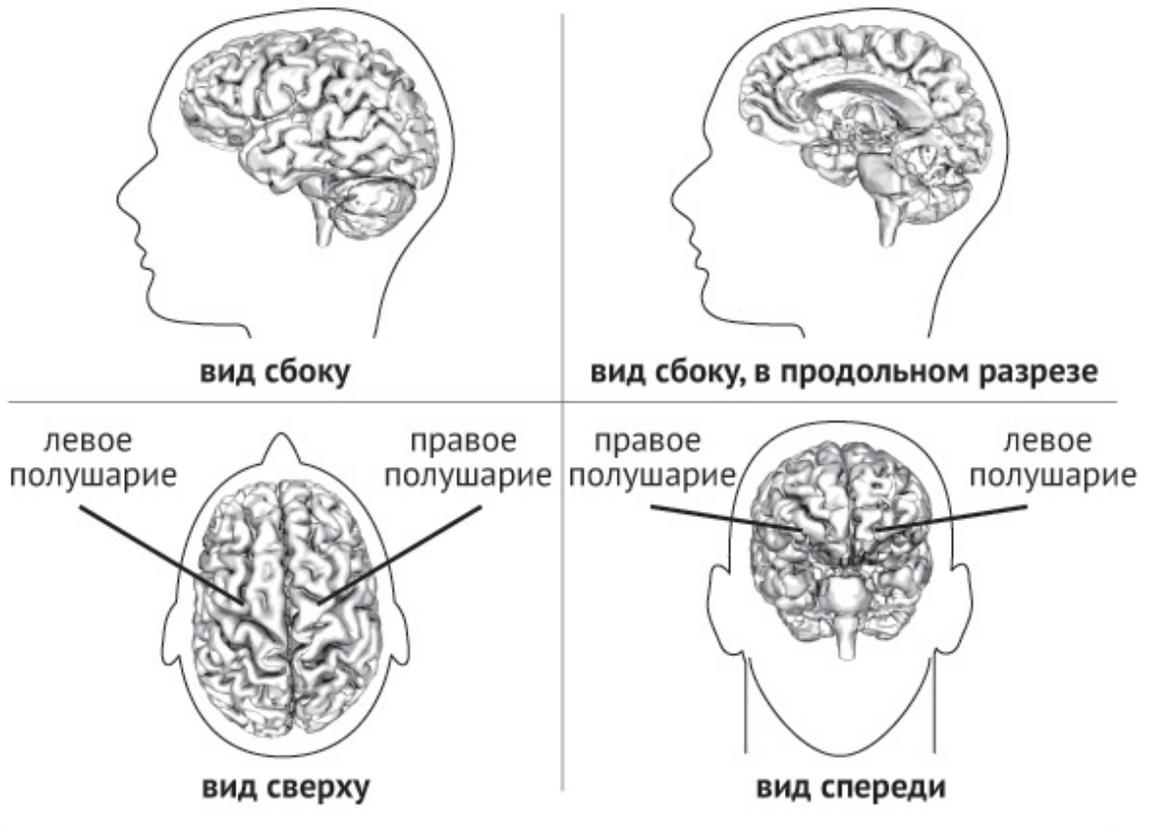
Конечный (или большой) мозг — самый передний отдел головного мозга. Он образован двумя полушариями и покрыт корой головного мозга. Кора головного мозга представляет собой складчатый внешний слой мозга, гораздо более развитый у человека, чем у животных.

Благодаря наличию извилин и борозд кора покрывает изрядную поверхность. Если бы кору можно было разгладить, то мозг сравнился бы по размеру с баскетбольным мячом, а не с двумя сжатыми кулаками, как у современного человека. Кора имеет сложнейшую структуру и отвечает за восприятие всей поступающей в мозг информации.



Изображение клетки головного мозга, состоящей из ядра, аксона и дендрита. Аксон окружен миелиновой оболочкой — изолирующим белым веществом, которое улучшает проводимость нервного импульса. Сигналы между клетками передаются через синапсы, которые генерируют потенциалы действия. Так информация из одной клетки мозга передается в другую

Кора головного мозга покрывает два полушария. Каждое из них состоит из четырех долей, примыкающих к соответствующим костям свода черепа: затылочной, височной, теменной и лобной. Затылочная доля отвечает за переработку зрительной информации. Теменная — за чувствительность и ориентацию в пространстве. Височная доля имеет первостепенное значение для слуха, речевых функций и памяти. И, наконец, лобная доля обеспечивает осмысленные и целенаправленные действия.



Проекции головного мозга: вид сбоку, в продольном разрезе, вид сверху и спереди (на рисунке вверху)

Наиболее важные структуры мозга. Слева: вид сбоку; справа: головной мозг в продольном разрезе (на рисунке внизу)

К более глубоким структурам, взаимодействующим с корой

головного мозга при формировании поведения, относятся базальные ганглии и миндалевидное тело. Базальные ганглии являются ключевой структурой обучения и системы вознаграждения (это совокупность структур нервной системы, которые участвуют в регуляции и контроле поведения при помощи положительных реакций на действия). Миндалевидное тело задействовано в управлении эмоциями.

Правое и левое полушария головного мозга соединяются мозолистым телом — эта структура в центре мозга координирует работу обоих полушарий. Распространено утверждение, что левое полушарие отвечает за логику и разум, а правое — за эмоции, но это ошибочно. Оба полушария участвуют в выполнении всех наших функций. Существуют некоторые свидетельства доминирующей роли левого полушария в развитии речи и языковых способностей, но даже в данном случае необходима слаженная работа обоих полушарий (см. [главу 2 «Обучающийся мозг»](#)).

Развитие коры головного мозга — невероятно сложный процесс. Приблизительно через 6–18 недель после зачатия эмбрион производит гигантское количество нейронов (более 200 тысяч в минуту!), с чего и начинается формирование мозга. Из так называемой нервной трубки мозговые клетки отправляются разведывать новые места, образуя в конечном итоге связи между отделами мозга. Таким образом, слои коры головного мозга формируются изнутри наружу. Некоторые из этих клеток уже выполняют отведенную им при создании роль, двигаясь в предназначенном им направлении. Впрочем, большинство нейронов обладают гибкостью и способны осуществлять разные функции. Специфическую роль они берут на себя, только когда достигают конечного пункта назначения и вступают во взаимодействие с другими нейронами, чтобы выполнять ту или иную функцию.



Фронтальный срез головного мозга с изображением миндалевидного тела, базальных ганглиев и коры

Первым образуется ствол мозга, обеспечивающий выполнение таких механических функций, как сердцебиение. Конечный (большой) мозг, включая кору, формируется позже. Уже через четыре месяца после зачатия все элементы клеточной структуры мозга оказываются на своих местах, после чего строительная работа продолжается — для этого между нейронами устанавливается множество дополнительных связей.

Формирование мозга — чрезвычайно динамичный процесс. Американский исследователь Джон Гилмор проследил за развитием 1000 детей, начиная от внутриутробного периода до 6 лет. Он обнаружил, что в отрезок времени между рождением и 2 годами мозг растет невероятно быстро. Размер мозга двухлетних детей составляет около 70% мозга взрослого. Мозг продолжает расти в период от 2 до 6 лет, достигая своего пика приблизительно в шестилетнем возрасте. На этом этапе жизни достигается максимальное количество нейронов. Затем происходит нечто удивительное: в возрасте между 6 и 22 годами число нейронов постепенно уменьшается. Уменьшение клеток серого вещества сопровождается улучшением функций коры головного мозга. Ведь перепроизводство приводит к неэффективности. В процессе перепроизводства клетки, успешно выполняющие поставленные перед ними задачи, сохраняются и функционируют еще эффективнее. Клетки, не справляющиеся со своими обязанностями, удаляются.

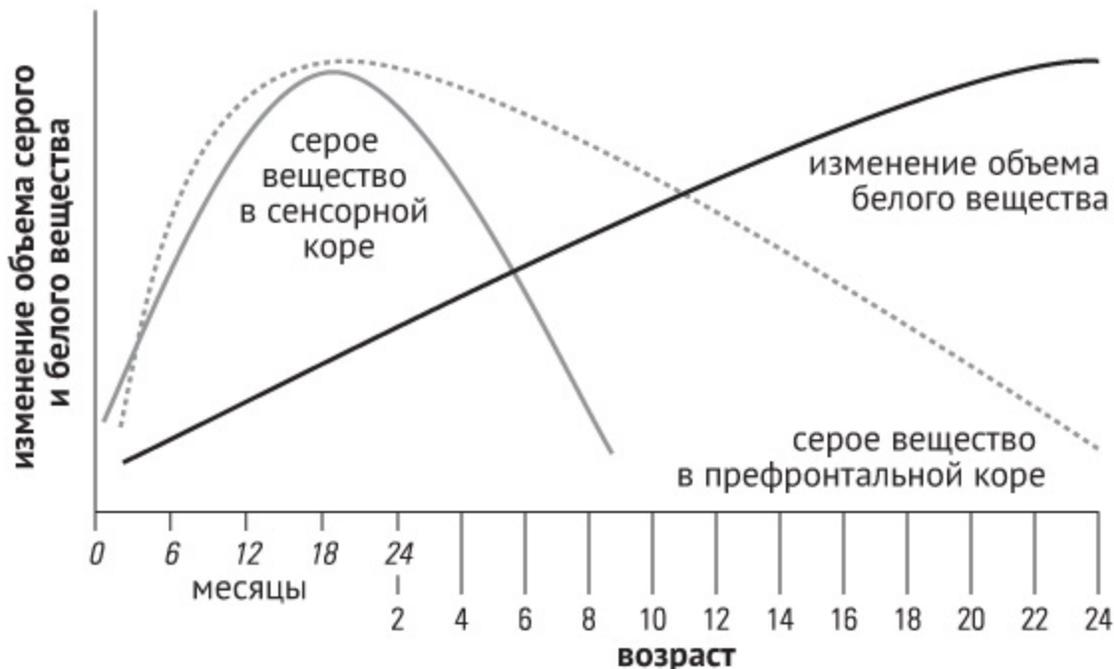
Перепроизводство и сокращение количества клеток в разных частях коры головного мозга происходит неравномерно, что отражается на поведении подростка.

Апогей в увеличении и уменьшении объема серого вещества приходится на период 4–8 лет. Однако кора головного мозга будет развиваться еще очень долго — до 25 лет! Первоначально пик перепроизводства происходит в зрительной коре (отвечающей за обработку зрительной информации) и только гораздо позже — в теменной (интеграция информации), лобной (осознанные и целенаправленные действия) и височной коре (речевые функции). Исследователи полагают, что подобная неравномерность в развитии различных участков коры головного мозга сказывается на поведении детей, а также объясняет, почему овладение различными навыками происходит не одновременно. Иногда мозг просто еще не готов освоить тот или иной навык. Существуют также свидетельства того, что рост мозга у мальчиков происходит иначе, чем у девочек. Однако на сегодняшний день нет научных доказательств в пользу того, что различия в росте мозга связаны с различиями в мышлении или поведении. Среди только мальчиков или только девочек несходства зачастую выражены гораздо сильнее, чем различия между «средним мальчиком» и «средней девочкой».

В отличие от серого вещества, объем которого то увеличивается, то уменьшается, объем белого вещества растет линейно до ранней зрелости. В сером веществе генерируются потенциалы действия, которые защищаются и транспортируются белым веществом. Таким образом, белое вещество обеспечивает оптимальную связь. Обмен информацией между клетками осуществляют своеобразные «посланники» — нейротрансмиттеры. Они выполняют как активирующую роль, заставляя определенные клетки работать более интенсивно, так и сдерживающую (или ингибирующую), тормозя активность тех или иных нейронов. Количество и функции нейротрансмиттеров меняются до 15–16 лет. В период полового созревания, к примеру, вырабатывается повышенное число нейротрансмиттера дофамина. Он влияет на усвоение нами новой информации и участвует в системе вознаграждения (см. [главу 3 «Эмоциональный мозг»](#)).

В развитии некоторых областей мозга выделяют так называемый «чувствительный период», когда мозг становится чрезвычайно гибким — пластичным. Именно в этот период повреждение мозга или недостаточная его стимуляция может обернуться для ребенка плачевными последствиями в будущем. Например, алкоголь и никотин, воздействию которых подвергается ребенок до рождения, влияют в дальнейшем на его умственные способности. Чувствительные периоды наступают и после рождения. Скажем, области затылочной доли необходимо стимулировать уже на ранней стадии их развития, предлагая им визуальную информацию. Иначе они не смогут развить свои функции. Это связано с тем, что между глазами (куда поступает информация) и затылочной долей (где обрабатывается визуальная информация) должны образовываться длинные связи. Поэтому если ребенок будет расти в темноте, то определенные участки зрительной коры не смогут адекватно выполнять свои задачи.

Для каких-то областей мозга характерен относительно короткий чувствительный период (зрительная чувствительность), для других — более затяжной (языковая чувствительность). В определенных участках мозга чувствительный период не проявляется столь явно либо длится гораздо дольше. К ним, в частности, относятся области, отвечающие за восприятие новой информации, например, в процессе школьного обучения, а также мозговые сети, участвующие в формировании социальных отношений. В настоящее время ученые выясняют, имеются ли в подростковом возрасте периоды, чувствительные к тем или иным формам социального поведения. Налицо признаки того, что подростки, на этапе полового созревания лишенные общения, страдают от его отсутствия и в зрелости (см. [главу 4 «Социальный мозг»](#)).



Временная траектория развития серого и белого вещества в разных областях коры головного мозга. В разных областях коры объем серого вещества меняется в разное время. Источники: Gilmore et al. (2018), Tamnes et al. (2017)

Взгляд внутрь черепа

Технология исследования мозга у живых людей была разработана лишь в прошлом веке, но попытки изучить функционирование мозга предпринимались и раньше. До того как появились современные методы, ученые обследовали пациентов с поврежденным головным мозгом (с опухолью, пулевым ранением или любым другим типом травмы). Последствия таких повреждений, зачастую трагические для пациентов, внесли огромный вклад в понимание устройства и работы мозга. Во время Первой и Второй мировых войн нейропсихологи сумели сделать важные открытия о функционировании мозга. Они обследовали множество солдат с увечьями головы, наблюдая за вызванными этими повреждениями ограничениями в их жизнедеятельности. После смерти солдат можно было выяснить, какие именно отделы мозга подверглись травме и, следовательно, определить их функции — то есть установить, повреждения каких областей мозга вызывали нарушения в поведении.

Подобный способ исследования все еще широко применяется,

однако в настоящее время больше нет необходимости дожидаться смерти человека, чтобы выяснить, какой участок поражен. Использование методов сканирования мозга, таких как магнитно-резонансная томография (МРТ), позволяет досконально отобразить структуру мозга. Зная, с какими задачами не справляется пациент (например, не распознает лица или не идентифицирует предметы) и обладая информацией о поврежденном отделе мозга, мы можем предположить, что поврежденный отдел отвечает за выполнение этих задач. Но как измерить работу мозга у здоровых людей? Например, у детей?

Известно, что мозг состоит из 86 миллиардов нервных клеток, каждая из которых связана с сотнями, а порой и тысячами других. Выяснить функции всех этих клеток невероятно сложно. Тем не менее за последнее столетие ученые разработали два важных метода, помогающих внести ясность в этот вопрос.

В 1930-х годах был изобретен электроэнцефалограф (ЭЭГ), прибор, позволяющий регистрировать изменения в электрической активности головного мозга. Электроэнцефалограф считывает с поверхности головы электрические сигналы и выводит их на экран монитора. Серьезным преимуществом этого метода является возможность точного измерения (с точностью до миллисекунды) активности нервных клеток. Однако поскольку эта активность измеряется электродами на поверхности головы, мы не можем сказать наверняка, в каком именно отделе мозга она происходит.

Поэтому вторым важным методом измерения активности мозга является МРТ. МРТ позволяет проникнуть в структуру мозга и исследовать, к примеру, клетки серого вещества и нейронные связи. Функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) регистрирует активность областей мозга, то есть наблюдает за мозгом в действии. Давно известно, что для усиления активности нейронов им необходимо большее количество кислорода. С помощью МРТ можно отобразить увеличение содержания кислорода, используя магнитную чувствительность частиц этого газа. Другими словами, принцип МРТ сводится к следующему: увеличение активности нейронов в том или ином отделе мозга (например, в отделе, отвечающем за двигательные функции при движении рук) вызывает приток крови в этот отдел.

Часть кровотока образована эритроцитами, содержащими белок гемоглобин. Он обладает свойством поглощать кислород. Изменение содержания кислорода в гемоглобине сопровождается изменением магнитных свойств гемоглобина — этот сигнал и улавливает МРТ-сканер. По сути, измеряется соотношение между насыщенными кислородом и бедными кислородом частицами гемоглобина. Такой принцип измерения известен как принцип BOLD-контрастности (blood oxygenation level dependent contrast — контрастность, зависящая от степени насыщения крови кислородом).



Сотрудница научно-исследовательского центра «Мозг и развитие» в Лейдене помещает участника исследования в МРТ-сканер (фото: Мариэтта Хёйзинга)

Существенное преимущество метода МРТ в том, что его легко применять и он необременителен для участников процедуры. Кроме того, МРТ не связана с потенциально вредным рентгеновским излучением. Поэтому метод томографии идеально подходит и для исследования мозговой активности у детей. В настоящее время МРТ

проводится даже у новорожденных (а иногда применяется и до рождения). Внедрение МРТ необычайно обогатило наши знания о мозге. Сегодня трудно представить себе мир без науки о мозге, однако все революционные открытия в этой сфере были сделаны лишь в последние 20 лет. За прошедшие годы также проводились исследования, в которых развитие подростков отслеживалось в течение продолжительного времени. Такие исследования крайне важны, чтобы выяснить, почему одним подросткам под силу преодолевать трудные обстоятельства, а другим — нет и почему одни методы обучения оказываются эффективнее других. Результаты первых широкомасштабных исследований, проводимых в настоящее время в Нидерландах и США, описаны в этой книге. Они дают новое понимание динамичного процесса развития мозга в подростковом возрасте. В ближайшем будущем благодаря передовым технологиям мы, несомненно, узнаем о подростках во сто крат больше.

В научно-исследовательском центре «Мозг и развитие» мы также применяем метод фМРТ для изучения мозга подростков. Интересующиеся устройством мозга подростки могут посетить сайт центра www.kijkinjebrein.nl. Дополнительная информация об участии в наших исследованиях размещена на странице www.juniorhersenen.nl.

ГЛАВА 2

Обучающийся мозг

Мозг и образование

Как решить сложную математическую задачу? Почему выучить второй язык легче в молодости? Почему некоторые дети умнее остальных? Способности к обучению врожденные или мозг можно тренировать? Сегодня мы понимаем, что ответы на эти вопросы связаны с функционированием и ростом определенных участков мозга. С одной стороны, в последнее время вырос интерес к науке о мозге, с другой — изменились наши ожидания от школьников; все это привело к возникновению совершенно новой территории исследований, объединяющей знания о мозге и знания об образовании. На этой территории преподаватели, учащиеся, специалисты сферы образования и нейробиологи вместе пытаются адаптировать школьную программу к возможностям обучения ребенка и подростка.

В последние годы структура и содержание образования активно обсуждаются в обществе. Всевозможные образовательные инновации, внедренные в 1998–2008 годах под названием «новое образование», привели к ухудшению качества образования в Нидерландах. Образовательные реформы не учитывали различий между детьми и руководствовались не научными достижениями, а политическим выбором. Поэтому комитет, в 2008 году проводивший парламентское расследование в Нидерландах, рекомендовал политикам сосредоточиться на содержании школьной программы, а не на организации образования. При проведении реформы образования необходимо более тесное сотрудничество между исследователями, образовательными институтами и группами заинтересованных лиц.

Неудивительно, что знания о развитии мозга влияют на образование. Педагоги активно используют новые научные открытия, пытаясь адаптировать среду обучения к возможностям учащихся. Случается, однако, что предлагаемые ими программы содержат антинаучные выводы. Вспомните хотя бы об упомянутых мной заблуждениях относительно того, что человеческий мозг задействован

лишь на 10% (хотя на самом деле мы непрерывно используем его полностью) или что левое полушарие отвечает за разум и логику, а правое — за эмоции (в то время как оба полушария участвуют в выполнении всех наших функций). Подобные заблуждения основываются на чересчур поспешном или неверном истолковании результатов научных исследований, что в свою очередь приводит к распространению так называемых нейромифов, то есть ошибочных представлений о возможностях мозга. Сотрудничество между работниками образования и учеными помогает развеять расхожие заблуждения. Чем теснее это сотрудничество, тем эффективнее внедряются теоретические знания в образовательную практику. Следует учитывать и то, что результаты научных исследований — лишь элементы большого пазла. Сами по себе исследования мозга не способны предоставить ответы на все вопросы, связанные с улучшением образования. Однако исследования мозга могут стать ключевым элементом этого пазла: они объясняют познавательный процесс и позволяют выстроить обучение в соответствии с возможностями подростков.

В этой главе мы обсудим последние научные открытия, затрагивающие когнитивные навыки подростков. Навыки эти, безусловно, не существуют сами по себе: на них постоянно влияют меняющиеся эмоции или, к примеру, присутствие друзей. Эмоциональные и социальные аспекты работы мозга мы рассмотрим в следующих главах. Здесь же я расскажу о том, чему и когда способны обучаться подростки, и уделю особое внимание самостоятельному обучению и умению планировать.

Критика концепции «нового образования» касалась прежде всего того, что ожидания относительно формирования ответственности у подростков завышались. Возьмем, к примеру, Сюзанну. Сюзанна учится в средней школе и до сих пор получала только хорошие отметки. В последнее время ее успеваемость, увы, заметно снизилась. Сюзанна, разумеется, не хотела бы остаться на второй год, но, вернувшись домой из школы, она тем не менее не садится за уроки. Первым делом Сюзанна подолгу болтает в чатах с подругами, а потом отправляется на хоккейную тренировку. Лишь под вечер она вспоминает, что должна еще подготовиться к контрольной по физике,

доделать упражнение по английскому и выучить историю. Когда она сосредотачивается на чем-то одном, успех налицо, однако большой объем домашней работы по разным предметам ее расхолаживает. В школе же исходят из того, что Сюзанна способна составить для себя график выполнения домашних заданий, ведь подобная самостоятельность сослужит ей службу на более высокой ступеньке образования. Сюзанна вроде бы и не против, но мозг девушки, похоже, еще не готов к сотрудничеству.

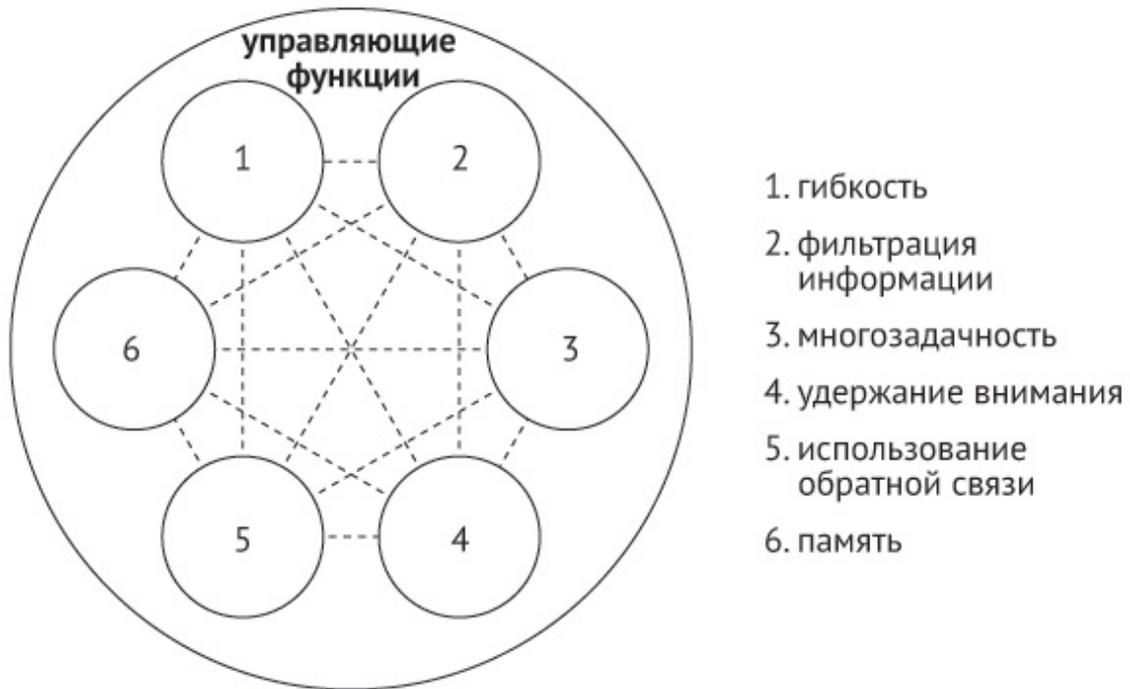
Это и есть корень всех проблем. С одной стороны, мозг, разумеется, можно тренировать, с другой — в подростковом периоде он еще вовсе развивается. Следовательно, мы не вправе ожидать от подростка абсолютной самостоятельности. Тем более учитывая тот факт, что области, отвечающие за оптимальное планирование деятельности, в мозге подростка еще не созрели. Они все еще активно формируются, а с ними — и связи между различными отделами мозга. Потому-то мозг Сюзанны просто не справляется с задачей самостоятельного планирования, особенно если домашние задания приходится сочетать с внешкольными мероприятиями. Жаль, если ей придется остаться на второй год, ведь она достаточно умна, чтобы перейти в следующий класс. В этой главе мы постараемся выяснить, что необходимо для умения планировать свою деятельность, какие области мозга управляют этим умением и как они формируются.

Кора лобных долей: регулятор когнитивных способностей

Для адекватного планирования деятельности требуются различные навыки. У Сюзанны много дел. Чтобы справиться с ежедневным объемом домашней работы, ей приходится выполнять несколько задач одновременно. Планирование деятельности — сложный процесс. Он требует умения расставлять приоритеты и противостоять отвлекающим факторам, чтобы достичь поставленных целей в долгосрочной перспективе.

Планирование относится к исполнительным (или управляющим) функциям, отвечающим за целенаправленное поведение. Примеры такого поведения — распланированное выполнение школьной

домашней работы или подключение внимания на уроках (даже на фоне болтовни одноклассников на задней парте). Подобными регулирующими навыками в большей степени обладают взрослые, нежели подростки. В рамках концепции «нового образования» учащимся предоставлялась изрядная степень независимости, что зачастую оказывалось им не по зубам. В настоящее время родители снова усиленно контролируют своих детей, в частности благодаря онлайн-системам отслеживания школьной успеваемости. Нередко взрослые узнают об отметках даже раньше самих учеников. Правда, такая форма контроля может всерьез тяготить подростков. Необходимо сбалансированное решение: следует, разумеется, предоставлять подросткам свободу в процессе становления их независимой личности (без неусыпного родительского контроля и диктата), но в то же время направлять их и помогать им, пока окончательно не сформируются их исполнительные функции. Найти этот баланс бывает непросто, к тому же не существует унифицированного критерия свободы и контроля. Кто-то, возможно, уже планирует свою деятельность вполне самостоятельно, а кому-то, наоборот, все еще нужна дополнительная поддержка.



Планирование требует отлаженного взаимодействия между различными управляющими функциями мозга

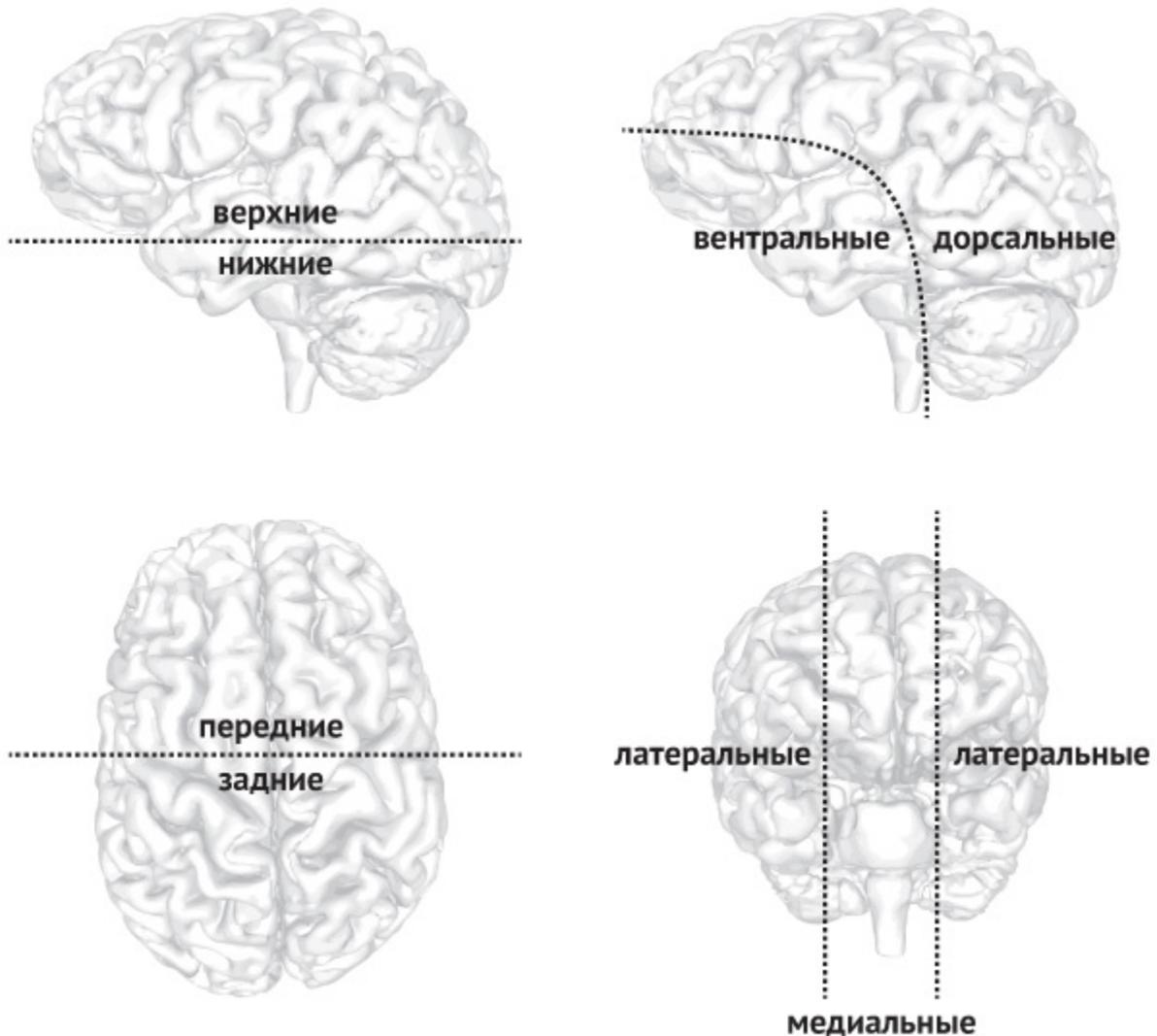
Чтобы понять назначение исполнительных функций и происходящие в них изменения, мы подробно рассмотрим строение коры, внешнего извилистого слоя большого мозга (см. [главу 1](#)). Кора лобных долей — важнейшая область мозга, управляющая исполнительными функциями.

Лобная кора расположена (как следует из названия) в передней части черепа и занимает около трети всех корковых структур. О ее росте известно довольно много. Мы знаем, что в период между рождением и 4–6 годами количество клеток мозга в лобной коре резко увеличивается, а затем идет на убыль. Период сокращения количества нейронов считается чрезвычайно важным: оптимально работающие клетки сохраняются (и становятся сильнее), а менее значимые — удаляются. Этот этап длится до 20–25 лет. Поэтому возраст между 6 и 20 годами является ключевым для обучения: именно в этот период на формирование мозга можно заметно влиять.

Попробуем разобраться, как изменения в росте лобной коры связаны с исполнительными функциями. Повторюсь: кора лобных долей — самый крупный участок коры, и не все области головного

мозга выполняют одни и те же задачи. Некоторые отделы мозга наделены всего лишь одной, очень специфической функцией: гипоталамус, к примеру, отвечает за регуляцию биоритма. Кора же отличается многообразием функций, в выполнении которых участвуют различные отделы коры. Поскольку этих отделов великое множество, они называются по своему местоположению в той или иной плоскости лобной коры: верхние и нижние, вентральные (внутренние) и дорсальные (внешние), передние и задние, медиальные (серединные) и латеральные (боковые).

Внутри коры лобной доли различают три зоны: моторную, латеральную и медиальную. Эти зоны управляют всевозможными типами поведения человека. Моторная кора располагается ближе к задней части лобной коры и важна для инициирования и выполнения движений (название говорит само за себя). Чуть ближе к передней части черепа находится латеральная кора, которая играет весомую роль в планировании деятельности, обучении, применении правил и следовании инструкциям. Под латеральной расположена медиальная кора, отвечающая за планирование и целенаправленные действия, а также за самостоятельное управление поведением. Медиальная кора имеет первостепенное значение при принятии эмоциональных (глава 3) и социальных решений (глава 4).



Названия отделов в соответствии с их расположением в различных плоскостях головного мозга: верхние и нижние, вентральные (внутренние) и дорсальные (внешние), передние и задние, медиальные (серединные) и латеральные (боковые)

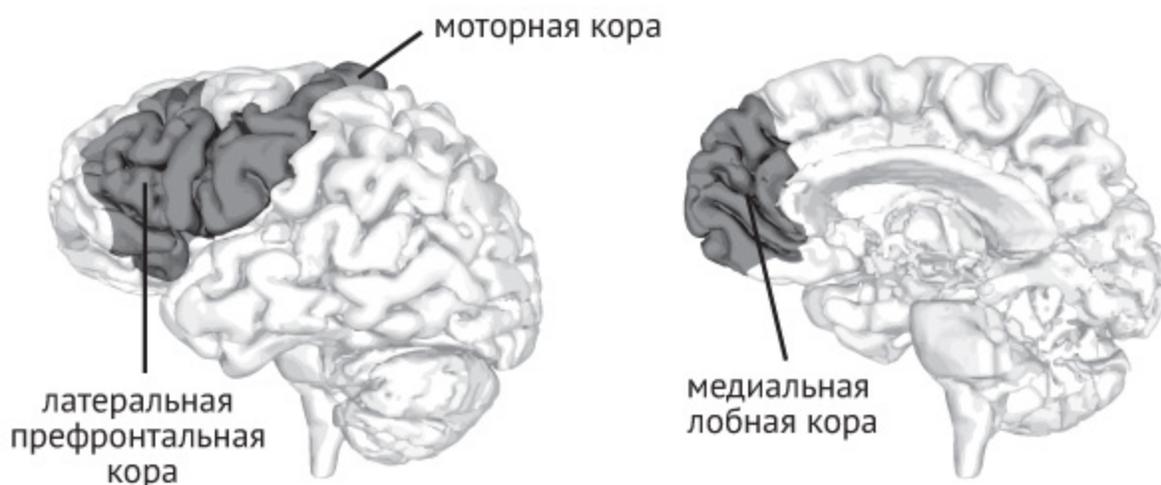
Таким образом, кора лобных долей связана с осуществлением целого ряда исполнительных функций. Методы сканирования мозга пролили свет на многие из них. Однако первые открытия в этой области были сделаны в ходе обследований людей с поврежденным мозгом.

Способность планировать после повреждения мозга

В силу того, что лобная кора располагается в передней части головы, она чаще других областей мозга подвергается повреждениям.

Безусловно, любые повреждения имеют серьезные последствия для повседневного функционирования человека. Однако поскольку лобная кора — крупная и неоднородная область мозга, то повреждения различных отделов внутри нее по-разному влияют на нашу жизнедеятельность.

Для начала мы рассмотрим внешнюю часть лобной коры (латеральную кору), поражение которой наиболее значимо влияет на планирование поведения и приобретение новых знаний. Каким образом?



Изображение различных отделов в коре лобных долей головного мозга

Из обследований пациентов мы знаем, что внешняя часть лобной коры — латеральная кора — важна для умения решать проблемы, сохранять в памяти информацию и вовремя останавливать неподобающее поведение. Пациенты с повреждением латеральной лобной коры часто делают неуместные комментарии просто потому, что у них нет сдерживающего тормоза. Кроме того, они плохо понимают юмор с подтекстом (поскольку не в состоянии связывать ситуационные эпизоды воедино), но зато смеются над плоскими шутками.

Пациенты с повреждением латеральной лобной коры испытывают трудности при обработке обратной связи. В ответ на критику они не способны должным образом скорректировать свое поведение. Они как бы застревают в нем, не имея возможности легко его изменить.

Следовательно, у пациентов с повреждением в лобной коре в первую очередь возникают проблемы с исполнительными функциями.

Как выяснится позже, в подростковом возрасте исполнительные функции все еще развиваются. Этот факт необходимо учитывать, когда речь идет о степени контроля и управления в школьной ситуации. Подростку, привыкшему выполнять то или иное задание определенным образом, бывает сложно привыкнуть к измененной форме обучения или к растущему количеству заданий.

Что происходит в мозге в процессе планирования?

Благодаря таким методам сканирования мозга, как фМРТ, ученым удалось подробно изучить функционирование лобной коры. Исследователи выяснили, в частности, что у каждой области лобной коры свои конкретные задачи. С помощью фМРТ появилась возможность наблюдать за активностью в отдельно взятых областях мозга.

Методы сканирования мозга особенно важны для изучения способностей и потенциала детей и подростков. Нам уже известно, к примеру, что в некоторых частях лобной коры количество нейронов (серого вещества) изменяется в течение более длительного периода времени, чем в других областях мозга. Изменение количества мозговых клеток воздействует на рабочую память и навыки планирования. Мы также знаем, каким образом важные для планирования и исполнительных функций отделы мозга работают в детстве и подростковом возрасте. В этой главе рассматриваются некоторые из таких функций.

Если 10 лет тому назад исследования в основном проводились с относительно небольшими группами участников, то в последние годы они приобрели более массовый характер: современные исследования охватывают широкие группы детей из разных слоев общества, облегчая тем самым корреляцию результатов исследований мозга со сферой образования и успеваемостью учащихся. Ниже приводится описание некоторых из них.

Основные навыки: рабочая память и ингибиторный

контроль

Рассуждая о планировании и исполнительных функциях, мы, как правило, подразумеваем сложные ситуации и задачи. Однако для начала следует проанализировать основные навыки в рамках исполнительных функций, такие как рабочая память и ингибиторный контроль. Рабочая память — это способность сохранять в голове информацию, а ингибция связана с торможением поведения или мыслей. Обычно эти два процесса интенсивно взаимодействуют. Наибольшие изменения в рабочей памяти и ингибции происходят в раннем детстве и младшем школьном возрасте, а в подростковом возрасте эти навыки продолжают совершенствоваться.

Рабочая память

Мы используем рабочую память практически постоянно, в том числе и в школе, будь то чтение, понимание сложного текста или решение математических задач. Рабочая память — важный предвестник школьной успеваемости. Чем лучше рабочая память, тем выше результаты. Наиболее сложные формы рабочей памяти продолжают оттачиваться на протяжении всего подросткового периода.

Один из способов измерения рабочей памяти — варьирование временных промежутков между предоставлением информации и ее повторением. В нашем центре, к примеру, мы предлагаем участникам исследований такое задание: на экране поочередно отображаются три местности, которые необходимо указать в том же порядке спустя 5, 10 или 15 секунд. Всем участникам — взрослым и детям — эта задача дается сложнее по прошествии 15 секунд, чем 5 секунд. Однако по сравнению со взрослыми у детей младшего возраста возникает относительно больше проблем с выполнением задания через 15 секунд, притом что с 5-секундным интервалом они справляются наравне со взрослыми. Из этого следует, что рабочая память у детей младшего возраста еще недостаточно развита. Примерно с 12 лет дети выполняют подобные задания с тем уже успехом, что и взрослые.

Второй способ исследования рабочей памяти — изменение объема информации для запоминания. Например, на экране демонстрируются четыре объекта. Потом они исчезают, и вас просят их перечислить. Это

достаточно просто, однако чем больше объектов становится, тем сложнее эта задача. Ваша рабочая память теперь должна удерживать не четыре, а, скажем, восемь или десять объектов. Наряду с объектами можно использовать слова или местность (как в первом задании). Всем нам трудно запомнить большое количество слов, изображений или местоположений, однако по мере того, как их количество растет, дети ошибаются относительно чаще взрослых. Именно поэтому детям бывает сложно запомнить несколько поручений одновременно или, допустим, длинный список покупок.

Значение рабочей памяти критически важно, если надо организовать информацию. Способность к организации информации (как важной составляющей планирования) измеряется с помощью так называемой манипуляции. Вас просят, к примеру, запомнить произвольный набор букв «п, б, ф, н» и произнести их вслух через 6 секунд. Вы не затратите особых усилий на выполнение этой задачи. Однако повторить буквы через 6 секунд в алфавитном порядке окажется уже значительно сложнее.

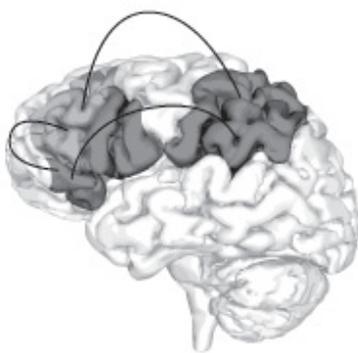
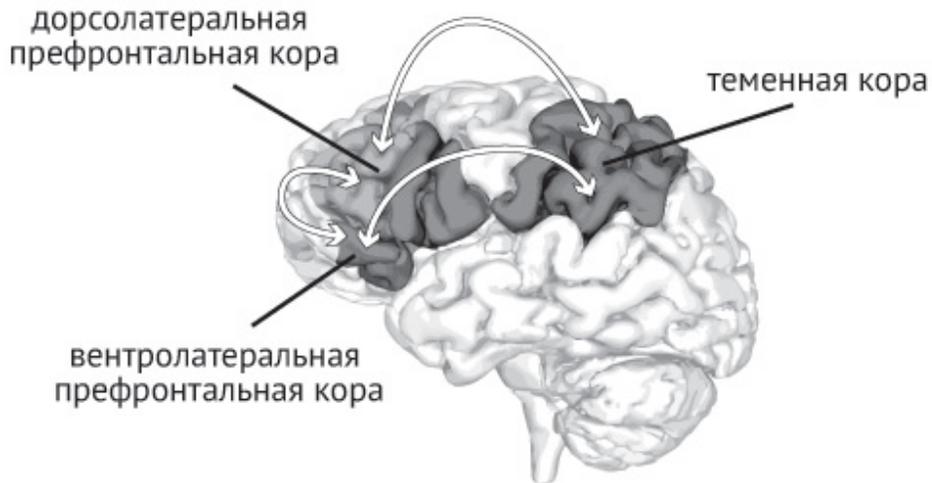
Форма рабочей памяти, подразумевающей мыслительную работу с информацией, более совершенна у взрослых, нежели у детей и подростков. Это связано с тем, что различные области лобной коры должны научиться адекватно взаимодействовать друг с другом. В подростковом возрасте способность манипулировать или мысленно управлять информацией еще только развивается. Эта форма рабочей памяти играет важную роль, например, при составлении графика выполнения домашних заданий, в который надо не забыть включить и внешкольные занятия вроде футбольной тренировки и т. п. Планирование деятельности требует от рабочей памяти немалых усилий, прежде всего — в отношении способности манипулировать информацией.

Первостепенное значение для функционирования рабочей памяти имеет латеральная префронтальная кора. Эта область мозга активно включается в работу, когда увеличивается количество информации или срок ее хранения. Качество рабочей памяти напрямую связано со степенью активности латеральной префронтальной коры. Вот почему люди, у которых эта область мозга работает интенсивнее, обладают более развитой рабочей памятью.

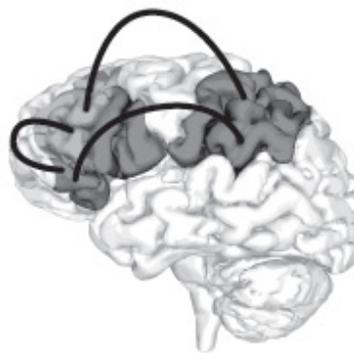
Латеральная префронтальная кора задействована при запоминании любого типа информации, будь то местоположения, изображения, числа или предметы. Однако не все участки этой коры выполняют одинаковые функции. Например, если информацию необходимо только запомнить, то на помощь призывается вентральная (нижняя) область латеральной префронтальной коры. Однако когда нам приходится работать с информацией (например, расставляя ее в алфавитном порядке), за дело берется дорсальная (верхняя) область латеральной префронтальной коры. Это разграничение функций имеет принципиальное значение, исходя из того, что в подростковом возрасте рост мозга (то есть увеличение и уменьшение объема серого вещества) в дорсальной части продолжается дольше. В лаборатории нашего центра мы исследовали области мозга, задействованные у детей при запоминании изображений объектов (таких как часы, дом, ботинок или собака) в течение шести секунд. И сравнили их с мозговой активностью в тех случаях, когда детей просили назвать изображения в обратном порядке (то есть при манипулировании информацией). У детей до 12 лет обнаружилось много проблем с последним заданием, и их дорсолатеральная префронтальная кора работала менее интенсивно, чем у 15–16-летних подростков и взрослых. На основе результатов этих исследований мы пришли к заключению, что, поскольку дорсальная область латеральной лобной коры созревает медленнее, подросткам труднее манипулировать информацией в рабочей памяти. Крупномасштабное американское исследование также показало: по мере развития латеральной лобной коры в период от 6 до 22 лет способность манипулировать информацией в рабочей памяти улучшается. А шведские исследователи обнаружили, что чем сильнее становятся связи между лобной корой и другими отделами мозга, тем легче людям удастся запоминать информацию. К тому же выяснилось, что в подростковом возрасте эти связи находятся еще в разгаре формирования.

Не менее любопытным является тот факт, что после многократного выполнения задания на запоминание информации лобная кора участников исследования начинала работать интенсивнее, в том числе и у подростков. Это свидетельствует о том, что мозг можно тренировать. Впрочем, не бесконечно: подростки младшего возраста

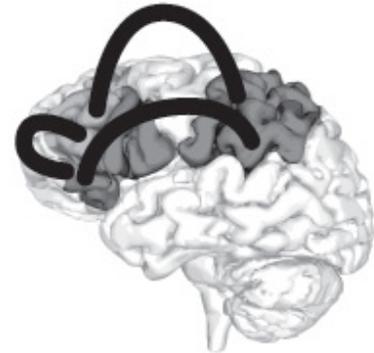
способны, к примеру, запоминать и манипулировать тремя или четырьмя изображениями, однако на пятом изображении их возможности иссякают. Очевидно, что тренировка рабочей памяти связана с ограничениями, и не всем под силу достичь одного и того же уровня.



ребенок



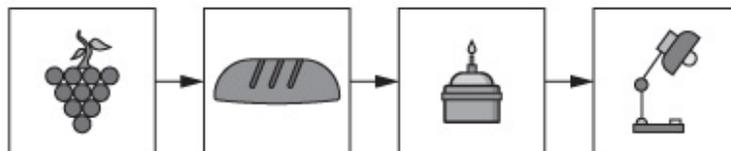
подросток



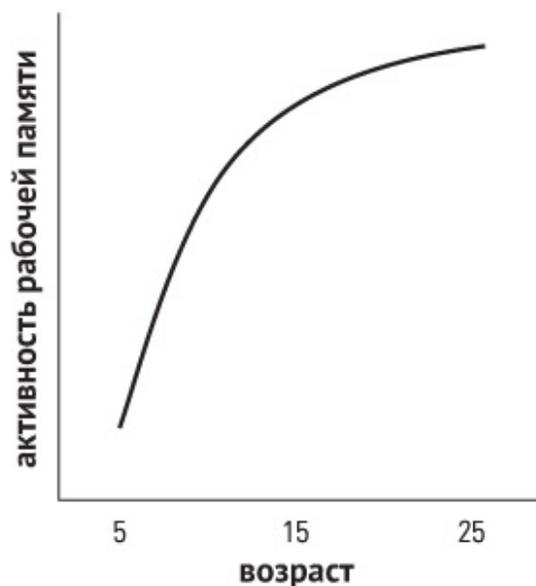
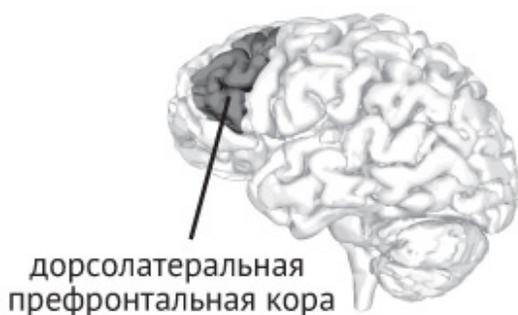
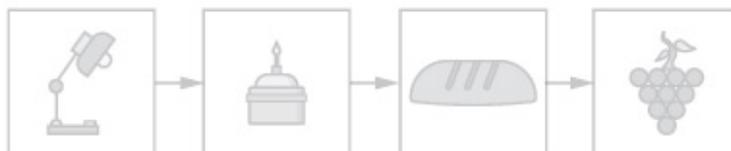
взрослый

Области мозга, участвующие в выполнении задания на рабочую память. По мере взросления связи между этими областям становятся сильнее. Чем сильнее связи, тем выше производительность рабочей памяти

презентация
изображений



Мысленно поставьте
изображения
в обратном порядке
Какое изображение
окажется теперь
третьим по счету?



Задание на рабочую память, в котором участники должны мысленно поставить изображения в обратном порядке. При выполнении этого задания важную роль играет дорсолатеральная префронтальная кора (слева внизу). При выполнении заданий на рабочую память эта область мозга менее активна у детей, чем у взрослых (справа внизу). Источники: Jolles et al. (2011), Crone et al. (2006)

В сфере образования наблюдается большой спрос на тренировку рабочей памяти. Учащимся предлагаются разнообразные программы с упражнениями для рабочей памяти. В настоящее время интернет наводнен программами тренировки мозга — увы, не учитывающими результаты научных исследований. Ученые по всему миру неустанно их критикуют. Факт, что благодаря использованию таких программ молодые люди начинают успешнее справляться с поставленной компьютером задачей, не всегда соотносится с их способностью повысить школьную успеваемость. Овладевшие неким приемом, они могут применить его лишь в конкретной ситуации, но не в более

широком учебном контексте. Поэтому при отборе той или иной программы полезно узнать ее содержание и осведомиться о разработчиках. Тренировать мозг следует, подстраивая сложность задачи к способностям подростка на определенный момент времени при пошаговом обучении. Такой подход увеличивает емкость рабочей памяти и помогает в изучении стратегий, которые подросток может применить в разных ситуациях. Иными словами, мы все больше и больше узнаем о возможностях тренировки мозга, но внедряя соответствующие программы в образование, необходимо проявлять осторожность и отбирать среди них те, что опираются исключительно на научные данные.

Ингибция: способность вовремя остановиться

Итак, мы рассмотрели первую составляющую исполнительных функций — рабочую память. Еще одним важным навыком является ингибция. Представьте, что вы мчитесь на велосипеде в школу или на работу. Вы собираетесь пересечь перекресток, но внезапно сигнал светофора переключается на желтый, и вам необходимо резко затормозить. Или звонит телефон с такой же мелодией, что и у вас. Вы уже машинально собираетесь ответить, как вдруг понимаете, что это не ваш телефон. Или вы находитесь в Англии и едва успеваете подавить желание ехать по правой стороне дороги. Во всех этих примерах речь идет об ингибции или о прекращении действия. Возможность вовремя остановиться имеет первостепенное значение для безопасного и социально адаптированного поведения, но вызывает трудности, особенно когда вдруг приходится делать что-то непривычное (например, ехать по левой стороне) или резко останавливать начатое движение (как с меняющимся сигналом светофора).

Способность останавливать действия и контролировать импульсивные (или автоматические) реакции широко изучена в психологии. Для измерения ингибиторного контроля у детей и взрослых исследователи используют компьютерные тесты. В заданиях типа *go/no go* испытуемых просят нажимать кнопку (*go*) при появлении на экране определенного изображения, например,

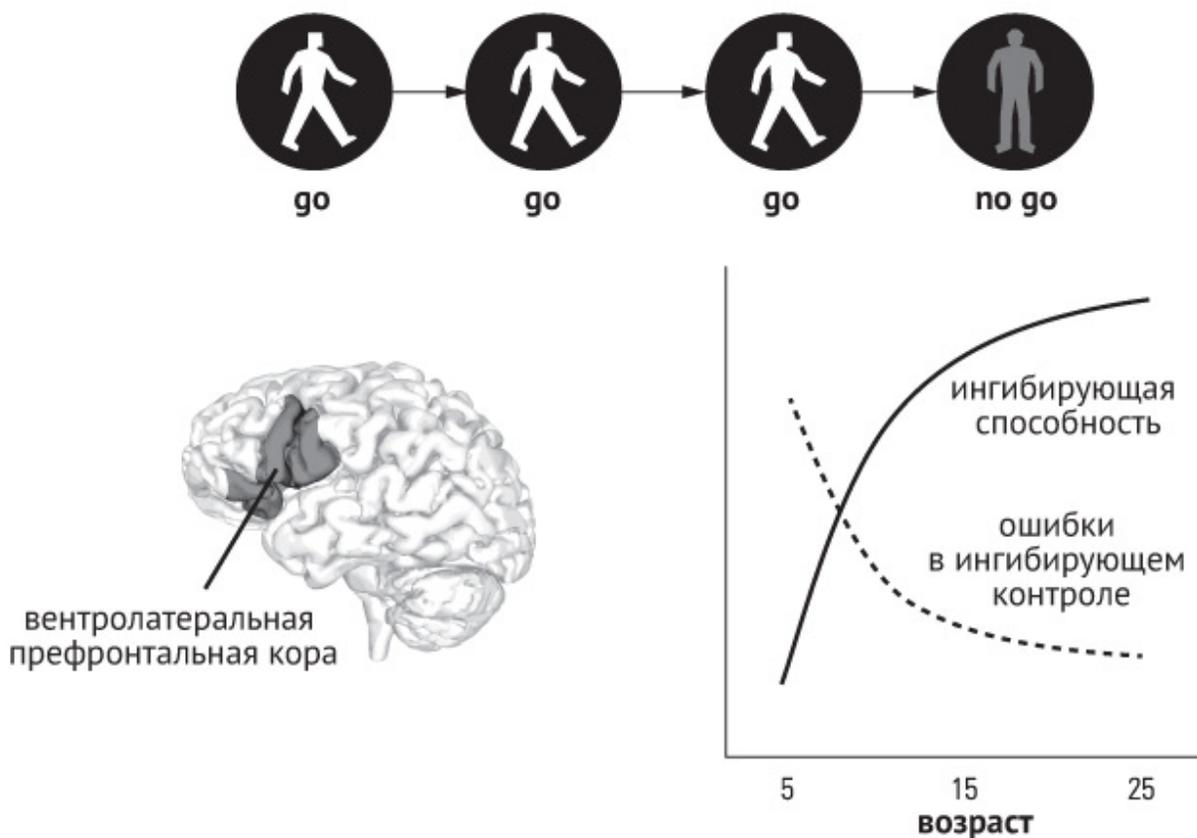
красной собаки. То есть всякий раз, когда на экране возникает красная собака, следует нажать кнопку. Однако при появлении синей собаки кнопку нажимать нельзя (*no go*). Детям дошкольного возраста зачастую трудно удержаться от того, чтобы не нажать кнопку при виде синей собаки. В целом детям до 12 лет сложнее справиться с этим заданием, чем взрослым.

Тест *go/no go* измеряет ингибирующую способность (способность останавливаться) самым простым способом. Исследователи искали более изощренные методы: так был разработан тест «стоп-сигнал». Он позволяет выяснить, сколько времени требуется испытуемому на то, чтобы остановить свое действие. Исследователи придумали хитрый трюк. Участника теста просят отреагировать на зеленые стрелки, указывающие налево или направо, нажав левую или правую кнопку указательными пальцами обеих рук, причем очень быстро. Когда стрелка становится красной, нажатие кнопок следует прекратить (как при красном сигнале светофора). Это легко, если стрелка становится красной сразу, но сложнее по прошествии какого-то времени. Представьте себе две ситуации: зажигается желтый сигнал светофора, когда вы только подошли к перекрестку или уже начинаете его пересекать. Варьируя время между выводом зеленой стрелки на экран и ее окрашиванием в красный цвет, исследователи могут выяснить, через какой промежуток тестируемый способен своевременно остановить свое действие. Этот промежуток называется временем реакции на стоп-сигнал. У детей в возрасте от 4 до 8 лет эта реакция медленная. Лишь к началу подросткового возраста она приближается к уровню взрослых. Детям до 14 лет, как правило, труднее останавливать свои действия, чем взрослым.

Человек с поврежденной вентральной частью латеральной префронтальной коры (расположенной чуть ниже области, отвечающей за хранение информации в рабочей памяти) часто испытывает немалые трудности с прекращением своих действий. При выполнении тестов *go/no go* и «стоп-сигнал» у взрослых наблюдается активность в этой области головного мозга, поэтому ее часто называют областью ингибиторного контроля.

Ученые исследовали, как развивается область ингибиторного контроля у детей в возрасте от 8 до 12 лет и у молодых людей от 18 до

25 лет. И пришли к заключению: у детей от 8 до 12 лет, во время фМРТ выполнявших задание *go/no go*, наблюдалась меньшая активность в вентральной части латеральной префронтальной коры, чем у взрослых. Наблюдения ученых свидетельствуют о том, что данная область мозга у детей, вероятно, еще недостаточно развита. Любопытно, что при этом у детей обнаруживалась активация в других отделах префронтальной коры, например в дорсальной ее части. Таким образом, поскольку область, отвечающая за ингибиторный контроль, еще не полностью созрела, детям приходится задействовать другие участки мозга.



Тест «стоп-сигнал», в ходе которого участник должен остановиться при появлении красного сигнала. Важную роль в этом задании играет вентролатеральная префронтальная кора. Дети еще не используют эту область мозга столь же эффективно, как взрослые. В подростковом возрасте молодые люди учатся успешнее останавливать свои действия. Источники: Durston et al. (2006), Vink et al. (2014)

В подростковом возрасте (от 12 до 18 лет) этот «детский» способ работы мозга меняется на «взрослый», особенно во время

дальнейшего созревания вендролатеральной части префронтальной коры. Когда тех же участников исследования тестируют несколько лет спустя, их вендролатеральная префронтальная кора работает гораздо лучше. Очевидно, область ингибиторного контроля совершенствуется по мере взросления, в результате чего с годами легче подавлять импульсивное поведение.

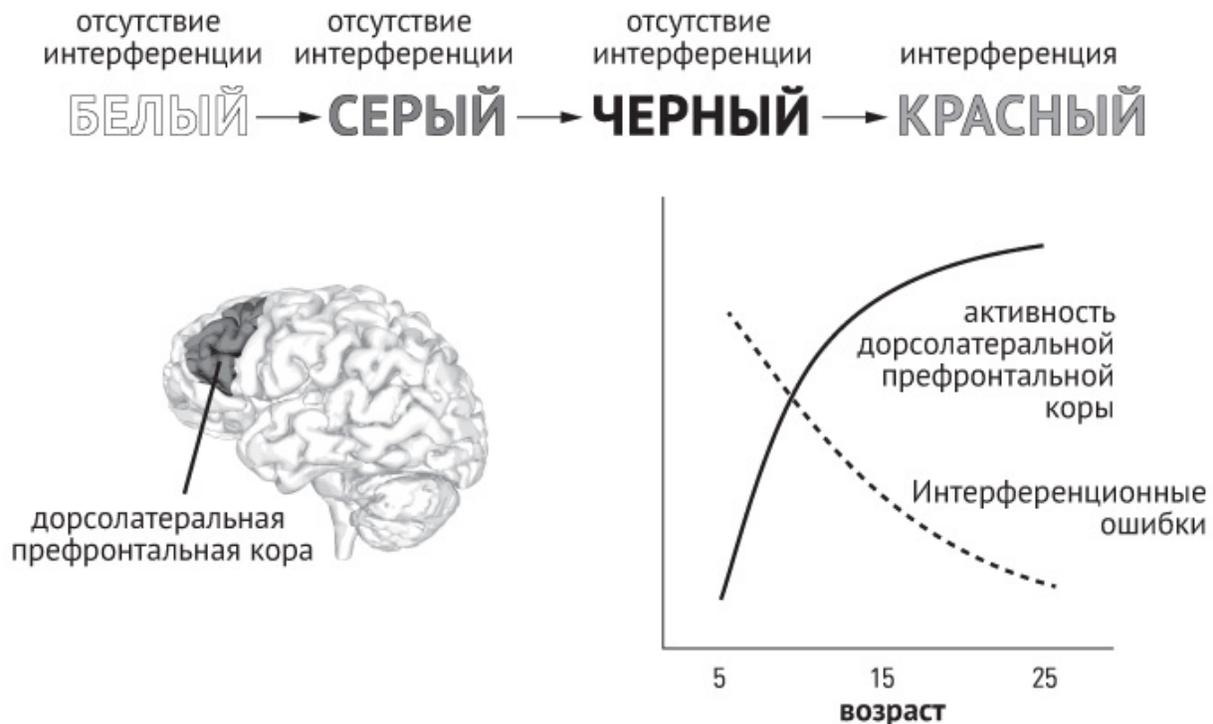
Сейчас нам известно, что важные для ингибиции области мозга серьезно меняются в возрасте от 12 до 18 лет, но мы до сих пор в точности не знаем, каков временной ход этих изменений. Доподлинно неизвестно, когда именно вендролатеральная лобная кора начинает работать на уровне взрослых. Однако следует принять во внимание, что в 12 лет и в последующие годы подростки не могут оптимально подавлять импульсивное поведение, поскольку их мозг еще к этому не готов. Интересно, что подростки, у которых во время выполнения задания *go/no go* фронтальная кора была менее активной, чаще попадали в дорожно-транспортные происшествия. По-видимому, основная форма остановки действий важна и для повседневных ситуаций. Поэтому не следует рассчитывать на то, что подростки в переполненном и шумном классе будут фильтровать информацию на уровне взрослых. Им все еще трудно подавить автоматическое желание реагировать на комментарии одноклассников.

Выше мы говорили о внешних отвлекающих факторах, которые подросткам рекомендуется игнорировать. Но иногда отвлекающий момент находится в самом задании. Тест на подавление реакции чтения — яркий пример такого задания. Все мы быстро читаем слова — это автоматический процесс. И нам трудно игнорировать значение этих слов. Существует известный тест Струпа, названный в честь американского психолога Джона Ридли Струпа, который разработал этот тест в 1935 году. Цель — назвать цвет, которым написано слово. Казалось бы, ничего сложного, однако загвоздка в том, что представленное слово само по себе обозначает цвет, не совпадающий с цветом букв, которыми оно напечатано. Например, слова «красный» или «зеленый» набраны черными или желтыми буквами. Если требуется назвать цвет чернил, в то время как слово обозначает другой цвет, чрезвычайно трудно не прочитать написанное. Чтение — автоматическое действие, и нам сложно удержаться от того,

чтобы первым делом не прочесть слова.

Это явление называется «интерференцией» и происходит с нами постоянно. Например, когда мы оговариваемся, или когда путаем имена членов семьи, или когда случайно называем новую подругу именем ее предшественницы. Пациенты с повреждением лобной коры, а также дети нередко испытывают затруднения при подавлении реакции чтения в тесте Струпа. Пронаблюдав за работой мозга у детей и подростков при выполнении теста Струпа, исследователи сделали важное открытие.

Область мозга, которая важна для успешного выполнения теста Струпа (дорсолатеральная лобная кора), продолжает формироваться до 20 лет. Ученые обратили внимание на связь между возрастом участников теста (от 7 до 25 лет) и степенью активности в латеральной лобной коре во время предоставления им интерференционных слов (например, слова «синий», напечатанного зеленым цветом). По завершении исследования у тестируемых был отмечен линейный рост уровня активности в этой области мозга вплоть до 22 лет. Иначе говоря, чем старше подросток, тем успешнее он может подавлять ненужную информацию, демонстрируя большую активность в латеральной лобной коре. Хотя подростки в возрасте от 12 до 14 лет уже способны сдерживать свои действия, они по-прежнему испытывают серьезные проблемы с интерференцией. Например, некоторым подросткам сложно запомнить иностранные слова при включенном радио. Пусть порой они и живут в мультизадачном режиме (общаясь друг с другом в видеоформате, обмениваясь текстовыми сообщениями и делая при этом домашнее задание), исследования показывают: мозг подростка еще не вполне способен выполнять нескольких задач одновременно, поскольку в значительной степени подвержен интерференции.



Тест Струпа: испытуемому следует назвать цвет чернил, которым написано слово, вне зависимости от значения самого слова. Когда значение слова и цвет чернил, которым оно написано, не совпадают, возникает интерференция. Дорсолатеральная префронтальная кора играет важную роль в подавлении интерференции (внизу слева), и эта область мозга при виде интерференционных слов проявляет большую активность у взрослых, чем у детей и подростков (внизу справа). Источник: Adleman et al. (2002)

Гибкость и планирование: способность быстро приспособиться к меняющимся условиям

Мы обсудили основные составляющие исполнительных функций — рабочую память и ингибиторный контроль, — позволяющие предсказать уровень школьной успеваемости или поведение в сложных ситуациях (например, в дорожном движении). Однако для оптимального управления собственным поведением зачастую необходимо совмещать сразу несколько исполнительных функций. Скажем, при восприятии новой информации, коррекции действий после совершенной ошибки или следовании тем или иным правилам. Важную роль в способности сочетать различные исполнительные функции снова берет на себя лобная кора.

Гибкость поведения — это, вероятно, самая главная

исполнительная функция, когда речь идет об обучении. Вспомните, как часто нам приходится менять планы, если вдруг происходит что-то непредвиденное. Гибкость требуется нам и при изучении новых предметов, например, математики или компьютерных программ. При этом мы постоянно используем обратную связь. Мы слышим, в чем преуспели и где допустили ошибку, и, исходя из этого, соответственно корректируем свои действия. В контексте школьного обучения чрезвычайно важно уметь менять поведение на основе обратной связи. Наиболее серьезному испытанию гибкость поведения подвергается, когда требуемые изменения идут вразрез с привычным образом действий.

Пациентам с повреждением лобной коры бывает особенно трудно менять привычное поведение. Например, простое задание — вбить гвоздь в стенку обратной стороной щетки для волос — может доставить пациенту с поврежденной лобной корой массу хлопот. Несмотря на то, что пациент понимает суть задания, он, получив в руки щетку, начинает машинально расчесывать ею волосы. Это действие настолько автоматизировано, что его сложно подавить. Подросткам тоже сложно проявлять гибкость в поведении.

Роль гибкости исследуется с помощью различных экспериментов. Тестируемому предлагается, к примеру, рассортировать карточки из набора в соответствии с правилом, известным только экспериментатору (допустим, по цвету или форме). Тестируемый должен понять принцип сортировки по обратной связи, получаемой от экспериментатора («правильно, неправильно»). Первоначальная версия этого эксперимента, известная как Висконсинский тест сортировки карточек, была создана в 1948 году. В настоящее время разработано множество модифицированных вариантов этого теста, измеряющих различные формы гибкости. Эти эксперименты демонстрируют, что пациентам с поражением лобной коры трудно переключаться на новые правила.

Поведение маленьких детей в этом смысле схоже с поведением таких пациентов. Когда 3-летних детей просят рассортировать картинки по изображению (положить цветы в стопку с цветами, а грузовики — в стопку с грузовиками), они без труда с этим справляются. Потом задание меняется: детей просят разложить те же

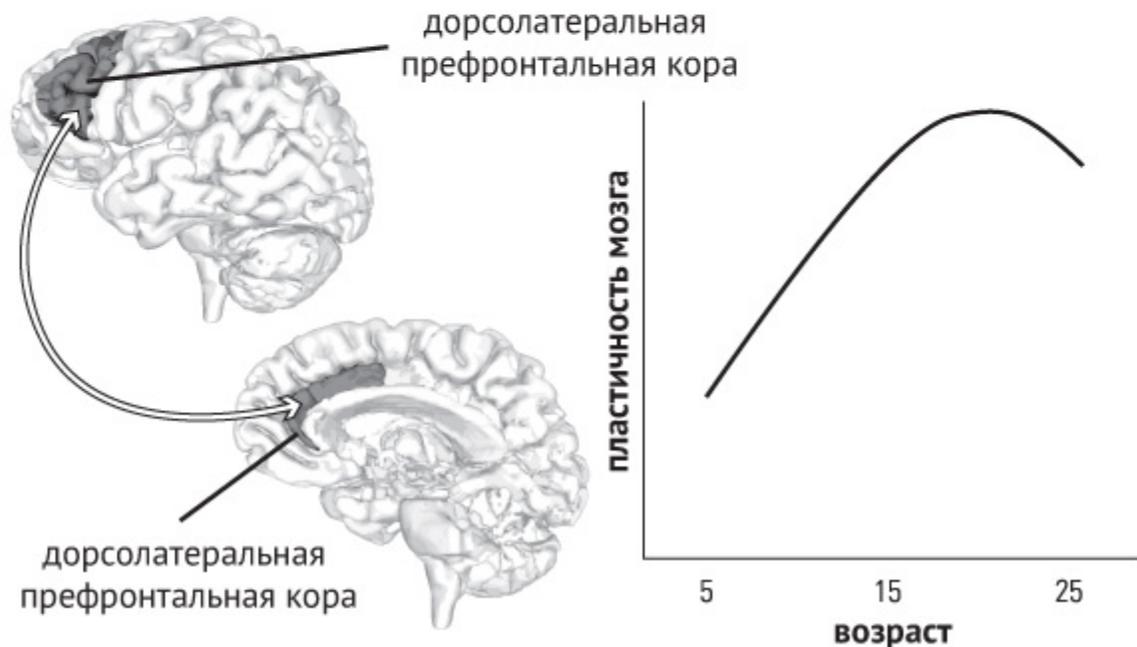
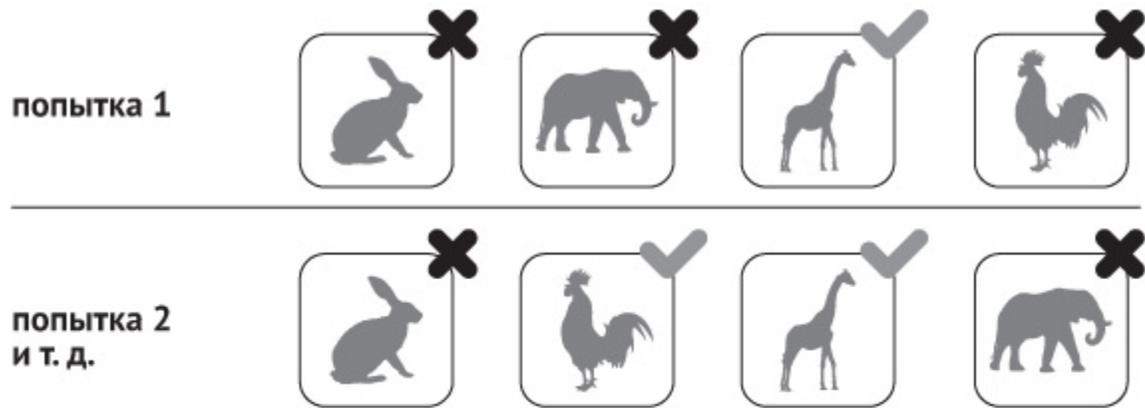
самые картинки, на этот раз обращая внимание на их цвет (красные картинки в одну стопку, синие — в другую). Трехлетний ребенок хорошо понимает, что правило поменялось, и даже может объяснить его суть экспериментатору. Однако, когда дело доходит до исполнения задания, ребенок все равно продолжает сортировать изображения на основе ранее примененного правила (цветы с цветами, грузовики с грузовиками), проявляя удивительное раздвоение между знанием и его воплощением на практике. Дети в возрасте 4 и 5 лет выполняют эти тесты уже гораздо лучше. Это означает, что в раннем детстве происходят значительные изменения в способности демонстрировать гибкость поведения. Однако эта гибкость продолжает развиваться по крайней мере до 15 лет.

Различия в гибкости поведения между 15-летними и взрослыми не столь значительны, как между 3-летними и взрослыми, но подросткам все же бывает трудно переключаться на новые правила выполнения заданий.

В Лейденской лаборатории мы исследовали области мозга, важные для развития гибкости поведения. Принимая во внимание результаты фМРТ, нам известно, что в процессе изменения поведения на основе обратной связи у взрослых участвуют две области лобной коры. Как они формируются и как взаимодействуют друг с другом?

Мы изучили, как дети, подростки и молодые взрослые, получив обратную связь, меняли свое поведение, переключаясь на новые правила. Обратная связь, указывавшая на ошибочные действия, активировала в лобной коре две области, отвечающие за целенаправленное поведение, а именно дорсолатеральную префронтальную кору и переднюю поясную кору (расположенную в центре лобной коры). Последнюю также называют зоной тревоги мозга, поскольку она активируется в момент совершения ошибок. Важно отметить, что ряд областей, вовлеченных в выполнение теста, уже функционировал на уровне взрослых. Однако дорсолатеральная префронтальная кора и передняя поясная кора подвергались изменениям на протяжении всего подросткового периода. Следовательно, области мозга, важные для целенаправленного поведения взрослого человека, продолжают созревать вплоть до позднего подросткового возраста. Любопытно, что по сравнению со

взрослыми подростки обнаруживали меньшую активность мозга в ответ на отрицательную обратную связь, но зато большую активность при получении положительной обратной связи. По всей видимости, мозг подростков ориентирован на поощрение и одобрение. Поэтому гораздо эффективнее порой вознаграждать подростков за достигнутые ими успехи, нежели из раза в раз указывать им на совершенные ошибки. Если ваш ребенок получил за контрольную плохую оценку, то лучше сказать: «Ты в состоянии освоить этот материал, я уверен, что в следующий раз ты обязательно справишься», чем «так и на второй год остаться недолго».



Роль обратной связи при выполнении задания на гибкость мышления, когда испытуемые должны переключиться на новые правила после получения отрицательной обратной связи. При получении отрицательной обратной связи активируются дорсолатеральная префронтальная кора и передняя поясная кора (внизу слева), играющие важную роль в адаптации поведения к новым правилам. Уровень активности в этих областях продолжает повышаться на протяжении всего подросткового возраста (внизу справа). Источник: Peters et al. (2014)

Как связаны результаты этих исследований со школьной успеваемостью? В этой сфере за последние годы также были сделаны серьезные открытия. В течение пяти лет мы наблюдали за мозговой активностью и школьной успеваемостью 300 подростков. Оказалось, что подростки, в процессе выполнения учебных заданий проявлявшие большую активность в лобной коре, успешнее справлялись с этими

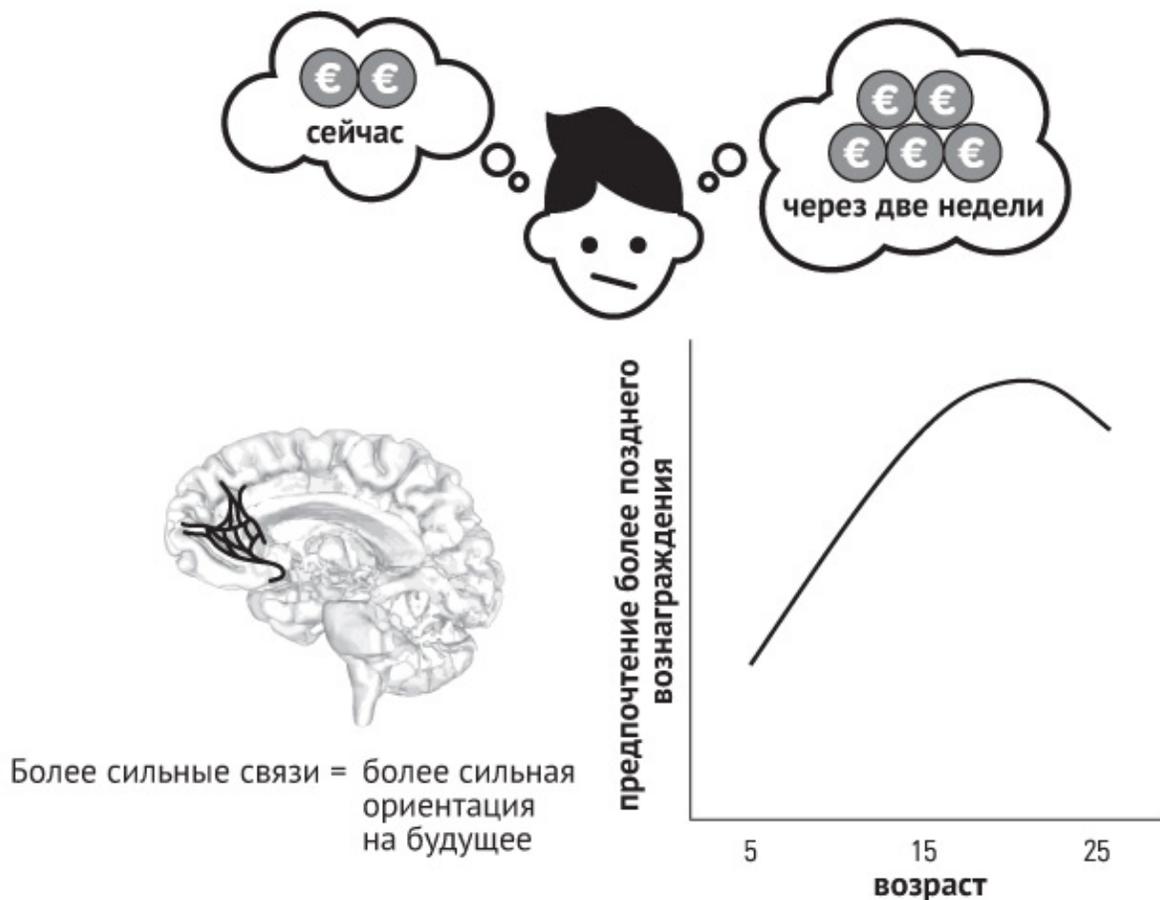
заданиями, а через два года демонстрировали лучшие результаты по таким предметам, как математика и язык. Очевидно, активность в лобной коре свидетельствует не только о продуктивной деятельности на конкретный момент, но и о потенциале роста в будущем! Кроме того, исследование показало, что в период между детством и ранней зрелостью обучающие сигналы (такие как обратная связь) все чаще активировали лобную кору, а также что в наибольшей степени лобная кора испытуемых была задействована в возрасте от 18 до 20 лет. В этой возрастной категории молодые люди наиболее успешно справлялись с учебными заданиями. В дальнейшем их мозговая активность снова снижалась, а результаты несколько ухудшались. Отсюда следуют два вывода: по мере развития мозга способности к обучению повышаются, и к концу подросткового периода молодым людям легче всего адаптировать свое поведение к постоянно меняющимся требованиям окружающей среды. На самом деле в этом нет ничего удивительного, ведь именно в это время совершается переход во взрослую жизнь, требующий от человеческого мозга изрядной гибкости и умения легко приспосабливаться к новым условиям.

Самостоятельное обучение

Мы уже говорили об исполнительных функциях, необходимых для оптимального планирования деятельности, в том числе выполнения домашней работы. Новые веяния в образовании связаны с высокими ожиданиями в отношении самостоятельности учащихся. Считается, что значительная степень автономии повышает их мотивацию. Но так ли это на самом деле? Важный вывод, сделанный на основе многих исследований, заключается в том, что подростки предпочитают немедленное вознаграждение вознаграждению в будущем (пусть и более существенному). Спросите молодого человека, что он предпочитает: 2 евро прямо сейчас или 5 евро через две недели? С большей вероятностью подросток выберет первое. Предпочтение немедленного вознаграждения по сравнению с отложенным сохраняется на протяжении всего подросткового возраста. Начиная с ранней зрелости молодые люди выбирают немедленное

вознаграждение лишь в том случае, если оно превышает отсроченное. Исследователи обнаружили, что такое поведение связано с налаживанием связей между лобной корой и областями мозга, реагирующих на эмоции. Чем сильнее эти связи, тем легче перенести вознаграждение на более поздний срок. В экспериментах, измеряющих активность мозга, было также обнаружено, что подростки избирательно используют лобную кору, когда задумываются о немедленном или отложенном вознаграждении. Выше мы обсуждали, что, следуя тем или иным правилам, наш мозг задействует прежде всего латеральную часть (внешний слой) лобной коры. Однако когда приходится делать выбор — скажем, получить маленькое вознаграждение сейчас или крупное когда-то потом, выполнить ли домашнее задание сегодня или отложить на завтра, — в работу включается средняя часть лобной коры: медиальная префронтальная кора. Именно эта область имеет чрезвычайно сильные связи с эмоциональными ядрами в мозге (см. [главу 3](#)). Изменяющиеся связи между медиальной префронтальной корой и эмоциональными ядрами также объясняют, почему некоторым легче отложить вознаграждение на более поздний срок.

Однажды моя коллега забила тревогу. Ее 13-летний сын дома никак не мог заставить себя сесть за уроки. Он всегда хорошо учился в начальной школе, но в средних классах его успеваемость стала хромать. Остаться на второй год он не хотел, но тем не менее уроки не делал. Возвращаясь домой из школы, он тут же принимался за компьютерные игры. В надежде как-то мотивировать сына, моя коллега пообещала купить ему игровую приставку, но даже эта радужная перспектива не смогла пробудить в нем прилежание. Я посоветовала ей копить на игровую приставку вместе с сыном. Всякий раз, когда ее сын уделял домашним заданиям два часа, она перечисляла на его банковский счет несколько евро. Таким образом, он видел прямой результат своих усилий: получал мгновенное вознаграждение взамен более крупного в туманном будущем. Ежедневно высвобождая пару часов в своем распорядке дня на выполнение домашней работы, он предвкушал бонус. В итоге он исправил свои отметки, перешел в следующий класс, и учеба в целом наладилась. Теперь ему уже не требуются внешние стимулы.



Более сильные связи между префронтальной корой и подкорковыми эмоциональными областями мозга позволяют молодым людям легче откладывать вознаграждение на более поздний срок. Источник: Achterberg, Peper et al. (2016)

Многие считают, будто самостоятельное планирование мотивирует подростков к учебе. Однако вовсе не каждый метод обучения годен для всех. Кто-то способен работать самостоятельно, а кому-то требуется дополнительное руководство. Одни подростки пытаются сами решать проблемы, а другие нуждаются в четких инструкциях. Поэтому не стоит полагать, что существует некая идеальная школьная система для всех учащихся: гораздо эффективнее применять индивидуальный подход, учитывая возможности каждого ребенка.

Выбор учебного направления

В старших классах средней школы подросткам не раз приходится принимать решения, касающиеся их будущего, например выбирать учебный профиль и предметы, связанные с будущей профессией.

Многим подросткам такие судьбоносные решения даются нелегко. Нередко их предпочтения основываются на выборе друзей или на отношении к преподавателям. Хотя, разумеется, есть и те, кто уже осознанно сформировал свои стремления.

Выпускной школьный год связан с мучительным выбором дальнейшего образования. Несмотря на то, что учебные заведения пытаются максимально информировать абитуриентов о своих широких возможностях, многим молодым людям трудно сделать взвешенный выбор.

Из различных исследований мозга нам известно, что на выбор дальнейшего образования влияют как минимум три фактора.

Мы уже выяснили, что исполнительные функции — это важные индикаторы школьной успеваемости. Чем активнее префронтальная кора в когнитивной деятельности, например при функционировании рабочей памяти, тем выше успеваемость по таким предметам, как математика и язык. К тому же по уровню функционирования рабочей памяти и мозговой активности можно частично предсказать потенциальные успехи в этих областях в течение последующих двух лет.

Второй фактор, влияющий на выбор дальнейшего направления, связан с краткосрочной и долгосрочной перспективой. Мы уже обсуждали, что на первых порах подростки часто склонны к сиюминутному выбору (например, они опираются на предпочтения друзей, чтобы в следующем году оказаться с ними в одном классе), однако по мере взросления они начинают задумываться о будущем (когда выбирают образование, отвечающее их профессиональным интересам). Мы также выяснили, что связи между медиальной префронтальной корой и эмоциональными ядрами в мозге играют важную роль в способности откладывать вознаграждение. У подростков эти связи еще до конца не сформированы, поэтому им бывает трудно думать о себе в долгосрочной перспективе.

Впрочем, выбор обусловлен не только когнитивными навыками и дальновидным поведением. В первую очередь он должен соответствовать интересам человека — однако подростки зачастую еще не способны определиться со своими пристрастиями. Подростковый возраст — критическая фаза развития личности, когда в

различных сферах жизни (таких как отношения, образование и работа) идет поиск целей и расстановка приоритетов. Это период размышлений, сомнений и исканий, необходимый для формирования собственного «я». Чтобы сделать разумный выбор на образовательном поприще, требуются целеустремленность и выдержка. Непростой процесс осмысления собственной индивидуальности проходит у всех по-разному и зачастую охватывает весь подростковый возраст. К одним подросткам осознание жизненного пути приходит рано, другие, наоборот, долго сомневаются в своих пристрастиях и часто их меняют, а третьи имеют приблизительное представление о будущей профессии, но при этом открыты для новых идей.

Развитие лобной коры головного мозга важным образом связано со становлением академической идентичности. Период созревания латеральной префронтальной коры дает возможность для развития личности и выявления стремлений, соответствующих интересам и мотивации подростков.

Самооценка также влияет на выбор дальнейшей профессии. Оказывается, степень самопознания и положительная самооценка подростков напрямую связана с тем, насколько оптимально подходит им выбранное образование. Примечательно, что в подростковом возрасте академическое самовосприятие менее позитивно, чем в детстве и зрелости. Отчасти это связано с поиском своего «я», но также с тем, что подростки постоянно сравнивают себя с другими. В этом процессе большую роль играет рост медиальной префронтальной коры — она важна для восприятия себя по отношению к другим (см. [главу 4](#)). Чем интенсивнее работает эта область мозга, тем лучше подростки знают себя и свои таланты и тем увереннее себя чувствуют. Это самопознание, в свою очередь, имеет решающее значение, когда определяется вектор будущей профессиональной деятельности.

Подведем итоги: успешный выбор дальнейшего образования определяется различными факторами, такими как когнитивные навыки, ориентация на будущее, развитие личности и самооценка. Поэтому в рамках школьной программы следует обращать особое внимание на все эти факторы, чтобы помочь подросткам сделать осмысленный выбор.

Язык: важно не упустить время

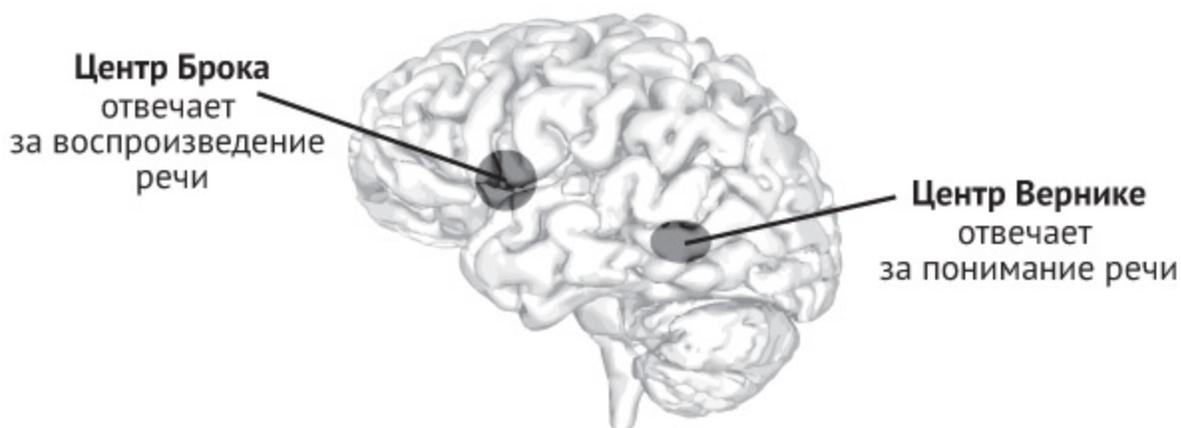
Некоторые дети бьются над математикой, но зато преуспевают в изучении языков. Можно ли утверждать, что мозг предрасположен к тем или иным учебным предметам? Идея о наличии способностей мозга к языкам или математике выглядит несколько упрощенно, однако исследования показывают: в мозгу имеется особая сеть, отвечающая за изучение языка.

Около 1860 года французский врач Поль Брока выдвинул гипотезу о локализации языковой области в мозге. Пытаясь разгадать механизм освоения речи, он обследовал пациентов с афазией (это состояние характеризуется речевыми нарушениями). Один из его пациентов с тяжелой формой афазии был способен произнести лишь несколько слогов «тан-тан», при этом вполне осознавая происходящее вокруг. Его так и прозвали — мсье Тан. Этот пациент умер в 1861 году, и Брока провел вскрытие его мозга. Оказалось, что большой участок лобной доли левого полушария поврежден. Этот участок (*область Брока*) стал считаться двигательным центром речи, ответственным за ее воспроизведение. Интересно, что другой отдел мозга (*область Вернике*, названная так по имени немецкого анатома Карла Вернике), расположенный в задней части височной доли, отвечает за усвоение и понимание речи. Пациенты с повреждением области Вернике могут свободно произносить слова, но эти слова бессмысленны. Таким образом, несколько взаимодействующих между собой отделов мозга участвуют в реализации речевой деятельности. Долгое время речь и язык считались прерогативой исключительно левого полушария. В результате и возник миф о том, что левое полушарие мозга отвечает за рациональное мышление. Теперь мы знаем, что для воспроизведения и понимания языка нужна слаженная работа обоих полушарий.

Изучение языка — чрезвычайно сложный процесс. Он отчасти автоматизированный, а отчасти — осознанный. Первые слова ребенок произносит уже в годовалом возрасте, а между 1,5 и 2 годами происходит так называемый речевой взрыв, когда количество слов в арсенале детей резко увеличивается (дети выучивают от семи до девяти новых слов в день). Приблизительно в 3 года большинство детей могут составлять грамматически правильные предложения

из пяти слов. В этом возрасте обработка языка в основном происходит в левом полушарии. До 3 лет в организации речевого процесса участвуют оба полушария.

Усвоение языка во многом связано с так называемым чувствительным (или критическим) периодом — временными рамками, ограничивающими процесс овладения навыком. В этот период мозг особенно чувствителен к внешним стимулам и способен быстро учиться. Маленьким детям, к примеру, проще выучить новый язык, чем взрослым. Чувствительный период в освоении речи связан с реорганизацией клеток и структур мозга, которая обуславливает чрезвычайную гибкость важных для изучения языка областей. Точные механизмы этой реорганизации до сих пор не изучены, но исследователи полагают, что чувствительный период связан с перепроизводством серого вещества в височной доле. Впоследствии его объем снова уменьшается, чтобы соответствующие области мозга работали более эффективно. Исследователи считают, что эти изменения катализируют способность учиться говорить на языке без акцента. Поэтому чувствительный период оптимален для освоения новых языков. Второй язык в совершенстве можно выучить до 7 лет, но начиная с 8 лет сделать это уже сложнее.



Области мозга, важные для воспроизведения и понимания речи

Дети, которые до 6 лет воспитывались в изоляции и не имели доступа к разговорной речи или языку жестов, бывают неспособны к тому, чтобы научиться изъясняться полноценными предложениями. Хотя после рождения наш мозг и готов учить язык, к этому его должно

активно стимулировать окружение. Это иллюстрируется печальной историей Джини, девочки из Лос-Анджелеса 1960-х годов. Ее имя стало известным 4 ноября 1970 года, когда ей было 13 лет. В то время она весила 30 кг, а ее рост не превышал 137 см. Мать Джини была слепой, а отец страдал тяжелой депрессией. В возрасте 20 месяцев лечащий врач констатировал у Джини задержку умственного развития. Такой диагноз стал поворотным в жизни ребенка: отец запер ее в одной из комнат и 12 лет держал ее там в чудовищных условиях. Джини жила в полной изоляции, не общаясь ни с одной живой душой. Никто не учил ее ходить и глотать твердую пищу. В 1970 году мать девочки ушла от мужа, взяв с собой дочь, которой на тот момент исполнилось 13 лет. Джини обнаружили, лишь когда ее мать обратилась в департамент социальной помощи за денежным пособием для слепых. По внешнему виду маленькой и тощей Джини социальная работница предположила, что ей не больше 6–7 лет. Когда выяснилось, что Джини почти 14, родителям девочки были предъявлены обвинения в жестоком обращении с ребенком. Джини не умела говорить — разве что произносила несколько слов вроде «хватит» или «не надо».

После того, как Джини передали на попечение социальных служб, за ней долгое время наблюдали психологи и логопеды. Ее поместили в приемную семью, она стала посещать специализированную школу для детей с ограниченными возможностями. Джини подружилась со сверстниками, пыталась говорить и даже петь. Однако ей так и не удалось освоить грамматику и произносить осмысленные предложения. Она ограничивалась составлением коротких фраз, таких как «яблочный соус купить в магазине» или «Джон приходит счастливым, не приходит грустным». История Джини подтвердила гипотезу о критическом периоде в овладении языком. При этом Джини, наверстывая упущенное, делала успехи в освоении других навыков: научилась ходить, прыгать и понимать намерения окружающих. Она выучила много новых слов. Однако время для овладения грамматикой было безвозвратно потеряно.

Иначе говоря, в развитии детей наступает период, когда их мозг наиболее оптимально способен развивать речевой навык. Слишком раннее обучение языку, как правило, не имеет смысла, поскольку мозг к нему еще не готов, но и затягивать этот процесс не рекомендуется,

чтобы не пропустить чувствительный период. Это касается и изучения второго языка, который, разумеется, можно освоить и после критического периода, но уже не без акцента.

В настоящее время в начальных школах детям предлагаются программы изучения английского языка в раннем возрасте. Комиссия по образованию Нидерландов придает большое значение обучению детей нескольким языкам. Вполне вероятно, что в раннем возрасте дети способны научиться говорить по-английски без акцента — разумеется, только если сам преподаватель владеет им в совершенстве. С появлением цифровых учебных материалов в практику обучения вошли программы, благодаря которым дети знакомятся с английским языком, к примеру, через iPad. В будущем нам предстоит узнать, как наиболее эффективно использовать эти учебные ресурсы, но уже сейчас цифровые технологии закрепились в образовательном пространстве.

Что делает мозг умным?

Интеллект — невероятно сложное понятие. Мыслительная деятельность состоит из нескольких подпроцессов. Их можно измерить с помощью различных тестов. Два голландских исследователя, Вилма Ресинг и Питер Дрент, определили интеллект как «конгломерат умственных способностей, процессов и навыков». Вот некоторые из этих процессов и навыков:

1. абстрактное мышление;
2. умение распознавать отношения между объектами;
3. умение решать проблемы;
4. способность увидеть правила в неупорядоченном материале;
5. умение решать новые проблемы на основе имеющихся знаний;
6. умение самостоятельно работать и учиться, не нуждаясь в инструкциях;
7. умение гибко адаптироваться к требованиям окружающей среды.

Таким образом, взаимодействие группы независимых факторов образует общий интеллект.

Некоторые ученые, такие как Говард Гарднер, развивали теорию множественного интеллекта, согласно которой человек обладает не единым (или общим) интеллектом, а набором относительно независимых способностей. Гарднер различал несколько видов интеллекта: вербальный, музыкальный, пространственный, телесно-кинестический, внутриличностный, межличностный и натуралистический. Человек, обладающий одним или несколькими определенными видами интеллекта, не обязательно проявляет способности в других сферах.

Другие исследователи утверждали: в корне неверно оценивать интеллект с помощью задач, основанных на вербальных навыках, поскольку их решение зависит от уровня образования, полученного человеком. Джон Равен разработал так называемый тест прогрессивных матриц, который опирается только на общие навыки людей, без различий в образовании и происхождении. Поэтому тест одинаково сложен для взрослых и детей в любой стране, будь то Нидерланды, США, Марокко или Зимбабве. Тест состоит из карточек, на каждой из которых недостает последней фигуры. Испытуемому надо решить, какой именно фигуры не хватает, выбрав ее из шести или восьми предлагаемых. Равен считал, что таким образом можно сопоставить интеллект людей, представляющих разные культуры, или, скажем, интеллект детей эмигрантов, или глухих.

По мнению прочих исследователей, интеллект следует измерять не как статичный продукт, а как потенциал развития — например, с помощью динамического теста интеллектуальных способностей. При этом оцениваются не столько результаты в конкретный момент времени, сколько возможности подняться на более высокий уровень.

Как видно, среди ученых нет согласия в том, что такое интеллект и как его измерять. В то же время интеллект в значительной степени предопределяет образовательную траекторию и процедуру отбора учащихся. Как же это возможно, если мы до сих пор не знаем, что он собой представляет?

К счастью, во взглядах ученых на концепцию интеллекта есть и сходства. По большей части исследователи единодушны в том, что интеллект представляет собой способность мыслить логически и

рационально, решать задачи, анализировать ситуации, учиться на своем опыте и преодолевать жизненные трудности.

Для определения интеллекта детей, подростков и взрослых широко используется шкала интеллекта Векслера. Она включает в себя 11 субтестов, из которых 10 засчитываются при определении IQ. Есть отдельные варианты этого теста для взрослых и для детей. Сумма баллов по каждому субтесту переводится в оценки с помощью таблиц возрастных групп.

Крупное лонгитюдное исследование в Национальных институтах здравоохранения США, в котором испытуемые от 8 до 18 лет наблюдались в течение нескольких лет, показало, как интеллект связан с развитием мозга. Мозг каждого из участников сканировался как минимум дважды, с интервалом примерно в два года. IQ всех тестируемых детей и подростков определялся с помощью шкалы интеллекта Векслера. По результатам теста участников разделили на три группы: «чрезвычайно высокий интеллект» (средний IQ между 121 и 149), «высокий интеллект» (средний IQ между 109 и 120) и «средний интеллект» (средний IQ между 83 и 108).

Во всех трех группах исследователи измеряли толщину коры головного мозга (объем серого и белого вещества) на разных этапах развития. Выяснилось (в подтверждение более ранних исследований), что в подростковом периоде лобная кора все еще продолжает созревать, то есть по мере взросления она становится более зрелой. Это означает, что у маленьких детей объем серого вещества увеличивается, а у подростков — уменьшается. Исследователи сделали еще одно любопытное наблюдение: чем умнее ребенок, тем позже у него созревает лобная кора. В группе участников с наивысшим интеллектом пик производства серого вещества наступал позже, чем в группах со средним IQ. На первый взгляд, вывод кажется нелогичным, поскольку мозг детей с более низким уровнем интеллекта больше походил на мозг взрослых, чем мозг детей с высоким IQ. Но, если разобраться, это наблюдение не кажется таким уж удивительным. Суперинтеллектуальные дети могут дольше пользоваться повышенным объемом серого вещества, и эта возрастная фаза может совпадать с чувствительным для развития интеллекта периодом. Следовательно, наиболее оптимальное время усвоения новой

информации и продолжительности созревания мозга будет различным у разных детей. Один ребенок может научиться делить в столбик в 11 лет, а другой — только в 13. Это вовсе не означает, что 11-летний ребенок умнее; вполне возможно, что в 18 лет уровень интеллекта у обоих сравняется. Возможно, мозг 13-летнего ребенка развивается с другой скоростью, испытывая более поздний или более длительный «всплеск роста», чем мозг 11-летнего. К сожалению, в настоящее время в сфере образования уделяется мало внимания индивидуальным различиям в развитии детей. В целом это не вызывает существенных проблем: отстающих по математике или физике обычно подтягивают до нужного уровня, или такие дети делают успехи в других дисциплинах. Трудности возникают во время школьных тестов (таких как СИТО¹), на результатах которых основывается выбор последующего образования. Многие подростки попадают в школу, не соответствующую уровню их интеллекта, просто потому, что их мозг развивается медленнее и «всплеск роста» происходит гораздо позже. В настоящее время тест СИТО больше не является определяющим в рекомендациях, получаемых выпускниками начальных школ. В основном эти рекомендации опираются на наблюдения учителей за длительный период времени.

Подводя итоги

В этой главе мы выяснили, что участки мозга, важные для планирования деятельности, в подростковом возрасте продолжают развиваться. Мы обсудили и чувствительные периоды в развитии детей, когда их мозг способен наиболее оптимально освоить определенный навык. При этом мы говорили преимущественно о языке. Скорее всего, чувствительный период существует и в отношении других навыков, таких как рабочая память или гибкость.

Мы также обнаружили, что не все области мозга развиваются одновременно. Не имеет смысла осваивать те или иные навыки, когда мозг к ним еще не готов. Кстати, утверждение о том, что взрослый мозг полностью утрачивает гибкость, — ошибочно. Взрослые тоже способны изучать новое, только не так быстро, как подростки.

В изучении формирования мозга без ответа остается лишь вопрос о

противоречии между созреванием мозга и его тренировкой. Мы предполагаем, что определенные области мозга еще не используются детьми в полную силу из-за недостаточной эффективности нервных клеток или из-за отсутствия оптимальных связей. С другой стороны, может, детский мозг еще недостаточно натренирован? Способен ли ребенок путем тренировки мозга функционировать на уровне взрослого? Эти сложные вопросы заставляют задуматься о гибкости мозга. Возможно ли подобно спортсмену, тренирующему тело, тренировать и мозг, чтобы улучшить его рабочую память или пластичность.

Весьма полезно тренировать рабочую память, играющую важнейшую роль почти во всех школьных навыках. В то же время мы понимаем, что далеко не все подростки способны стать моцартами и что результаты тренировки рабочей памяти имеют свои пределы.

В этой главе я попыталась рассказать, что мы знаем о развивающемся мозге подростка и как мы, взрослые, можем экстраполировать эти знания на наши ожидания относительно успехов подростков в школе. О результатах научных исследований мозга стоит знать и учителям, поскольку ошибочное истолкование этих результатов нередко приводит к развитию так называемых нейромифов.

В будущем учителя, родители и ученые могли бы общаться теснее во время дискуссионных встреч и информационных дней.

В этой главе речь шла о когнитивном функционировании в контролируемой ситуации. Разумеется, в повседневной жизни на наш выбор и решения влияют эмоции, друзья, семья. В первую очередь этому влиянию подвержены подростки и изменения в их мозге. Поэтому следующая глава и посвящена эмоциональному мозгу.

ГЛАВА 3

Эмоциональный мозг

Эмоции в мозге подростка

Многие подростки экспериментируют с недозволенными или опасными вещами, такими как фейерверки или алкоголь. Они любят играть с огнем, особенно в присутствии друзей. Взрослые то и дело гадают, пресекать ли подобное поведение и где именно очерчивать границы (впрочем, подростки эти запреты, как правило, игнорируют). Недавно в Нидерландах разгорелась дискуссия: педагоги утверждали, что игра с фейерверком идет подросткам на пользу и что родителям не следует постоянно предостерегать их об опасностях, поскольку тем самым они расписываются в собственном к ним недоверии. Однако Нидерландский совет по безопасности высказался за запрет фейерверков. Мы часто стараемся оградить своих детей от рисков, но давайте вспомним, как в детстве сами нередко искушали судьбу.

С подростками непросто говорить об их поведении и устанавливать границы. Многие из них излишне восприимчивы к критике и, чуть что, мгновенно выходят из себя. Им присущи вспыльчивость, частая смена настроений и накал эмоций. Чем это вызвано? Вредны или полезны столь бурные эмоциональные реакции?

Когда речь заходит об эмоциях, все знают, что имеется в виду. В то же время эмоция — весьма многосложное понятие. Существует целый каскад разнотипных эмоций, которые нередко возникают одновременно. Эмоцию обычно описывают как переживание какого-либо чувства (радости, счастья, гнева). В подростковом периоде эти эмоции молниеносно сменяют друг друга и кажутся экстремальными. Момент безмерного ликования мгновенно может обернуться глубокой печалью и наоборот. Опираясь на научные исследования мозга, нам легче объяснить этот феномен. Исследователи доказали, что в ситуациях, вызывающих эмоции, эмоциональная система мозга подростка гиперактивна. Такая повышенная активность в сочетании с медленно формирующейся системой ингибиторного контроля (см. [главу 2](#)) доставляет подросткам немало хлопот. Можно сказать, что их

эмоциональная и рациональная (или ингибиторная) системы мозга не уравнивают друг друга.

В исследованиях мозга обычно различают два типа эмоций: первичные и вторичные. Первичные эмоции — это мгновенные реакции на стимулы окружающей среды, например страх в опасной ситуации или радость, гнев, грусть. Первичные эмоции проявляются уже на самых ранних этапах развития. С их помощью маленькие дети познают мир и учатся понимать, что можно и чего нельзя. Когда они подвергают себя опасности (например, крутят ручки газовой плиты), родитель, скорее всего, сделает сердитое лицо и строгим голосом запретит им впредь подходить к плите. Впоследствии ребенок будет связывать действие (изначально не имевшее эмоционального заряда) с недовольством родителя, которое вызовет у него страх при повторном выполнении этого действия.

Вторичные эмоции — это более изощренные реакции. Они уже не врожденные, а приобретенные. Они возникают в результате сложного взаимодействия различных обстоятельств, и их нельзя однозначно прочитать по выражению лица. Исходя из предыдущего опыта, каких-то ситуаций мы предпочитаем избегать, а в какие-то охотно попадаем снова. Поскольку вторичные эмоции проистекают из личного опыта, они у всех разные: одному подростку, к примеру, не терпится снова сходить в парк аттракционов, где в прошлом году он на славу повеселился с друзьями, в то время как другого мальчика туда совсем не тянет — мешают воспоминания о понравившейся ему девушке, которая целовалась там с его одноклассником. Переживая вторичные эмоции, мы думаем о ситуациях, которые ассоциируются с приятными или горькими чувствами, вызывая у нас облегчение или стыд. Часто мы не можем четко обозначить эти эмоции, но, ведомые испытанными чувствами, стараемся впредь делать соответствующий выбор. Стоит нам лишь подумать о той или иной ситуации, как нас захлестывают вторичные эмоции.



Кора лобных долей головного мозга (вид сбоку), миндалевидное тело и вентральный стриатум (вид спереди)

В подростковом периоде меняется переживание как первичных, так и вторичных эмоций. Прежде всего, эти изменения касаются оценки ситуации или чужих эмоций. Подростки достаточно хорошо распознают первичные эмоции, но по сравнению со взрослыми им все же труднее отличить, к примеру, сердитое выражение лица от испуганного. Вскоре мы увидим, что эти изменения связаны с функционированием миндалевидного тела — области мозга, которая имеет форму миндалина и играет главную роль в эмоциональных реакциях. Кроме того, серьезно меняется и переживание вторичных, более сложных, приобретенных эмоций. В их формировании участвует обширная сеть нескольких областей мозга, включая миндалину, базальные ганглии и лобную кору. Я расскажу, как взаимодействие между этими областями мозга связано с обработкой основных эмоций у подростков, почему подростки принимают эмоционально окрашенные решения и как оценивают риски. Мы увидим, что благодаря этим эмоциям подростки часто проявляют удаль и совершают поступки, на которые мы, взрослые, уже не отваживаемся. Мы склонны называть это бесстрашие «плохим поведением», но для молодых людей это один из способов познания окружающего мира. Для начала сосредоточимся на основных эмоциях, отражающихся

на лице.

Распознавание первичных эмоций

Распознавание эмоций других людей — одно из необходимых условий общения. Определить эмоцию можно по манере человека говорить или двигаться. Однако чаще всего эмоции передает мимика. Распознавание эмоций на лицах состоит из трех важных шагов. Сперва мы видим лицо (встретив кого-то на улице), затем связываем с ним свою эмоциональную реакцию (например, оно вызывает у нас страх) и, наконец, согласуем эту реакцию с подходящей ситуацией (почему оно вызывает страх). Все три шага необходимы для правильного распознавания эмоции.

Лицо, как правило, выражает шесть эмоций: радость, грусть, гнев, страх, удивление и отвращение. Американский профессор Пол Экман, долгое время изучавший эти эмоции, выдвинул теорию об их универсальности и независимости от влияния культуры. Даже слепые или глухие от рождения дети используют те же эмоции для выражения своих чувств (пусть и не так точно, как зрячие или слышащие дети).

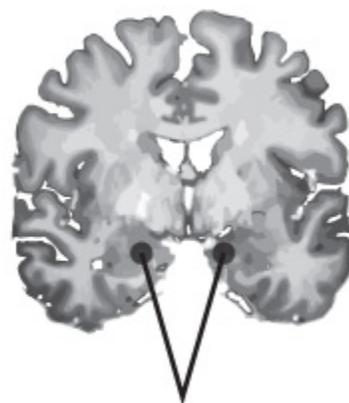
Исследования среди подростков по распознаванию эмоций на лицах дали три важных результата. Во-первых, способность распознавать эмоции в возрасте от 10 до 18 лет еще не сформирована окончательно. Некоторые эмоции, такие как радость, уже хорошо определяются 7-летними детьми. Однако гнев и печаль, к примеру, распознают дети не младше 10 лет. Наиболее сложные эмоции, такие как удивление и страх, молодые люди начинают считывать лишь в позднем подростковом возрасте. Это не означает, что подростки не испытывают этих эмоций или не могут их различить, — просто они чаще взрослых путают наиболее сложные эмоции. Например, испуганное выражение лица они расценивают как удивленное. Во-вторых, подросткам легче угадать эмоцию правильно, если помимо выражения лица они наблюдают за позой человека. Благодаря этой дополнительной информации они получают более полную картину ситуации. В-третьих, на всех этапах развития (в детстве, подростковом возрасте и зрелости) женщины лучше мужчин распознают эмоции на лицах. Благодаря обследованиям пациентов и фМРТ нам удалось

выяснить, какие области мозга обуславливают эти различия в развитии.

Роль миндалевидного тела

У американского пациента наблюдалась редкая патология. Он узнавал лица, отличал женское лицо от мужского, но не мог описать отраженные на них эмоции. Труднее всего ему давался страх. При виде испуганного лица пациент говорил, что видит радость или разочарование; он не был в состоянии распознать эмоцию страха. При этом пациент знал, что такое страх, и мог описать ситуации, в которых люди испытывают страх. Однако нарисовать испуганное лицо ему не удавалось. Этот пациент был лишен способности угадывать негативные и сложные эмоции. Такая специфическая патология вызвана повреждением миндалевидного тела, играющего ключевую роль в эмоциональных реакциях.

Миндалевидное тело представляет собой подкорковую структуру (то есть расположенную глубоко в мозге). Оно является частью лимбической системы — группы структур в мозге, отвечающих за эмоции и мотивацию. Как видно на примере описанного пациента, миндалевидное тело важно для распознавания эмоций на лицах, таких как страх, гнев и удивление. Миндалевидное тело играет роль в обработке негативных эмоций, необходимых для механизма выживания. Молниеносные реакции (*fight or flight* — «бей или беги») были жизненно важны для наших далеких предков, например при встрече с медведем или змеей в лесу. Им требовалось мгновенно осознать опасность ситуации и не раздумывая спастись бегством (или сражаться). В современном мире мы тоже попадаем в подобные ситуации (пусть и несколько в ином формате) — например, когда при переходе улицы на нас с бешеной скоростью несется автомобиль. Миндалевидное тело играет первостепенную роль в формировании моментальной реакции.



миндалевидное тело

Миндалевидное тело, активирующееся при виде испуганных лиц

Согласно известной модели нейробиолога Джозефа Леду, эмоциональная информация обрабатывается в мозге двумя способами. Есть прямой путь, по которому воспринимаемая информация сразу отправляется в миндалевидное тело на обработку по степени эмоциональной важности. Второй маршрут в миндалевидное тело пролегает через кору и занимает больше времени, поскольку поступившая информация сначала интерпретируется. Краткий путь оперативно мобилизует нас в случае опасности (на нас мчится автомобиль, а времени в обрез), вызывая реакцию «бей или беги». Наше сердцебиение учащается, мышцы напрягаются — и вот мы уже в состоянии боевой готовности. Поскольку информация проходит по двум маршрутам, наша мгновенная реакция иной раз корректируется рационально медленным маршрутом. Представьте себе, что вы увидели змею, которая спровоцировала быструю эмоциональную реакцию и ускорила сердцебиение — вы готовы к бегству. Но в последний момент вы обнаруживаете, что это вовсе не змея, а садовый шланг, и рациональная система заставляет вас успокоиться. Первая интерпретация увиденного активирует короткий маршрут. Но затем на основе дополнительной информации (вы находитесь в саду, что предполагает наличие садового шланга, к тому же в этих краях змеи не водятся) в работу включается рационально длинный маршрут обработки информации через кору.

Миндалевидное тело реагирует не только на лица. В лабораторных экспериментах здоровых участников предупреждали о том, что они могут получить удар током, если на экране появится синий квадрат. На самом деле электрический ток никогда не применялся, но в миндалевидном теле испытуемых обнаруживалась повышенная активность всякий раз, когда они замечали на экране синий квадрат. Таким образом, миндалевидное тело, как правило, реагирует на эмоционально важную информацию, даже если она предоставляется только в виде инструкции. Например, если кто-то скажет вам: «Остерегайтесь этой собаки, потому что она кусается», ваше миндалевидное тело активизируется, даже если собака никогда не проявляла признаков агрессии.

Миндалевидное тело, лица и подростковый период

В ряде исследований с использованием фМРТ ученые пытались определить, как миндалевидное тело реагирует на эмоциональные лица в разные периоды развития человека. Подросткам предлагалось посмотреть на нейтральные, счастливые и испуганные лица. Выяснилось, что у подростков, как и у взрослых, миндалевидное тело реагирует на испуганные лица. То есть, как только подростку показывали испуганное лицо, его миндалевидное тело активировалось. Однако в ходе исследований было сделано еще три важных вывода. Прежде всего, обнаружилось, что по сравнению с маленькими детьми и взрослыми миндалевидное тело подростков проявляло повышенную активность при виде лиц с ярко выраженными эмоциями. Кроме того, миндалевидное тело подростков реагировало на лица, показанные в столь краткий промежуток времени, что испытуемый даже не осознавал, что их видел. Очевидно, мозг подростков временно оснащен некой дополнительной антенной для фиксации эмоций на лицах и реагирует на них с удвоенной энергией. Это неудивительно, если учесть, что мозг подростков приспособлен и к собственным постоянным перепадам настроения, а их эмоции часто напоминают американские горки. Повышенной чувствительностью к эмоциям на лицах других людей можно объяснить бурные реакции подростков, скажем, в ответ на брошенный вызов (допустим, к драке) или

чрезмерное напряжение перед публичными выступлениями.

С помощью фМРТ было сделано еще одно любопытное открытие: оказалось, что у подростков младшего возраста (от 10 до 12 лет) миндалевидное тело становится активным даже при виде нейтрального лица. Это наблюдение оказалось неожиданным, и исследователи долго размышляли о его значении. Очень может быть, что нейтральные лица — двусмысленны. Со счастливым или испуганным лицом все ясно, но нейтральное выражение может означать что угодно. Родители нередко натягивают безучастную мину, когда злятся на детей. Поэтому исследователи пришли к выводу, что миндалевидное тело подростков младшего возраста активизируется при виде лица, в эмоциях которого они не уверены. Именно эта неопределенность их и настораживает.

Последнее важное наблюдение касалось различий в активности миндалевидного тела у мальчиков и девочек. У девочек в раннем подростковом возрасте при виде негативных эмоций на лицах миндалевидное тело становилось гораздо более активным, чем в позднем подростковом возрасте. Следовательно, миндалевидное тело девочек в период полового созревания — гиперчувствительное, и эта повышенная чувствительность позднее идет на убыль. У мальчиков же гиперчувствительность наблюдается на протяжении всего подросткового периода. Отчасти этот феномен можно объяснить тем, что девочки взрослеют немного раньше мальчиков и, соответственно, раньше формируется их эмоциональная система.

Интересно, что миндалевидное тело весьма чувствительно к гормональным изменениям. Например, на него влияет выброс женского гормона эстрогена, что меняет реакцию на эмоциональные ситуации. Привлекательность одних и тех же мужских лиц, к примеру, по-разному оценивается женщиной в зависимости от фазы менструального цикла, в которой она находится. Мы уже выяснили, что в период полового созревания гормоны во многом задают тон и, вполне вероятно, способствуют повышенной чувствительности подростков к эмоциям и различиям в развитии между мальчиками и девочками. Мозг резко реагирует на эмоции, возможно, еще и потому, что в подростковом возрасте наступает период активного сближения со сверстниками.

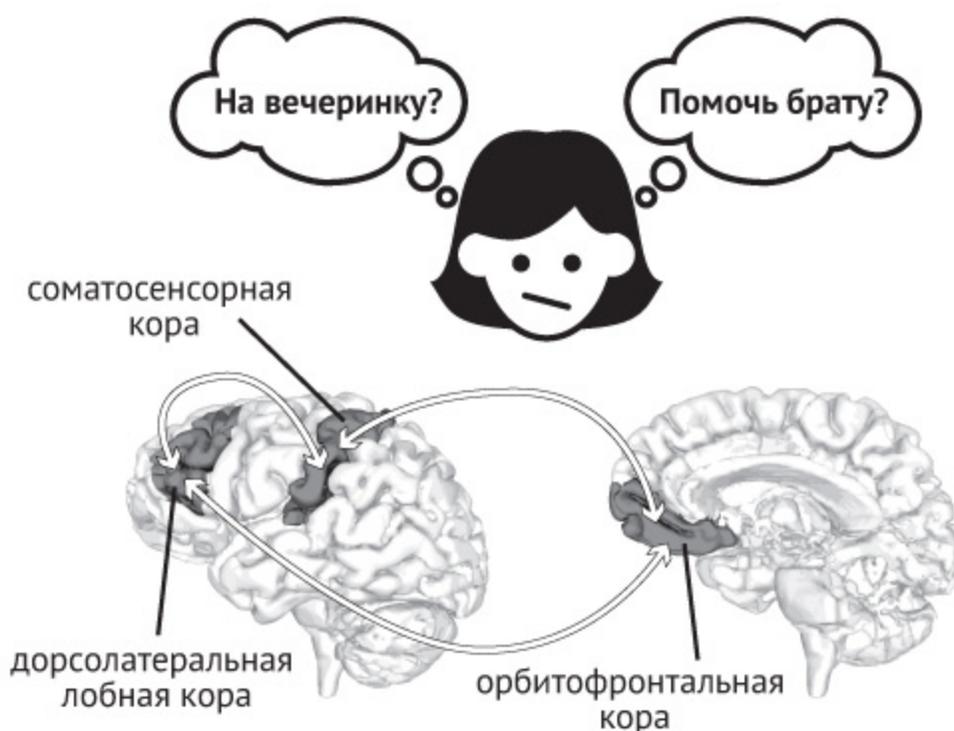
Сложные эмоции — сложные системы мозга

Сюзанну пригласили на вечеринку. Там должны собраться все ее друзья, в том числе и подруга, недавно переехавшая в другой город, по которой Сюзанна очень скучает. Ожидается грандиозный праздник. Сюзанна с нетерпением его ждет и даже купила себе новую одежду. Однако накануне вечеринки ей звонит двоюродный брат: он упал с лестницы, сильно повредил запястье и просит ее заехать помочь по хозяйству. Сюзанна обожает своего двоюродного брата. Он всегда ее поддерживает. Сюзанне очень хотелось бы ответить ему тем же, но как же вечеринка?

Как ей поступить? Сюзанну обуревают противоречивые эмоции. С одной стороны, ей не терпится пойти на вечеринку. Может, сослаться на срочные дела? Но ей совестно обманывать брата, ведь совсем недавно он пожертвовал ради нее футбольным матчем: она застряла посреди дороги с проколотой велосипедной шиной, и он без разговоров примчался ей на помощь.

В повседневной жизни мы то и дело сталкиваемся с непростыми эмоциональными дилеммами и все же способны довольно быстро сделать верный выбор. При этом мы отнюдь не всегда составляем список преимуществ и недостатков того или иного поступка и не основываем каждый выбор на чисто меркантильных соображениях. Это заняло бы слишком много времени. К тому же сравнивать важность преимуществ и недостатков — непосильная задача. Как же тогда мы принимаем решения? По мнению известного нейropsychолога Антонио Дамасио, мы руководствуемся чувствами, в том числе и так называемым шестым чувством. Согласно теории Дамасио, наш мозг сформирован так, что, сталкиваясь с трудным выбором, мы интуитивно чувствуем, что хорошо, а что плохо. Сюзанна, к примеру, думая о вечеринке, испытывает ликование, но мысль о двоюродном брате, брошенном на произвол судьбы, наверняка ее гложет. Одно чувство, как правило, побеждает другое. Долгое время исследователи полагали, что наш выбор всегда можно обосновать балансом между его преимуществами и недостатками, который, подобно компьютеру, просчитывает наш мозг. Теперь же, в том числе благодаря исследованиям мозга, мы знаем, что это не так. Во многих

принимаемых нами решениях важную роль играют чувства. И чувства эти у всех разные, так как основаны на личном опыте. Именно они дают нам возможность обдумывать кратковременные и долгосрочные результаты (крутая, но мимолетная вечеринка или хорошие отношения с кузеном на всю жизнь). В подростковом периоде в этом плане происходят значительные изменения. Умение прочувствовать преимущества долгосрочной перспективы — это навык, развивающийся гораздо позднее.



Дорсолатеральная лобная кора, орбитофронтальная кора и соматосенсорная кора работают вместе, когда мы оцениваем краткосрочные и долгосрочные эффекты наших действий

Эксперименты Антонио Дамасио и его исследовательской группы показывают, что в мозге формируется система, которая связывает определенные чувства с краткосрочными и долгосрочными преимуществами. Чтобы разобраться в этом процессе, давайте сосредоточим внимание на обследованиях пациентов с повреждением в орбитофронтальной коре мозга. Эта область как раз и связывает наши чувства с действиями.

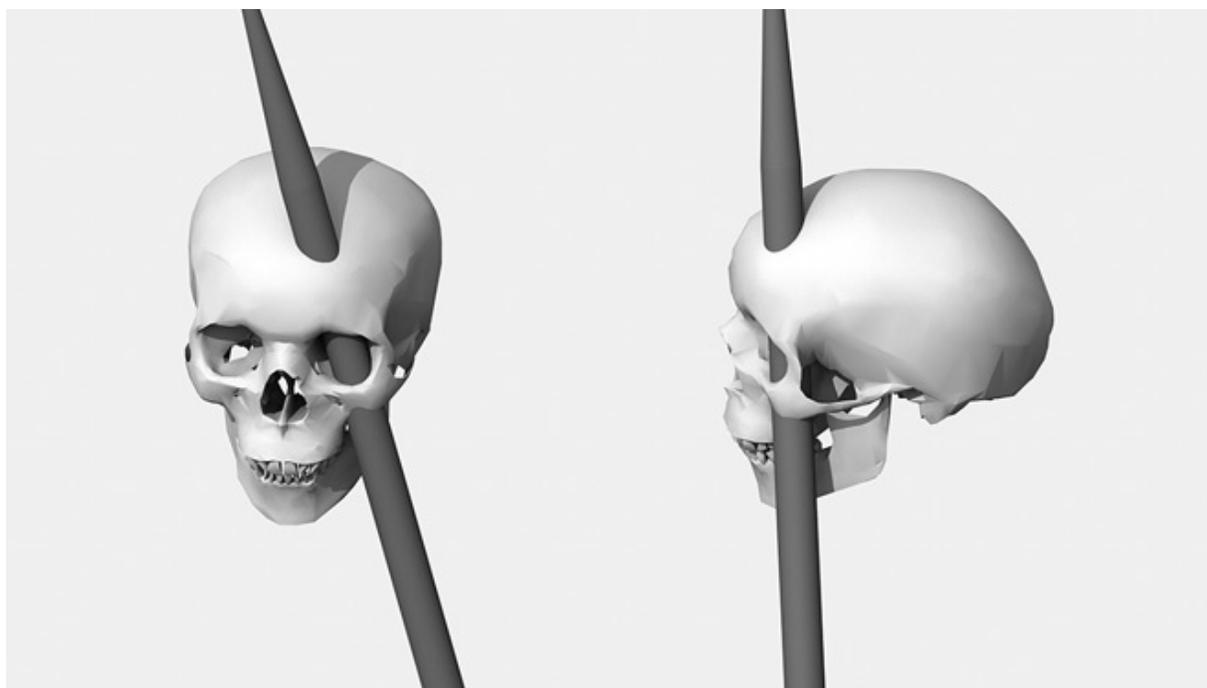
Пациенты, которым трудно принимать решения

Орбитофронтальная кора занимает нижнюю часть лобной коры и располагается прямо за глазами. Эта область мозга выполняет особую функцию, поскольку связана с рядом других отделов, важных для принятия эмоциональных решений. Прежде всего, она взаимодействует с лимбическим мозгом — системой подкорковых структур, регулирующих эмоции у людей и животных и реагирующих на вознаграждение и наказание. Подробнее о лимбическом мозге мы поговорим далее, обсуждая рискованное поведение. Помимо лимбического мозга, орбитофронтальная кора также связана с соматосенсорной корой, отвечающей за обработку сигналов от разных частей тела (ног, живота, груди). Наконец, орбитофронтальная кора имеет связи с латеральной лобной корой (она подробно обсуждалась в главе 2), которая важна для планирования действий и запоминания информации. Таким образом, орбитофронтальная кора занимает весьма удобное положение для обдумывания эмоциональных решений, поскольку находится на стыке эмоций, телесных ощущений и навыков планирования. Обследования пациентов с повреждением орбитофронтальной коры доказали исключительную важность этой области мозга для умения делать правильный выбор. Самым известным примером такого обследования является случай Финеаса Гейджа, произошедший с ним 13 сентября 1848 года.

Финеас Гейдж руководил бригадой взрывников при прокладке железной дороги в Вермонте. Он был исключительно старательным работником, отличался спокойствием, дружелюбием. Товарищи его уважали. Во время взрывных работ случилось нечто ужасное: лом, которым строители уплотняли пробку порохом, вызвал взрыв и пробил Гейджу голову. Металлический прут вошел в череп под левой глазницей и вышел на границе лобной и теменной костей с левой стороны. Товарищи бросились к пострадавшему, думая, что тот мертв. Однако, к всеобщему удивлению, Гейдж пришел в сознание через несколько минут после травмы. Он знал, где находится, мог назвать свое имя и нормально двигаться, притом что изрядная часть левого полушария была повреждена. Гейджа немедленно доставили

к врачу, который обработал ему рану. Спустя десять недель он полностью восстановился физически, а через несколько месяцев даже попытался вернуться на работу.

Однако, несмотря на то, что физически Гейдж был вполне пригоден к работе, работодатели отказались от его услуг. Если раньше он был старательным и принимал взвешенные решения, то теперь заводился с полоборота, проявлял нетерпение, агрессивность и тем самым больше не внушал доверия. Повреждение мозга явно изменило характер Гейджа. Впоследствии Гейдж работал в разных местах, но нигде не задерживался подолгу и больше не занимал руководящих должностей. Он умер в 1860 году. Сразу после смерти его мозг никто не исследовал, однако в 1867 году врач, обрабатывавший Гейджу раны, вызванные несчастным случаем, разыскал его мать и получил от нее разрешение на исследование мозга Гейджа и передачу черепа и железного прута в дар медицинскому факультету Гарвардского университета (там он хранится и по сей день). Врач опубликовал описание случая Гейджа, в котором установил размер и место повреждения мозга.



Реконструкция положения металлического прута, пробившего череп Финеаса Гейджа.
Источник: Damasio et al. (1994)

Мозг Гейджа был серьезно задет. Уже в 1848 и 1867 годах врачи

обнаружили повреждения значительной части лобной доли и прилегающих к ней областей. В 1994 году при повторном исследовании черепа Гейджа более современными методами ученые Антонио и Ханна Дамасио выяснили: повреждение в наибольшей степени затронуло орбитофронтальную кору, расположенную на стыке эмоций и познавательных способностей человека. Нарушения в этой области мозга, как оказалось, приводят к изменению личности и поведения.

Только в конце 1990-х годов появилось научное объяснение этим изменениям. Будучи нейропсихологом, Антонио Дамасио часто принимал у себя пациентов с повреждением орбитофронтальной коры, однако их проблемы было непросто зафиксировать в форме теста. У этих пациентов не наблюдалось трудностей с запоминанием информации, моторными навыками или обработкой речи. Их интеллект не пострадал, и они справлялись с решением абстрактных задач. Тем не менее, так же как Гейдж, в повседневной жизни они чувствовали себя неуютно. После получения травмы они превращались в рискованных, импульсивных людей, испытывали сложности в работе или сохранении брака. Их поведение зачастую интерпретировалось как «детское», поскольку они принимали недальновидные решения и руководствовались сиюминутной выгодой.

Дамасио предположил, что поведение этих людей основано на краткосрочном удовлетворении желаний и неспособности к дальновидным действиям. И вовсе не потому, что эти пациенты не владеют ситуацией, — просто они *не чувствуют*, каков он, правильный выбор. Дамасио разработал теорию, которую назвал гипотезой соматических маркеров (то есть телесных ощущений). Согласно этой теории, принимаемые нами ежедневно сложные решения не всегда основаны на скрупулезном взвешивании всех «за» и «против». Наш мозг настолько эффективен, что в считанные секунды мы способны сделать правильный выбор. Часто мы принимаем решения, руководствуясь чувством, связанным с той или иной ситуацией в прошлом. Пережитое в прошлом приятное или же неприятное ощущение влияет на выбор поведения в новой ситуации. Предположим, недавняя ссора с коллегой либо одноклассником оставила горечь в душе. Возможно, вы слышали в свой адрес

досадные слова, в результате чего у вас участилось сердцебиение и усилилось потоотделение. Вполне вероятно, что при воспоминании об этом человеке в новой ситуации вы испытаете те же физиологические ощущения. Наш мозг запоминает (маркирует) ощущения в определенной ситуации. При принятии последующих решений установленная мозгом связь между ощущением и ситуацией влияет на выбор более выгодных вариантов поведения. Поэтому при принятии решений важно полагаться на ощущения, или интуицию.

Азартные игры в лаборатории

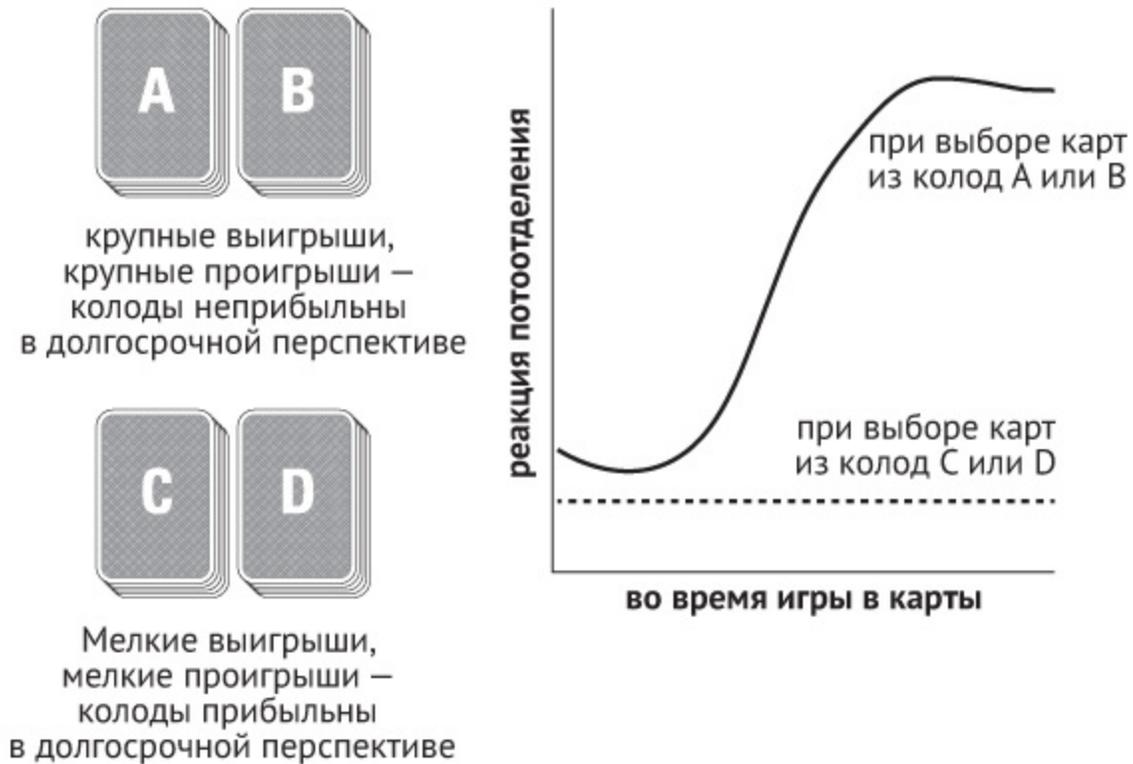
В лаборатории сложная ситуация принятия решений моделируется с помощью карточной игры, в ходе которой участники должны определить, с какими колодами карт можно выиграть больше денег. Испытуемым предоставляются четыре колоды карт: А, В, С и D. Когда испытуемый берет карту из колоды А или В, он получает 100 долларов. Карта из колоды С или D стоит 50 долларов. Поначалу кажется, что выгоднее брать карты из колод А или В, поскольку они приносят больше денег. Однако тестируемые не только получают, но и проигрывают деньги, при этом проигранные суммы постоянно меняются. В конечном счете выясняется, что колоды А и В приносят убытки, потому что размер проигрыша превышает вознаграждение. А колоды С и D оказываются более прибыльными в силу более низких потерь. Таким образом, в этой игре испытуемый должен понять, что выбор, кажущийся лучшим в краткосрочной перспективе (А и В), в долгосрочной перспективе приносит убытки.

Когда здоровые взрослые выполняют это задание, они способны менять стратегию и переключаться с вариантов А и В на варианты С и D. Примечательно, что они берут карты из правильных колод скорее по интуиции, нежели руководствуясь разумным расчетом лучшего варианта в долгосрочной перспективе. Об этом свидетельствуют и изменения в реакциях их организма. Когда тестируемые выбирают рискованные колоды А и В, потоотделение тестируемых увеличивается, притом что при выборе колод С и D этого не происходит. Организм как бы предупреждает их о потенциальной опасности. Пациенты с повреждением орбитофронтальной коры,

играющие в эту игру, так и продолжают брать карты из колод А и В, не будучи способными переключаться на новые стратегии, приносящие больше преимуществ в долгосрочной перспективе. Организм этих пациентов не реагирует повышением потоотделения на рискованные решения. Оно обнаруживается лишь тогда, когда пациенты сталкиваются с крупным проигрышем. Следовательно, это не значит, что они вообще не испытывают эмоций. В данном случае речь идет лишь о предупреждающих эмоциях перед рискованным или опасным выбором. Согласно теории соматических маркеров, пациенты с повреждением орбитофронтальной коры головного мозга принимают в повседневной жизни множество неверных решений, поскольку не получают от своего организма предупреждений, управляющих поведением здоровых людей.

Соматические маркеры в развитии

В подростковом периоде чувства и эмоции играют важную роль, однако вопрос заключается в том, в какой степени они управляют принятием решений. Подросткам часто присуще принятие краткосрочных решений (об этом мы говорили в главе 2, в разделе о самостоятельном обучении). Исследователи попытались выяснить, связано ли подобное поведение с изменениями соматических сигналов, и обнаружили, что для принимаемых подростками решений действительно характерно отсутствие соматических маркеров. Развитие соматических маркеров — сложный процесс, и происходящие в них изменения наблюдаются вплоть до наступления половой зрелости, а именно до 18 лет. Исследования показали: у подростков 16–18 лет появляются первые признаки соматических маркеров, но эти маркеры работают еще не так хорошо, как у взрослых. По-видимому, области мозга, обеспечивающие соматические маркеры, созревают медленно.



Эксперимент с игральными картами: перед тем, как здоровые взрослые берут карту из рискованной колоды, у них усиливается потоотделение. Источник: Bechara et al. (1997)

В ходе исследований, проводимых в нашей лаборатории, мы попросили участников в возрасте от 6 до 25 лет выполнить компьютерное задание, основанное на вышеупомянутой карточной игре, но слегка видоизмененное, чтобы его могли понять и самые молодые участники исследования. В этом задании испытуемым было предложено собрать яблоки для голодного осла. Чем больше яблок они собирали, тем больше очков получали в конце эксперимента. Яблоки можно было выиграть, выбрав одну из четырех дверей, изображенных на экране. Больше всего яблок находилось за дверями А и В, но иногда с ними были связаны и крупные проигрыши, так что в долгосрочной перспективе они становились убыточными. Двери С и D приносили меньше яблок, но и потери при этом были меньше, что в конечном итоге обеспечивало более значительную прибыль.

Дети 6–10 лет, так же, как и пациенты с повреждением орбитофронтальной коры, в основном выбирали двери А и В, то есть исключительно краткосрочные преимущества. Эта закономерность

меняется в подростковом возрасте, когда молодые люди учатся делать дальновидный выбор, но даже 16–18-летние еще далеко не всегда мыслят долгосрочными категориями на уровне взрослых 20–25 лет. Подросткам все еще трудно понять долгосрочные последствия своего поведения, и возможность получения сиюминутной прибыли преобладает над надежностью выбора.

Чтобы выяснить, связаны ли эти явления с меняющимися сигналами организма, мы также измерили, как меняется потоотделение и сердцебиение у участников исследований. Первые признаки предупреждающих сигналов организма перед опасным выбором были обнаружены лишь у 16-летних, и в этой возрастной группе они не были выражены столь ярко, как у 20–25-летних. При крупном проигрыше у испытуемых уже начиная с раннего возраста усиливалось потоотделение и менялся сердечный ритм. Это означает, что тестируемым (так же, как и пациентам с повреждением орбитофронтальной коры) проигрыш был не по душе и что они не ожидали плохого результата. Предупреждающие сигналы в организме подростков еще только формируются, что нередко приводит к необдуманным решениям. На рациональном уровне подростки способны распознать опасные ситуации, но не в состоянии физически их почувствовать. Современные подростки нередко принимают участие в опасных онлайн-челленджах — например, проглотить, не запивая водой, столовую ложку корицы. Врачи предупреждают, что подобный эксперимент может вызвать серьезные проблемы с дыханием, вплоть до удушья, приступа астмы и даже коллапса легкого. При этом подростки вполне осознают опасные последствия своих поступков, но не устают их повторять, ведь от такого развлечения дух захватывает. К тому же на физическом уровне они действительно не ощущают опасности. Кроме того, в интернете, как правило, демонстрируются примеры с хорошим финалом, поэтому подросткам бывает трудно представить себе плачевный исход, и они тешат себя надеждой: «Со мной-то ничего не случится». Подобный ход мыслей, типичный для подростков, порой провоцирует их на безрассудные действия. С другой стороны, в менее опасных ситуациях установка «со мной ничего не случится» помогает подросткам смотреть на мир позитивно и быстрее справляться с жизненными

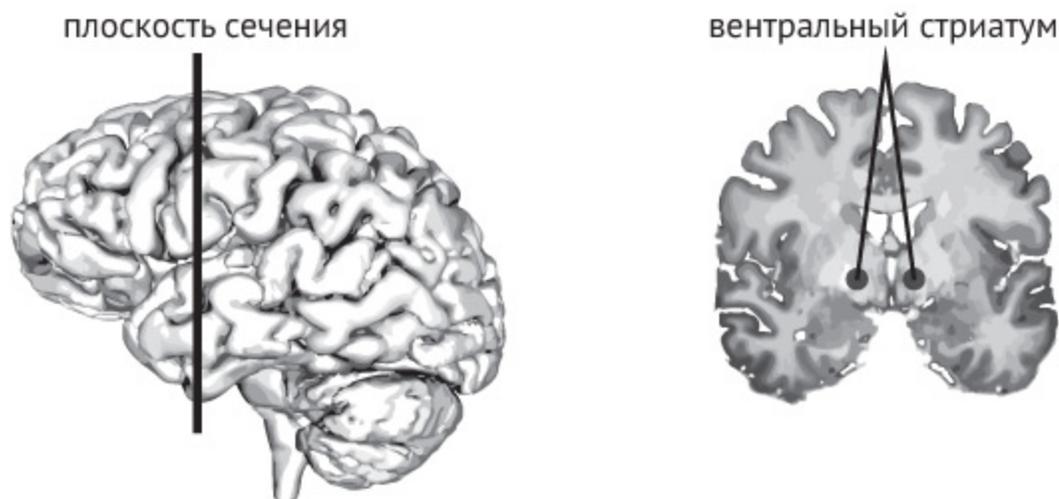
трудностями.

Риски и опасные решения — гиперактивная система эмоций

Рискованное поведение повсеместно считается наиболее важной характеристикой подросткового периода. Подростки совершают поступки, от которых большинство взрослых предпочитает воздерживаться, например рассекают на скейтбордах по перилам мостов или выжимают до предела двигателя скутеров. Анкетное исследование показало, что подростки испытывают большую потребность в захватывающих дух событиях, чем маленькие дети. При выполнении компьютерного задания, где участникам предлагается надуть вымышленный воздушный шар, сулящий денежный выигрыш, подростки часто надуют его дольше взрослых и детей, рискуя тем, что шар лопнет, и они ничего не выиграют. Почему же подростки и взрослые воспринимают рискованные ситуации настолько по-разному?

Прежде всего, не все ситуации оцениваются подростками иначе, чем взрослыми. Если им показывают стеклянную емкость с четырьмя красными и двумя синими шарами и просят угадать, какой шар будет разыгран, они без труда оценивают шансы на победу и поражение. Когда затем они узнают, что синий шар приносит пять очков, а красный — одно, они, так же как и взрослые, гораздо чаще ставят на синий шар. На рациональном уровне подростки хорошо справляются с оценкой подобных ситуаций. Что отличает подростков от взрослых, так это эмоции, испытываемые ими в преддверии выигрыша или при непосредственном выигрыше или проигрыше. Подростки идут на больший риск в игре с надуванием воздушных шаров, потому что им интересно, как далеко они могут зайти. Сильнее рискуют они и в вымышленной игре в водителя автомобиля, когда на желтом сигнале светофора им предлагается решить, что делать: остановиться либо продолжить движение (и заработать больше очков), но с большой вероятностью врезаться в другую машину и потерять все набранные очки. Иными словами, в лабораторных условиях подростки демонстрируют более рискованное поведение, чем дети и взрослые,

когда им обещают вознаграждение и когда им это интересно. Чтобы разобраться в механизмах такого поведения, мы должны подробнее рассмотреть еще одну структуру мозга (упомянутую ранее) — подкорковые базальные ганглии. Они содержат вентральный стриатум, известный как «центр удовольствия».



Вентральный стриатум, центр удовольствия в головном мозге (вид спереди)

Роль базальных ганглиев при выигрыше и проигрыше

Базальные ганглии представляют собой группу подкорковых ядер, участвующих в запуске движений. Однако этим их роль не ограничивается. Базальные ганглии связаны с лобной корой и областями мозга, отвечающими за обработку эмоций. Исключительное множество связей с эмоциональными участками в лобной коре устанавливает специфический участок базальных ганглий — вентральный стриатум вместе с входящим в его состав прилежащим ядром. Вентральный стриатум часто называют центром удовольствия мозга из-за его чувствительности к вознаграждению. Его роль продемонстрировали различные эксперименты с крысами: когда в эту область мозга крысы помещали электрод и предоставляли крысе доступ к рычагу для самостоятельной стимуляции вентрального стриатума, крыса беспрестанно нажимала на рычаг, предпочитая подобную самостимуляцию даже пище. Дело в том, что в данной области мозга вырабатывается вещество дофамин, отвечающее

за приятные ощущения. Кроме того, вентральный стриатум принимает участие в процессах формирования зависимости. Считается, что вентральный стриатум чрезвычайно чувствителен к вызывающим привыкание веществам, таким как кокаин. Поэтому функционирование этой области мозга связано со степенью чувствительности к зависимости. Таким образом, вентральный стриатум можно рассматривать как центр удовольствия в мозге у животных и людей.

Исследования показывают, что у здоровых взрослых эта область мозга также проявляет чувствительность к вознаграждению. Однако активность в вентральном стриатуме вызывает не только само вознаграждение, но и признаки потенциального вознаграждения в будущем. В одном американском исследовании испытуемых просили нажимать кнопку всякий раз, когда на экране появлялся пират. Через несколько секунд испытуемым вручалась награда. Пираты были трех видов, и во время выполнения задания выяснялось, что за каждым из них закреплено вознаграждение. Самое крупное сулил пират с кинжалом, наименьшее — пират с мечом, а третий пират обещал вознаграждение среднего размера. Анализ мозговой активности тестируемых во время выполнения этой задачи показал, что один только вид пирата, связанного с крупным вознаграждением, увеличивал активность в вентральном стриатуме. Поэтому, опираясь на результаты научных исследований, можно сделать вывод о том, что вентральный стриатум реагирует и на ожидание вознаграждения. Следовательно, эта область мозга очень важна, если надо оценить риски, связанные с вознаграждением, ожидание которого может затмить анализ потенциальной опасности.

Примечательно, что на функционирование вентрального стриатума влияют гормоны. Лабораторные исследования мозга взрослых показали, что испытуемые, которым вводили тестостерон, в ожидании вознаграждения проявляли повышенную активность в вентральном стриатуме. Кроме того, в некоторых исследованиях вентральный стриатум у мужчин активировался сильнее, чем у женщин, что может быть связано с большим количеством тестостерона в мужском организме. В конце концов, в азартных играх мужчины обычно рискуют чаще женщин, но одновременно и зарабатывают больше очков. Можно констатировать, что женщины для достижения

оптимальной прибыли, как правило, рискуют слишком мало — по крайней мере, в лабораторных условиях. Так что вполне возможно, что гормон тестостерон способствует максимизации прибыли. В период полового созревания у мальчиков от 10 до 14 лет количество тестостерона увеличивается в 20 раз. У девочек его количество тоже увеличивается, хотя и в меньшей степени. Поэтому период полового созревания сильно влияет на развитие эмоциональных областей мозга.

Подростковый возраст сопряжен с серьезными изменениями в организме и мозге, в результате которых меняется и взаимодействие между эмоциональной и рациональной системами мозга. Иногда эмоциональная область преобладает, и рациональной области не удается одержать над ней верх. Играя в игру «Пол — это лава» в парке аттракционов, подростки вполне понимают, что прыгать в аттракцион с бурлящим потоком воды опасно и неразумно, однако не могут устоять перед искушением. Удовольствие от игры пересиливает перспективу возможного запрета на посещение парка в течение последующих двух лет.

У детей младшего возраста, у которых еще не началось половое созревание, лобная кора функционирует не так хорошо, как у детей постарше. Эмоциональные области их мозга, такие как вентральный стриатум, также пока сохраняют спокойствие. Поэтому маленькие дети менее склонны попадать в рискованные ситуации. Кроме того, они, как правило, советуются с родителями, какое поведение является одобряющим, а какое нет. С наступлением полового созревания их эмоциональная система выходит из равновесия. Под влиянием усиливающихся гормональных изменений эмоциональные области мозга активируются и становятся более чувствительными. Однако лобная кора, наделенная контролируемыми функциями, еще не созрела и не способна сдерживать эту чувствительность. Координировать эти две системы должным образом мы в состоянии лишь в зрелом возрасте.

Гиперактивная эмоциональная система в подростковом возрасте

Баланс между эмоциональными и управляющими системами в мозге

исследователи изучали в лабораторных условиях, в которых подросткам снова было предложено поиграть в азартные игры. В первом исследовании участникам трех групп — 7–10 лет (период, предшествующий половому созреванию), 13–17 лет (период полового созревания и подростковый период) и 23–29 лет (период зрелости) — предлагалось выполнить задание с тремя пиратами. При появлении на экране пиратов испытуемые должны были нажимать кнопку, постепенно приходя к пониманию, что за каждым пиратом закреплен определенный выигрыш. При виде пирата, сулившего крупный куш, активность в вентральном стриатуме (центре удовольствия) всех участников повышалась. Однако у подростков вентральный стриатум активировался гораздо сильнее, чем у детей и взрослых. Очевидно, в подростковом периоде эта область является сверхактивной. Что подтвердилось и в другом исследовании, когда подросткам предлагалось сыграть в игру «Орел или решка». Если выбранный участником вариант совпадал с компьютерным вариантом, то участник получал денежное вознаграждение, а в противном случае проигрывал деньги. В эксперименте участвовали 300 испытуемых. При получении денежного выигрыша вентральный стриатум активировался у каждого из них, но наибольшую активность проявлял у молодых людей 16–17 лет. При этом у подростков наблюдалась самая сильная реакция на вознаграждение как в областях мозга, отвечающих за ощущение удовольствия от вознаграждения, так и в областях, направляющих поведение к получению вознаграждения.

Кроме того, в нашей собственной лаборатории мы постарались выяснить, повышается ли активность в вентральном стриатуме у подростков в предвкушении возможного вознаграждения в будущем. Тестируемые 11 и 12 лет (начало полового созревания), 14 и 15 лет (средний подростковый возраст) и 18–24 лет (конец подросткового периода, начало зрелости) играли в игру вроде тех, что популярны в казино. Участникам показали три игровых автомата, в каждом из которых появлялось изображение фрукта. При появлении изображения одного и того же фрукта во всех трех игровых автоматах испытуемые получали выигрыш. Подобная установка обуславливала следующие три результата. Если в одном игровом автомате появлялось яблоко, в другом апельсин, а в третьем виноград, то уже по второму

изображению тестируемый понимал, что выигрыш ему не светит (яблоко и апельсин не совпадают). Однако если после первого яблока появлялось другое, шансы на победу значительно возрастали. Несколько раз так и случалось: выпадало третье яблоко и приносило крупный выигрыш. Но чаще всего после двух яблок на экране возникали изображения других фруктов: винограда или вишни. Анализ областей мозга, проявлявших активность в этой игре, продемонстрировал важные различия между возрастными группами. Оказалось, что не только получение вознаграждения, но и его предвосхищение вызывало повышенную активность вентрального стриатума. Наиболее сильная реакция антиципации обнаружилась у подростков младшего (11–12 лет) и среднего возраста (14–15 лет) по сравнению со старшей возрастной группой. Результаты этих научных исследований показывают: в подростковом периоде повышенную активность в мозговом центре удовольствия вызывает не только перспектива получения *реального* вознаграждения (как в игре с пиратами, обещавшими тот или иной приз), но и перспектива *возможного* вознаграждения (как при появлении двух яблок). Сильные реакции в мозговом центре удовольствия у подростков наблюдались в ходе различных исследований, проведенных в последние годы во многих лабораториях по всему миру. Следовательно, с большой вероятностью можно утверждать, что это явление характерно для подросткового возраста в разных культурах.

Повышенная активность в центре удовольствия мозга также свидетельствует о различиях между подростками. Выяснилось, что те, у кого наблюдалась наибольшая активность в вентральном стриатуме после получения вознаграждения в игре «Орел или решка», потребляли больше алкоголя. Кроме того, в одном американском исследовании было обнаружено, что по мере усиления активности в области удовольствия в мозге молодые люди чаще рисковали в компьютерной игре, связанной с вождением автомобиля. У подростков, которые вели в этой игре автомобиль более осторожно, сильнее активировалась лобная кора. У участников, указавших, что в повседневной жизни они любят острые ощущения, лобная кора задействовалась в меньшей степени. Следовательно, измеряемая нами в лабораторных условиях активность в определенных областях мозга

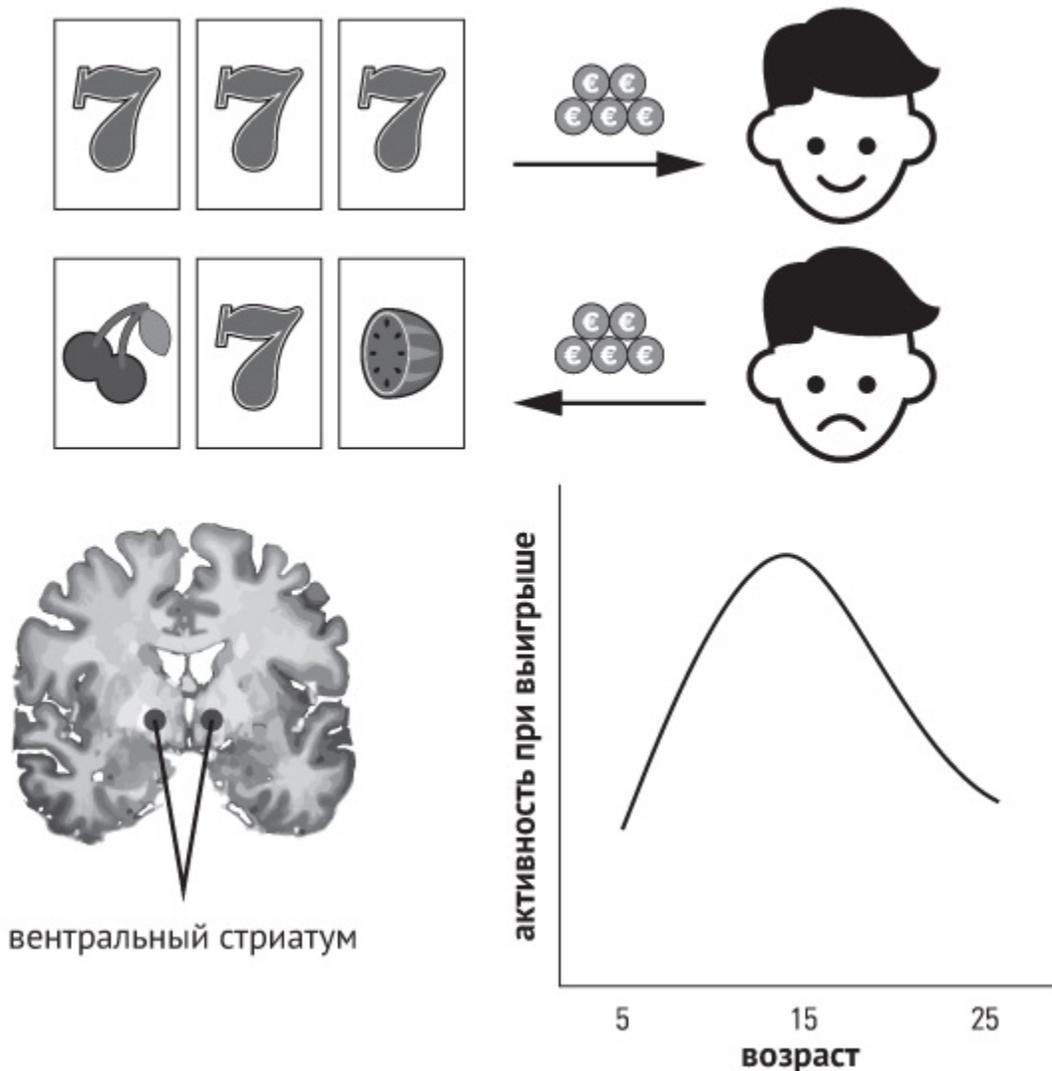
указывает и на степень рискованного поведения подростков в повседневной жизни.

Итак, подростки крайне чувствительны к вероятности получения награды. Эта гиперчувствительность мозга также объясняет и тот факт, почему подростки часто гонятся за острыми впечатлениями. Захватывающие дух ситуации, как правило, сопряжены с приятными ощущениями: исполнить трюк на скейтборде или лететь сломя голову на скутере с друзьями — это круто и весело. Теперь, опираясь на исследования, мы знаем: для активации центра удовольствия в мозге бывает достаточно одного лишь предвосхищения возможного вознаграждения (будь то одобрение друзей или приятные ощущения).

Это означает, что в момент необходимости выбора (ехать осторожно, не нарушая правил, или мчаться на всех парусах) предвкушение острых ощущений берет верх над рациональной областью мозга, которая предупреждает о возможной опасности. Это постоянное соперничество между эмоциональными и рациональными областями мозга объясняет непредсказуемость решений подростков, ставящих порой своих родителей и учителей в тупик. В ответ на вашу тираду: «О чем, черт возьми, ты думал? Что у тебя в голове? Почему ты так поступил?» — подросток, вероятно, лишь пожмет плечами и пробубнит: «М-м-м... Не знаю, так получилось».

Давайте подробнее остановимся на выборе, который делают подростки. В исследованиях, описанных выше, мы изучали области мозга, активируемые в ожидании возможного вознаграждения или при получении вознаграждения. Но как же именно принимаются решения? Чтобы выяснить, как подростки выбирают между опасной и безопасной ситуацией, мы использовали задание «колесо фортуны», имитирующее многие ситуации риска, с которыми человек сталкивается в казино. Это исследование подразумевало низкую вероятность крупного денежного выигрыша или высокую вероятность небольшой прибыли. Участникам предлагалось самим определить, будут ли они ставить на мелкий или крупный выигрыш. По сравнению со взрослыми, подростки чаще выбирали игру на большие деньги, даже если шанс выиграть был минимальным. При этом они чаще взрослых радовались победе и реже огорчались поражению. Их гораздо больше заботили преимущества рискованного поведения,

нежели его недостатки (проигрыш денег).



Азартная игра, в которой участники могут выиграть или проиграть деньги. Выигрыш денег приводит к повышенной активности в вентральном стриатуме (внизу слева), особенно у подростков (внизу справа). Источники: Van Leijenhorst et al. (2010), Braams et al. (2015)

Во время выполнения этого задания подростки проявляли большую активность в вентральном стриатуме (в центре удовольствия мозга), в то время как взрослые — в миндалевидном теле (эмоциональная область, реагирующая на опасные ситуации) и префронтальной коре (контролирующая область, важная для того, чтобы предвидеть долгосрочные последствия поведения). В Лейденской лаборатории мы повторили это исследование, однако

теперь в нем приняли участие не только подростки и взрослые, но и дети младшего возраста. Тем самым мы пытались выяснить, являются ли определенные функции мозга специфичными исключительно для подростков. Мы действительно обнаружили, что небольшой участок в префронтальной коре, расположенный рядом с центром удовольствия в головном мозге у подростков, проявлял повышенную активность по сравнению с детьми и взрослыми, когда они рисковали. При получении вознаграждения вентральный стриатум в мозге подростков также активировался сильнее, чем у взрослых и детей младшего возраста. Следовательно, как в предвосхищении ситуации, сулящей вознаграждение, так и при принятии решений, включающих элемент риска, поведением подростков преимущественно управляют области удовольствия в мозге.

В описанных ранее исследованиях вознаграждением служили деньги, однако области мозга, чувствительные к денежному вознаграждению, также чувствительны и к другим приятным преимуществам, таким как шоколад, привлекательные лица, дружба и сотрудничество. Следовательно, все эти вознаграждающие ситуации так или иначе влияют на поведение подростков. Это особенно важно, когда мы говорим о вознаграждении в социальных ситуациях, например, о «лайках» в сетях Instagram или Facebook. Эти знаки поощрения также активируют вентральный стриатум, опять-таки вызывая более сильную реакцию у подростков, нежели у взрослых. Сами подростки рассказывают нам, что целыми днями пытаются получить «лайки», не гнушаясь никакими средствами. Об этом свидетельствует пример молодой женщины в США, во время съемок видеоролика застрелившей своего друга. Девушка и ее друг полагали, что увесистая энциклопедия, которой прикрывался мужчина, защитит его от ранения. К сожалению, он не выжил. Эта история, разумеется, экстремальная, но она показывает, что молодые люди способны пойти на многое ради того, чтобы заслужить признание других. Кроме того, подростки не всегда видят подстерегающую их опасность, например когда отправляют друзьям фотографии в обнаженном виде.

Для чего полезна чувствительность к вознаграждению?

Несколько лет назад я прочла в газете заметку о 15-летней девочке, у которой язык примерз к железному фонарному столбу — друзья уговорили лизнуть его на морозе. Полицейским удалось ей помочь, вылив на столб ведро с теплой водой. Читая подобные истории, вы наверняка задаетесь вопросом: зачем? В нашем понимании подростковый период сопряжен исключительно с принятием необдуманных решений, таких как запуск пиротехники, размещение пикантной информации в интернете или злоупотребление алкоголем. Подобное представление о подростках — чересчур однобокое. Зачастую их рискованное поведение вызвано желанием познать мир, завести новых друзей и приспособиться к своему окружению. Без риска трудно достичь желаемых целей. Мозг подростка приспособлен к жизненным исканиям. При этом лишь немногие подростки сталкиваются с реальными проблемами, большинство из них без особого труда проходят через подростковый период. На пути взросления риски важны для понимания окружающей действительности.

Теперь нам известно, что у подростков зачастую преобладают эмоции и что в поисках острых ощущений они не в состоянии должным образом контролировать свои импульсы. Бывают ситуации, когда чувствительность к вознаграждению играет подросткам на руку. У нас есть конкретные свидетельства повышения успеваемости подростков, когда их достижения вознаграждаются. Вернемся к трем тестам, кратко обсуждавшимся в главе 2 — в разделе, посвященном исполнительным функциям. Первый тест касался рабочей памяти. В крупном американском исследовании с участием 304 человек в возрасте 8–22 лет ученые изучали мозг молодых людей, выполнявших задание на рабочую память. При этом они смотрели не только на функционирование рабочей памяти, но и на то, что происходило в мозге при верном и ошибочном решении задачи. Исследователи обнаружили, что правильное выполнение задачи обуславливало повышенную активность в вентральном стриатуме, причем в первую очередь у подростков. Чем активнее проявлял себя вентральный стриатум, тем успешнее молодые люди справлялись с заданием. Второе проведенное в США исследование имело отношение к способности подростков и взрослых останавливать

(подавлять) собственное поведение. Выяснилось, что если подросткам полагалось дополнительное вознаграждение за правильное выполнение задания, они успешнее справлялись с предложенным им тестом. При этом лобная кора активизировалась сильнее по сравнению с ситуацией отсутствия вознаграждения. Третье исследование с участием 300 человек проводилось в Лейденской лаборатории. Испытуемым предлагалось задание, выполняя которое они должны были переключаться на новые правила. Обнаружилось, что при изучении новых правил вентральный стриатум подростков проявлял повышенную активность, и те, у кого он задействовался сильнее, успешнее справлялись с заданием. Эти примеры крупных исследований свидетельствуют: при повышенной активации вентрального стриатума процесс обучения становится более эффективным, особенно в среднем подростковом возрасте. Мозг подростка оптимально приспособлен для обучения и открытия нового. Следовательно, считать, что подростковый возраст связан исключительно с проблемами, — заблуждение. Наоборот, это период уникальных возможностей.

Еще один пример рискованного поведения, приносящего пользу, — это риск ради спасения других людей. Как правило, рискованное поведение ассоциируется с безрассудными поступками, такими как катание на роликах без шлема. Но молодые люди нередко рискуют во имя других: например, предлагают дружбу однокласснику, с которым никто не общается (рискуя потерять доверие других одноклассников) или не раздумывая бросаются кому-то на помощь. В прошлом году в СМИ промелькнула информация о 16-летней девочке, связавшей грабителя, который влез в ее дом и пытался бежать. Сама она рассказывала, что просто страшно разозлилась и в считанные секунды приняла решение задержать вора. Зачастую рискованным поведением подростков движет обостренное чувство справедливости.

В настоящее время в Лейденской лаборатории мы исследуем, что происходит в мозге, когда подростки идут на риск ради кого-то другого. Мы полагаем, что подобный тип поведения встречается в основном у социальных, сопереживающих и бесстрашных подростков. Возможно, в будущем подобное сочетание личностных

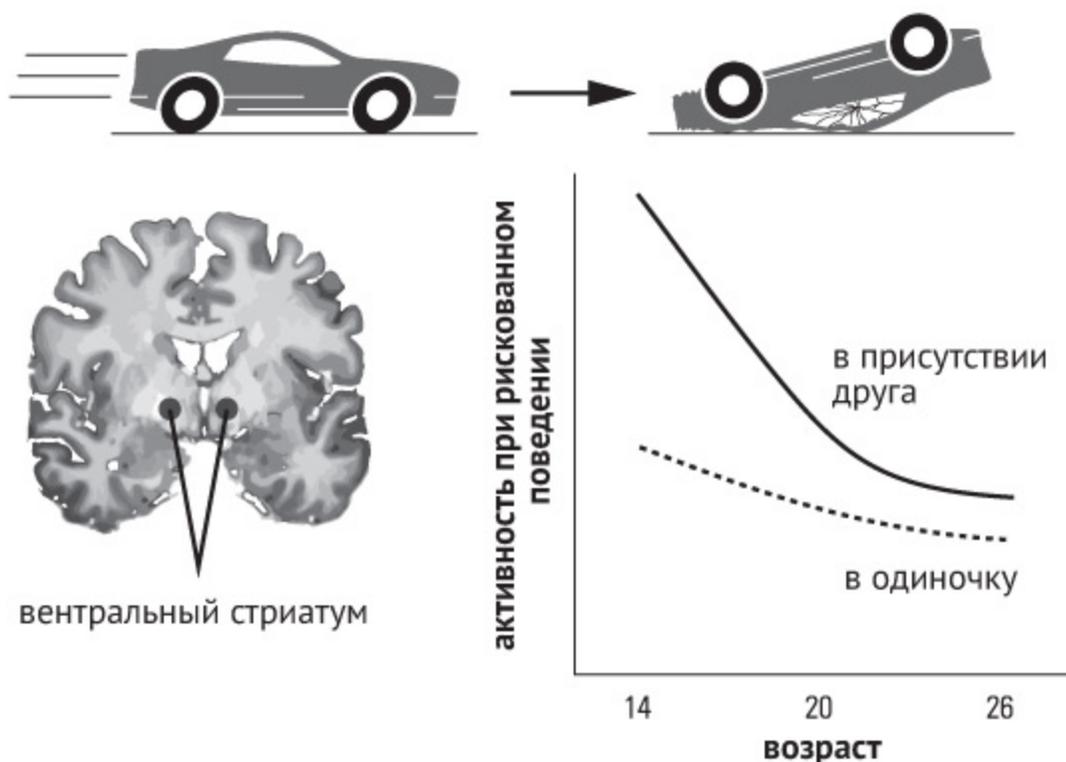
качеств позволит им стать лидерами.

Поощрять или пресекать рискованное поведение?

Мы также обнаружили, что подростки рискуют отнюдь не всегда, но лишь в определенных ситуациях. Например, в окружении друзей, в предвосхищении изрядного вознаграждения, ради острых ощущений или исходя из убеждения, что риск — это норма в кругу их общения, где все так поступают. Американские исследователи обнаружили повышенную активность вентрального стриатума у подростков, управляющих автомобилем в компьютерной игре, когда к быстрой езде их подстегивали друзья, по сравнению с ситуацией, когда они играли в одиночку. Известно, что молодые люди в США чаще попадают в дорожно-транспортные происшествия, если находятся в машине с друзьями. Вероятно, в присутствии друзей они не отдают себе отчета в грозящей опасности. С другой стороны, когда в той же самой игре за подростками наблюдали их матери, они проявляли большую осторожность при принятии рискованных решений. У них в большей степени задействовалась лобная кора и в меньшей — центры вознаграждений. Эти наблюдения имеют важные последствия для нашего отношения к рискованному поведению подростков. Очевидно, окружение может оказывать как стимулирующее (друзья), так и сдерживающее (родители) воздействие на рискованное поведение. Эти знания следует использовать в ситуациях высокого риска, в частности на дорогах. В Нидерландах молодым людям разрешено управлять автомобилем с 17 лет, если рядом сидит взрослый. Считается, что под присмотром взрослых подростки менее склонны к рискованному поведению, а значит, могут приобрести навыки безопасного вождения.

Из этой главы мы узнали, что многие из наших решений являются результатом выбора между сиюминутным вознаграждением и вознаграждением в долгосрочной перспективе. Мы также выяснили, что этот выбор связан с префронтальной корой, заставляющей нас думать о будущем, и вентральным стриатумом — центром удовольствия. Если надо сделать выбор между небольшим, но немедленным вознаграждением (например, порадовать себя мелкой покупкой) и более крупным вознаграждением в отдаленном будущем

(например, откладывать деньги на серьезное приобретение), в первом случае активируется вентральный стриатум, а во втором — префронтальная кора. Подростки чаще выбирают сиюминутное удовольствие, при этом вентральный стриатум проявляет повышенную активность. При этом они вполне способны активировать и префронтальную кору. Речь идет о связи между этими двумя сетями в мозге. Иногда преобладает одна сеть (например, в присутствии друзей), а иногда другая (под наблюдением матери). Кроме того, подростки еще не успели накопить жизненный опыт, чтобы правильно оценить, какое из выбранных решений будет наилучшим. Если необходимо быстро принять решение, взрослые руководствуются интуицией, а интуиция основана на прошлом опыте (вспомните систему соматических маркеров). Подростки же пока не могут полностью на нее полагаться.



Активность центров вознаграждения в мозге подростков, управляющих автомобилем в компьютерной игре, повышается в присутствии друзей. В этой игре быстрая езда приносила больше очков, но могла привести и к аварии. 14-летние подростки рисковали больше всех и проявляли наиболее высокую активность в вентральном стриатуме в присутствии друзей. Источник: Chein et al. (2011)

Подведем итоги: если подростки находятся в среде, не будоражащей эмоции, они способны оценить риски и обосновать возможные последствия (например, мирно беседуя с родителями на отвлеченные темы за обеденным столом). Однако стоит на горизонте возникнуть перспективе вознаграждающего чувства (в широком смысле этого слова), эмоциональные центры мозга становятся гиперактивными. Именно поэтому подростки часто стремятся к новым вызывающим ситуациям. Это стремление, вероятно, необходимо для формирования социальной зрелости. Когда подростков спрашивают об их отношении к опасным ситуациям, они, в отличие от взрослых, не сразу получают от своего организма предупреждающий сигнал. Система предупреждения созревает медленно — вплоть до позднего подросткового возраста. Умение чувствовать, что правильно, а что нет, значительно влияет на социальные отношения, но об этом мы поговорим в следующей главе.

Повреждение мозга в раннем и позднем возрасте

Подростки не боятся пробовать новое, испытывая себя в онлайн-челленджах или новых видах спорта. Из-за чересчур опасных трюков можно зачастую получить травму, а то и повреждение мозга. Как влияют эти травмы на мозг подростка и как реагируют на них эмоциональные и рациональные области мозга?

Принято считать, что в раннем возрасте повреждения мозга менее опасны, чем в более позднем, поскольку молодой мозг пластичнее. Соседние области с легкостью берут на себя функции поврежденных участков. Во многих случаях так оно и происходит, особенно при повреждении рациональных систем. Однако на эмоциональные области мозга, такие как миндалевидное тело и орбитофронтальная кора, это правило не распространяется.

Последствия повреждения миндалевидного тела в раннем возрасте обычно ощущаются сильнее, нежели у взрослых. Об этом свидетельствуют различные тесты по оценке эмоциональных ситуаций. Несмотря на то что взрослые пациенты с поврежденным миндалевидным телом с трудом распознают отрицательные эмоции на лицах, они часто способны их описать. Они не в состоянии

почувствовать эти эмоции, но все же знают, какие ощущения их сопровождают, потому что не раз испытывали их в прошлом. Пациенты, у которых миндалевидное тело повредилось в раннем детстве, сделать этого не могут.

То же самое происходит и с орбитофронтальной корой. Исследователи из Айовы описали двух пациентов, повредивших ее в раннем возрасте. Одну девушку в 15-месячном возрасте сбил автомобиль. После аварии она чудом восстановилась и, казалось, признаков каких-либо поведенческих расстройств у нее не было, разве что она никак не реагировала на наказание. Серьезные проблемы начались в период полового созревания. Она постоянно ссорилась со сверстниками и родителями, воровала, ввязывалась в драки, беспрестанно врала и убегала из дома. Ей было трудно придерживаться правил. Казалось, она абсолютно не заглядывала в будущее и планировала жизнь исключительно на короткий срок. Примечательно, что при этом она хорошо училась — очевидно, ее интеллектуальные способности не пострадали. В возрасте 20 лет ее обследовали врачи штата Айова. Сканирование мозга показало, что значительная часть орбитофронтальной коры девушки была повреждена. В ходе последующих тестов она набирала высокие баллы по всем рациональным компонентам, но, играя в азартные игры, принимала, как правило, краткосрочные решения. Ее поведение было таким же рискованным (если не рискованнее), как у пациентов, повредивших орбитофронтальную кору в зрелом возрасте.

Аналогичный сценарий наблюдался у мальчика, в орбитофронтальной коре которого в возрасте 3 лет обнаружили опухоль. Успешная операция по удалению опухоли, похоже, никак не отразилась на поведении мальчика. Все изменилось, когда он пошел в школу. Он хорошо учился, но отношения с одноклассниками не заладились. Нередко у него случались приступы ярости. Ему удалось закончить среднюю школу, но он не мог строить планы на будущее и не продолжил образование, сидя дома перед телевизором. Так же, как и первая пациентка, он непрерывно врал, ни с кем не дружил и не был способен к сопереживанию. Он страдал от ожирения и жил на деньги родителей. Обследование его мозга в 23-летнем возрасте выявило серьезное повреждение орбитофронтальной коры. Так же, как

и первая пациентка, он без труда справлялся с рациональными тестами, но в карточных играх принимал сугубо краткосрочные решения.

Следует отметить, что оба пациента воспитывались в благополучных, психически стабильных семьях, не имеющих признаков неврологических или психических расстройств. У обоих пациентов были братья и сестры, поведение которых не отклонялось нормы. По-видимому, повреждение орбитофронтальной коры в раннем детстве привело к серьезным ограничениям в эмоциональной и поведенческой регуляции. В обоих случаях другие области мозга не смогли взять на себя функции поврежденного участка. Лимбические структуры мозга, а также прилегающая к ним орбитофронтальная кора менее пластичны, чем другие участки коры. В результате их повреждение сопряжено с серьезными и длительными последствиями.

ГЛАВА 4

Социальный мозг

Секстинг и онлайн-опасности

Когда Сара послала своему другу интимные фотографии, она не думала о последствиях. Запечатлев себя в обнаженном виде, она отправила ему несколько фотографий, установив дополнительную защиту: снимки открывались лишь на две секунды. Однако у ее друга была программа, автоматически создающая скриншоты, и он, не долго думая, разместил снимки во всех групповых чатах. В результате фотографии молниеносно разлетелись по интернету, попав к многочисленным знакомым и даже незнакомым людям, которые принялись травить Сару в социальных сетях. Девушке было тогда 17 лет, но и теперь, четыре года спустя, эта история продолжает ее преследовать.

На вопрос подруг о причине ее поступка Сара не могла толком ничего ответить. Ей просто хотелось нравиться своему бойфренду, и она понятия не имела, чем может обернуться ее затея. Она обиделась на него за пересылку фотографий и корила себя за то, что их сделала.

В подобных ситуациях мы склонны выносить поспешный вердикт: «Сами виноваты!» Но справедливо ли столь категорическое осуждение? Подростки зачастую не осознают последствий своих действий или не придают им значения. Секстинг происходит гораздо чаще, чем мы думаем: молодые люди постоянно общаются друг с другом через социальные сети, такие как Snapchat или Instagram², обмениваясь при этом и личными фотографиями. Секстинг представляется им забавной, увлекательной игрой, способом экспериментировать и узнавать больше о сексе.

Секстинг — не единственный вид онлайн-поведения с далекоидущими последствиями. В последние годы мы не раз читали в СМИ о молодых людях, погибших в ходе так называемых игр с асфиксией (удушением). В таких «забавах» подростки душат себя, пережимая сонную артерию, чтобы перекрыть доступ кислорода к мозгу и вызвать кратковременный обморок и состояние эйфории.

«Весьма необычный опыт», — так характеризуют они эти игры, участвуя в них либо из интереса, либо из желания не отставать от друзей.

Молодые люди, пересылающие личные фотографии или подстрекающие других к участию в играх с удушением, не соблюдают основы морального поведения, такие как уважение к человеческой жизни. Как возможно, чтобы так много подростков устраивали опасные челленджи или несанкционированно пересылали интимные фотографии?

Маловероятно, что все они лишены моральных ценностей. К счастью, смертельный исход в онлайн-челлендже — это скорее исключение, однако очень тревожит, с каким легкомыслием подростки рассуждают об этих играх, преуменьшая связанные с ними опасности («Со мной-то ничего не случится!») и предвкушая кайф. Кроме того, в подростковом возрасте усиливается влияние социальной среды, в первую очередь сверстников. Молодым людям крайне важно принадлежать к той или иной группе и обрести признание. Саре очень хотелось нравиться, и она не предполагала, что ее друг разошлет фотографии кому ни попадя. Подростки также стремятся получать «лайки» за посты в социальных сетях. Признание для них исключительно важно.

В этой главе мы обсудим, почему под влиянием окружения подростки совершают порой безрассудные поступки и как этому способствует созревание областей мозга.

Подростки неслучайно высоко ценят мнения друзей, ведь значительную часть времени они проводят со сверстниками. Они уже не способны представить себе мир без социальных сетей и мессенджеров WhatsApp, Instagram, Snapchat и Facebook, используя их не только для просмотра фильмов или прослушивания музыки, но прежде всего для общения. Проведенные в США опросы показали, что дети 8–12 лет пользуются планшетом или телефоном около 4,5 часов в день, а в возрасте 13–17 лет — почти 7 часов! Подростки постоянно на связи друг с другом. Пусть родители и досадуют, что утратили доверие детей, но изменение социального ракурса естественно для развития подростков. Общение с ровесниками кажется им гораздо более интересным, и именно с ровесниками

подростки предпочитают делиться своими невзгодами, радостями и секретами.

Исследования социальной направленности среди подростков показали, что 10-летние дети общаются в основном со сверстниками, играя друг с другом во дворе или посещая вместе спортивный клуб. Много времени они по-прежнему проводят и с родителями. Однако в 14 лет вектор общения окончательно смещается в сторону ровесников. Меняется и способ общения. В этом возрасте подросткам важно обмениваться мнениями и дискутировать на всевозможные темы, их дружба становится более прочувствованной и интимной. Подростки также четко дифференцируют людей, с которыми хотят или не хотят общаться. Если 10-летние играют со всеми детьми без разбора, то 14-летние проводят больше времени с близкими друзьями и отнюдь не каждого посвящают в свои переживания. Можно сказать, что 14-летние становятся общительнее с друзьями, в большей степени считаясь с их мыслями и чувствами, но зато делают менее социальными или приветливыми по отношению к тем, с кем они не дружат. Подростковый возраст — один из самых важных периодов в жизни, когда человек начинает различать группы, с которыми он чувствует связь (друзья, семья — так называемая внутренняя группа, или ингруппа), и группы, с которыми он себя не идентифицирует (дети из другой школы, незнакомые — так называемая внешняя группа, или аутгруппа). Почему это происходит?

На протяжении десятилетий ученые описывали изменения в социальном поведении подростков и, в первую очередь, в том, как они решают моральные дилеммы, понимают мысли других людей и рассматривают ситуации с разных точек зрения. Изменения в этих аспектах поведения оказывают серьезное влияние на тип дружеских отношений между подростками. До недавнего времени мы мало что знали о связи этих изменений с функционированием мозга, однако за последние десять лет было сделано несколько крупных научных открытий. В настоящее время опубликованы десятки исследований, посвященных созреванию «социального мозга» человека. Эти исследования позволили нам понять, какие области мозга имеют значение для: 1) восприятия подростками чувств и намерений других людей, 2) определения важности принадлежности к той или иной

социальной группе и 3) механизма влияния на них сверстников. Это влияние почти всегда толкуется негативно (когда сверстники заставляют подростка делать что-то против его воли), однако недавно мы обнаружили, что влияние сверстников может быть и положительным (ориентированным на совместные акции для помощи другим). Подростковый возраст имеет незаслуженно скверную репутацию — на самом деле большинство молодых людей становятся социально вовлеченными членами общества. Именно в этот период крайне важно приобрести социальные навыки на будущее. В данной главе мы обсудим социальное развитие подростков, опираясь на три приведенных выше научных исследования.

Что происходит в ходе социального развития?

Многие люди склонны утверждать, что, мол, Сара сама виновата в случившемся. Но ведь она вовсе не собиралась рассылать фотографии всем подряд — она хотела лишь очаровать своего друга. Секстинг чаще встречается среди подростков, являясь для них способом экспериментировать с сексом. Обвинить Сару, отправившую личные фотографии, легко, но не совсем справедливо. Она рассчитывала на конфиденциальность информации. Логичнее было бы задаться вопросом, почему молодой человек, получивший фотографии, обманул ее доверие. Возможно, он просто погорячился, желая похвастаться фотографиями своей девушки перед друзьями. Скорее всего, он не предвидел столь широкого резонанса своего поступка. Таким образом, оба подростка сделали то, что, по представлению взрослых, делать непозволительно. Вдобавок подростки зачастую не осознают, что отправка фотографий в обнаженном виде в возрасте до 18 лет является правонарушением. Они не понимают всей серьезности ситуации.

Значительная часть исследований социального развития подростков сосредоточена на проблеме моральной ответственности — чрезвычайно сложного вопроса о том, как сбалансировать собственные интересы и интересы окружающих. Что является нравственно допустимым, а что нет — одна из самых обсуждаемых тем в современном обществе. Острые дискуссии, связанные, к примеру, с заключенными, беженцами или с самоопределением неизлечимо

больных, продолжают годами и по-прежнему весьма актуальны. Противоположные взгляды политических партий на эти вопросы показывают, что существует множество способов интерпретировать столь непростые темы.

Умение оценивать моральные ситуации имеет любопытную траекторию развития, описанную известными психологами Жаном Пиаже и Лоуренсом Кольбергом. В исследованиях, проведенных с участием детей, подростков и взрослых, они выяснили, что суждения людей о моральных дилеммах продолжают меняться до 30-летнего возраста. Здесь мы говорим о фазе развития, которая выходит за рамки подросткового периода, хотя самые серьезные изменения происходят именно у подростков.

По версии Жана Пиаже, способность оценивать гипотетические моральные ситуации проходит несколько идентифицируемых этапов развития. Невзирая на почтенный 60-летний возраст теории, ученые все еще спорят, насколько резко или, наоборот, постепенно сменяются эти этапы. Кроме того, мы до сих пор не знаем наверняка, когда дети переходят на следующий этап. Одни исследователи считают, что дети заступают на более высокий этап морального развития гораздо раньше, чем предписывает теория Пиаже, другие же с этим не соглашаются. Однако все ученые сходятся во мнении, что период между 10 и 22 годами — важнейшая фаза формирования морали.

Согласно теории Пиаже, дети 6–7 лет в значительной степени зависят от правил, установленных родителями. В этом смысле их отношения носят односторонний характер: родители определяют, что разрешено, а что запрещено, а дети безоговорочно следуют этим указаниям. Любопытно, как они строят свои моральные суждения. Рассмотрим известный пример с двумя мальчиками, разбивающими на кухне чашки. Первый из них, Брам, открывает кухонную дверь, не подозревая, что за дверью стоит стул, а на нем поднос с пятнадцатью чашками. В тот момент, когда он распаковывает дверь, поднос со стула падает и все чашки разбиваются. Вторым мальчик, Винсент, тем временем ищет печенье. Он забирается на стул, чтобы достать до полки, где за чашками, на самой глубине, спрятана пачка печенья. Пытаясь до нее дотянуться, он задевает чашку, и та падает на пол. Детей, участвующих в исследовании, спрашивают: кто из мальчиков

непослушнее — Брам или Винсент? Шестилетние дети часто называют Брама, потому что тот разбил пятнадцать чашек, а Винсент — всего одну. Другими словами, дети судят о ситуации исходя из ее результата, а не из стоящего за ней намерения.

В возрасте 8–10 лет дети уже способны учитывать намерения тех или иных действий. В этой возрастной фазе дети чаще общаются со сверстниками, и равенство в их отношениях играет важную роль. Нередко они действуют по принципу «давай и бери»: если ты делаешь что-то для меня, то я в ответ сделаю что-то для тебя. Кроме того, дети узнают, что правила могут меняться в зависимости от мнения группы. В этом возрасте они учатся размышлять о причинах и перспективах действий других людей. Это понимание помогает им лучше взаимодействовать друг с другом.

На последнем этапе, примерно в 11–12 лет, подростки уже не принимают слепо чью-то власть или авторитет. Они задумываются о моральных поступках и больше бездумно не следуют установленным родителями правилам и суждениям. В этом возрасте фиксированные правила отсутствуют, являясь результатом социального согласия и меняясь по мере изменения группового мнения. Большое значение также придается индивидуальным мотивам и намерениям.

Повторяющейся темой в описании моральных рассуждений является роль намерений: почему мы поступаем так, а не иначе? Намерения, заложенные в действиях, служат критерием их приемлемости или неприемлемости. Намерения легли в основу известных стадий морального развития Лоуренса Кольберга, продолжившего труд Пиаже. По мнению библиографов Кольберга, он разработал свою теорию, движимый безмерным отвращением к несправедливости. Кольберг считал, что не существует правильных или неправильных с моральной точки зрения ответов, однако степень нравственной зрелости определяется оценкой моральных дилемм. Одна из них, дилемма Хайнца, стала классикой.

В европейском городе от редкого заболевания умирает женщина. Врачи утверждают, что несчастную может спасти лишь новое лекарство, изготовленное неким талантливым фармацевтом. Он живет в том же городе, что и умирающая женщина. Муж женщины Хайнц, отчаянно желающий спасти жену, намерен купить это лекарство.

Однако фармацевт запрашивает непомерную сумму — 1000 евро за одну дозу. Таких денег у Хайнца нет, и он пытается занять их у друзей. Ему удается собрать 500 евро. «Моя жена умирает, могу ли я заплатить тебе половину суммы сейчас, а вторую половину с рассрочкой», — умоляет фармацевта Хайнц. Но фармацевт непреклонен: «Нет, я изготовил лекарство и хочу как следует на нем заработать». В полном отчаянии Хайнц принимает решение украсть препарат ради спасения своей жены. Имеет ли Хайнц право украсть лекарство?

Этой дилемме уже несколько десятков лет, но подобные вопросы занимают нас по-прежнему. Нередко разгораются политические баталии об удешевлении лекарств для тяжело больных пациентов. Разрешить подобные моральные дилеммы непросто, поскольку они связаны с конфликтом основных моральных ценностей. В конце концов, все знают, что воровать нельзя, а спасти человеческую жизнь необходимо. В дилемме Хайнца налицо конфликт между уважением к собственности и уважением к человеческой жизни. Предлагая моральные дилеммы детям разного возраста, Кольберг и его коллеги показали, что по мере взросления в понимании этого конфликта происходят изменения.

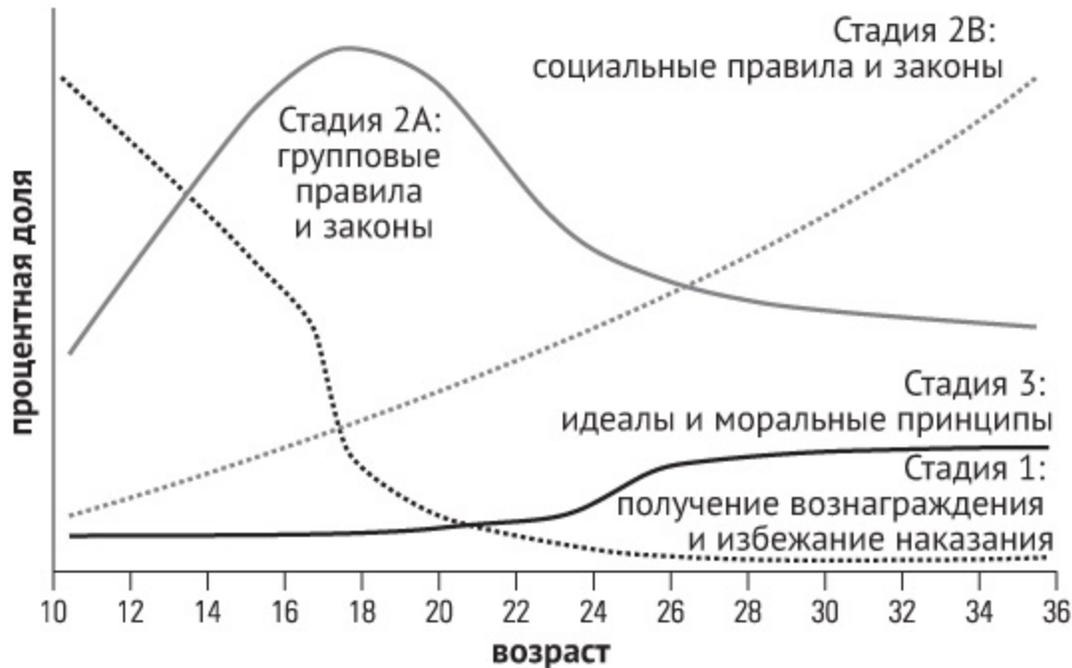
При оценке моральных дилемм 10-летние дети в основном ориентируются на то, чтобы получить вознаграждение и избежать наказания. На этом уровне они судят о нравственности действия по его прямым последствиям. Некоторые дети говорят, что Хайнц не должен воровать, поскольку будет за это наказан и попадет в тюрьму. Другие же, наоборот, утверждают, что если Хайнц украдет лекарство, то заслужит благодарность жены. В этом возрасте дети еще подчиняются авторитету и придают большое значение взаимности (око за око, зуб за зуб).

Примерно с 14 лет подростки склонны отдавать приоритет социальным отношениям, считая, что люди обязаны соблюдать правила и законы общества. На данном уровне они судят о нравственности действий, сравнивая их с мнениями и ожиданиями общества. В начале этого возрастного этапа подростки стремятся получить одобрение в социальных отношениях (относись к другим так, как ты хотел бы, чтобы относились к тебе). Такое поведение

наиболее характерно для молодежи 14–22 лет. Позднее на этом этапе серьезное значение придается личной ответственности внутри социальной системы. При оценке дилеммы Хайнца, к примеру, подростки приходят к выводу, что Хайнц не должен красть лекарство, поскольку в обществе существует определенное соглашение, и было бы странно, если за неимением денег все начали бы воровать. Любопытно, что эта форма общественного сознания постепенно усиливается от 14 лет к 36 годам.

Последний уровень нравственного развития, описанный Кольбергом, — постконвенциональный. Он связан с идеалами и моральными принципами человека. На этом этапе собственная точка зрения может иметь приоритет над точкой зрения общества в целом: люди могут не подчиняться правилам, несовместимым с их собственными принципами, которые обычно включают такие универсальные права человека, как право на жизнь, свободу и справедливость. Этот уровень морального развития достигается лишь небольшим числом людей (менее 10%), даже среди 36-летних. Подобная форма моральных рассуждений не распространена в обществе широко. Любопытно, что тестирование морального сознания предсказывает моральное поведение в повседневной жизни. Так, подростки, для которых характерно деликвентное, то есть антиобщественное, поведение, часто находятся на более низком уровне морального развития, поскольку в меньшей степени способны думать о намерениях других людей.

Известный психолог Роберт Селман разработал теорию о том, что по мере взросления подросткам лучше удается поставить себя на место другого человека, в результате чего меняются и их суждения о моральных дилеммах. Это изменение перспективы также важно для различных типов дружбы между подростками. В детстве преобладает эгоцентричный взгляд на дружбу и отношения: другие дети рассматриваются исключительно как товарищи по игре, и на их мысли и чувства не обращают никакого внимания (3–7 лет). На следующем этапе дети понимают, что у других людей могут быть мысли и желания, отличные от их собственных, но пока никак не соотносятся с ними. Сверстники по-прежнему считаются партнерами по игре и развлечениям (4–9 лет).

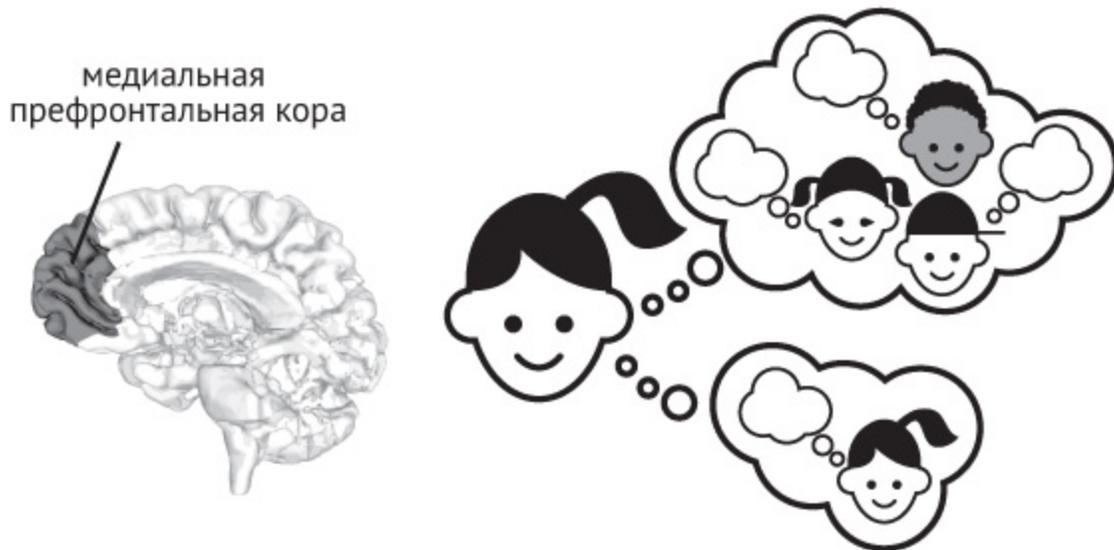


Траектория развития моральных рассуждений. Источник: Kohlberg (1979)

По мере того как дети учатся рассуждать о чужих мыслях, в природе дружеских отношений происходят большие перемены. На этом этапе дети узнают, что в социальных отношениях существует взаимность, хотя им по-прежнему сложно согласовать различные точки зрения и поставить себя на место другого. Дружба в этот период основана на принципах взаимности, но еще не рассматривается как отношения, требующие долгосрочных инвестиций (6–12 лет). Лишь на следующем этапе, в период полового созревания, подростки способны оценить мнения и желания друг друга. На этом этапе дружба и отношения становятся более близкими и строятся на доверии (9–15 лет). Последний этап основан на взаимозависимости. Подростки понимают, что зависимость в отношениях необходимо уважать, но следует сохранять при этом собственную автономию (с 12 лет). Примечательно, что эти изменения, в результате которых дружба приобретает более интимный и доверительный характер, происходят одновременно с началом полового созревания. Мы еще не знаем наверняка, обуславливает ли половая зрелость эти изменения, но нам уже многое известно о том, как меняется мозг при проявлении подростками эмпатии.

Модель психического состояния человека

Какие области мозга важны для умения ставить себя на место другого? Одна из таких областей, расположенная в префронтальной коре, уже упоминалась при обсуждении навыка самостоятельного обучения. Это медиальная лобная кора.



Медиальная префронтальная кора — область мозга, ответственная за размышления о собственных мыслях и мыслях других людей

Медиальная лобная кора находится в центре префронтальной коры, между латеральной лобной корой (рациональной областью мозга) и подкорковыми структурами (связаны с эмоциями). Так она занимает очень благоприятное положение, чтобы объединять рациональные рассуждения и эмоции. Эта область мозга привлекла широкое внимание исследователей, в частности, благодаря трудам Уты Фрит и ее мужа Криса, предположивших, что она играет важную роль в модели психического состояния человека (*Theory of Mind*), или ментализации. Обладать моделью психического состояния — означает быть способным воспринимать как свои собственные переживания, так и переживания других людей, что позволяет объяснять и прогнозировать их поведение. В одном из первых исследований мозга, изучавших эту модель, испытуемым предлагалось читать истории, которые требовали подумать о мыслях других людей.

Области мозга, активирующиеся во время телефонного разговора

(беседуя по телефону, мы также часто думаем о мыслях и намерениях собеседника), сравнивали с областями мозга, активирующимися во время планирования велосипедного маршрута в школу (процессе, не требующем размышлений о чужих чувствах и мыслях). Выяснилось, что в таких ситуациях, как беседа по телефону, медиальная лобная кора проявляет повышенную активность, играя первостепенную роль в понимании хода мыслей другого человека.

Для медиальной лобной коры характерен ряд значимых аспектов. Во-первых, так же, как и в некоторых других отделах префронтальной коры, снижение количества клеток мозга в медиальной лобной коре продолжается на протяжении всего подросткового периода вплоть до 20 лет. Следовательно, на ее созревание в этот период можно активно влиять, а значит, подростковый возраст необычайно важен для социального развития.

Медиальная лобная кора проявляет повышенную активность, когда люди размышляют о социальных ситуациях. Однако у подростков эта активность сильнее и выражена более ярко, чем у взрослых. Например, она проявляется, когда подростки думают о ситуациях, связанных с другими людьми, или пытаются угадать эмоции и намерения по лицам на фотографиях, или когда полагают, что на них кто-то смотрит. Медиальная лобная кора также активируется, когда подростки осознают, что те или иные окружающие имеют о них определенное мнение. Более ярко выраженная активность в медиальной лобной коре подростков была продемонстрирована во многих исследованиях и тестах, связанных с социальными ситуациями, в которых испытуемые так или иначе размышляли о мыслях других. По мнению нейропсихолога Сары-Джейн Блэкмор, усиленная активность медиальной лобной коры свидетельствует о том, что подростковый возраст является чувствительным (критическим) периодом в формировании способности понимания мыслей и намерений других людей. Медиальная лобная кора подростков еще вынуждена прилагать серьезные усилия для развития этого понимания, в то время как у взрослых она функционирует в большей степени автоматически. Это означает, что подростковый период идеально подходит для тренировки построения социальных отношений и для развития навыка восприятия чужого сознания. Вот

почему подростки так много времени проводят со своими друзьями, естественным образом приобретая опыт понимания их мыслей и практикуя социальные отношения. Их мозг оптимально к этому приспособлен. Отсутствие круга общения у подростков можно считать упущенной возможностью в плане обучения пониманию других и адаптации к социальным ситуациям.

Справедливый и сотрудничающий мозг

Бенджамин и Кики написали контрольную по географии. Один из ответов был зачтен у Бенджамина и не зачтен у Кики. По-видимому, произошла какая-то ошибка, поскольку у обоих ответ действительно был неверным. В поисках справедливости Кики обратилась к преподавателю. Преподаватель повторно проверил контрольную и лишил Бенджамина одного балла. Бенджамин огорчился, а Кики торжествовала.

Как мы принимаем решения в ситуациях, где собственные интересы соотносятся с интересами других? Что считаем справедливым, а что нет? Когда действуем сообща, а когда в одиночку? Бенджамин и Кики по-разному оценили возникшую ситуацию. Кики была убеждена, что имеет полное право сообщить преподавателю об ошибке в проверке контрольной одноклассника. При этом Кики вовсе не стремилась получить более высокую отметку: она лишь жаждала восстановить справедливость. А Бенджамин недоумевал, зачем она его сдала, ведь ее собственная отметка при этом не изменилась. В зависимости от того, какими соображениями мы руководствуемся при принятии тех или иных решений, мы задействуем разные области мозга.

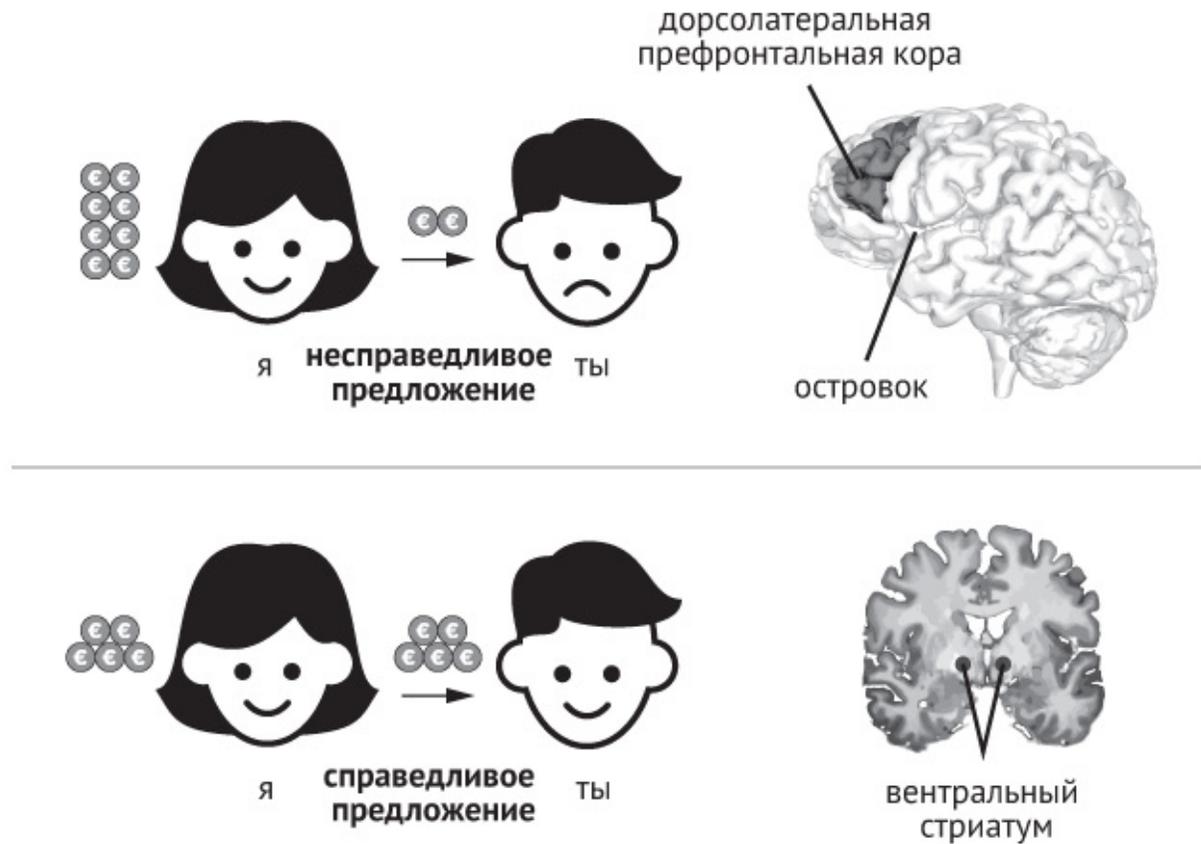
Области мозга, вовлеченные в принятие решений на основе справедливости, были исследованы с использованием игр, имитирующих жизненные ситуации, подобные ситуации с Кики и Бенджамином. Одна из таких игр называется «Ультиматум». В ее простейшей версии — два участника, одному из которых предлагается разделить 10 евро между собой и вторым игроком. Второй может принять или отклонить предложение. Если он соглашается, то деньги распределяются указанным способом. В противном случае оба игрока

остаются ни с чем. Первому следует тщательно поразмыслить, какое предложение примет или не примет его партнер. При справедливом разделении (пополам) суммы им, скорее всего, удастся договориться, и каждый выйдет из игры с 5 евро в кармане. Однако, если первый игрок решит оставить 8 евро себе, а 2 евро отдать второму, то последний, вероятнее всего, отклонит это предложение, сочтя его несправедливым.

Сканируя мозг участников этой игры, ученые хотели узнать, как он реагирует на справедливые и несправедливые предложения. Выяснилось, что у игроков, получавших несправедливое предложение, активировался особый отдел в передней части мозга — островок (или островковая доля). Островок тесно связан с областями, важными для управления нашей нервной системой, такими как сердцебиение, дыхание и потоотделение. Вдобавок он часто активируется при виде отвращения на лице или в ситуации, вызывающей отвращение. Следовательно, несправедливое предложение ведет к повышенной активности той области мозга, которая активируется в ситуациях, связанных с волнением или отвращением. Значит, несправедливые поступки, по всей вероятности, вызывают у человека те же чувства, что и более простые неприятные ситуации (скажем, невкусная еда или тошнотворный запах). Справедливое же предложение приводит к повышенной активности области удовольствия — вентрального стриатума, обсуждавшегося в [главе 3](#). Кроме того, у второго игрока, принимавшего предложение, наблюдалась активность в регулирующей/контролирующей области мозга, а именно в дорсолатеральной префронтальной коре, особенно при принятии несправедливого предложения (см. [главу 2](#)). В процесс осмысления предложения (принять или не принять), очевидно, включаются и рациональные области мозга.

При проведении поведенческих исследований в нашей лаборатории мы с интересом обнаружили, что в игре «Ультиматум» 10-летние дети ведут себя иначе, чем 15-летние или 20-летние подростки. 10-летние чаще делят сумму пополам и принимают исключительно справедливые предложения, предпочитая оставаться ни с чем, нежели соглашаться на (по их мнению) нечестный вариант. Эти наблюдения согласуются с теориями Пиаже и Кольберга, утверждавшими, что дети

склонны действовать по абсолютным и установленным для них правилам, редко отступая от таковых. Кики хотела восстановить справедливость, не задумываясь при этом о последствиях своего поступка для Бенджамина.



Области мозга, активирующиеся при получении несправедливого и справедливого предложений. Источники: Güroglu et al. (2011), Tabibnia (2008)

Примерно в половине случаев 15- и 20-летние соглашались на 6 евро для первого игрока и 4 для себя. В возрасте от 10 до 15 лет молодые люди учатся принимать тот факт, что в социальных ситуациях могут существовать разные социальные правила взаимодействия и что предложение «6 на 4» вполне допустимо, поскольку первый игрок наделен властью разделить денежную сумму (или по каким-либо иным причинам социального порядка). Будь Кики постарше, она с меньшей вероятностью пожаловалась бы учителю на то, что Бенджамин незаслуженно получил дополнительный балл. Возможно, тогда она, наоборот, за него порадовалась бы, тем более что ее собственная

отметка в любом случае не повысилась.

В ситуации несправедливого предложения в мозге участников всех возрастов активировалась островковая кора. Очевидно, отвращение к нечестности глубоко укоренено в нашем мозге и проявляется уже с ранних лет. При принятии же фактического решения на основе несправедливого предложения подростки чаще детей младшего возраста взвешивали разные варианты, в большей степени задействуя дорсолатеральную префронтальную кору (область мозга, отвечающую за обдумывание решений).

В этом смысле они отличались от подростков, не соблюдающих законы общества (например, молодых людей с судимостью). В Лейденской лаборатории мы протестировали подростков 16–22 лет из тюрьмы для несовершеннолетних. Как и у всех других участников исследования, при несправедливом предложении в их мозге наблюдалась повышенная активность островка, которая свидетельствовала об отвращении к несправедливости. Однако, в отличие своих сверстников без судимости, у них не было усиленной активности в префронтальной коре, когда они обдумывали свое решение. Это наблюдение может указывать на отсутствие автоматического навыка ставить себя на место другого и соотносить собственные интересы с чужими.

Как же эти социальные области мозга связаны с нашими социальными отношениями? Берна Гюроглу из Лейденского университета, исследуя роль упомянутых выше областей мозга в дружеских отношениях, провела эксперимент. Молодых людей, играющих в одном оркестре, попросили поучаствовать в обследовании с использованием фМРТ. Во время фМРТ каждому музыканту продемонстрировали фотографии других участников оркестра и предложили указать с помощью джойстика, к кому он/она испытывает симпатию (джойстик вперед), кого бы предпочел избегать (джойстик назад) и к кому относится нейтрально (джойстик в нейтральной позиции). Выяснилось, что при виде человека, с которым отношения были хорошими, мозг испытуемого проявлял повышенную активность в областях вознаграждения, таких как вентральный стриатум, а еще — в медиальной лобной коре. Подобная активность была выражена менее ярко или вообще отсутствовала при виде людей, к которым

испытуемый относился нейтрально или отрицательно. Затем испытуемым показывали фотографии знаменитостей, с которыми участники также связывали положительный или отрицательный образ, но с которыми у них не было никаких личных отношений. Активность медиальной лобной коры оказалась гораздо выше при виде лиц друзей, нежели знаменитостей. Результаты исследования показали, что лица друзей повышают активность в той области мозга, которая важна для подразумеваемого в дружбе понимания намерений других людей.

Нам уже известно, что дружба и отношения со сверстниками играют в подростковом возрасте незаменимую роль. Но что именно мы знаем о происхождении и характеристиках дружбы? Один из способов распознать дружбу — социометрический опрос. Такие опросы проводятся в небольших группах (например, в школьном классе) и направлены на выявление отношений (симпатий и антипатий) внутри них. Дружбу можно разделить на разные категории. Просоциальная дружба, к примеру, характеризуется совместной деятельностью, взаимопомощью и схожими интересами подростков. В антисоциальных отношениях, как правило, участвуют дети, издевающиеся над другими или поддерживающие эти издевательства. Третья группа представлена замкнутыми ребятами, которые часто водят компанию с просоциальными сверстниками, помогающими другим.

Подобные различия во взаимоотношениях между подростками играют важную роль в их оценке социальных ситуаций и степени восприимчивости к чужому мнению. В следующем разделе мы обсудим роль мозга в контексте двух аспектов дружбы, имеющих для подростков первостепенное значение: признание и социальное влияние.

Принятие и отвержение

Львиную долю времени подростки уделяют ровесникам, будь то общение онлайн или офлайн. Немалую роль в их жизни занимают социальные сети. В одном из предыдущих разделов мы говорили о том, что американские подростки по 6–9 часов в день проводят в соцсетях, просматривая сообщения других пользователей или

реагируя на их посты.

Нередко подростки сами зависимы от чужой оценки — например, в виде «лайков». Бывает и такое, что их удаляют из чатов или негативно реагируют на опубликованный ими пост. Факт признания или исключения в соцсетях глубоко их волнует. Крупномасштабные исследования в нескольких странах подтвердили, что человек, отвергнутый интернет-сообществом, чувствует себя точно так же, как изгой в реальной жизни.

Проведенные около 10 лет назад исследования показали, что исключение испытуемого из онлайн-игры с мячом приводило к активности в тех же отделах мозга, что и при ощущении физической боли (а именно в передней поясной коре и островке). Подобная активность наблюдалась у детей, подростков и взрослых (мозг взрослых не менее сильно откликается на факт отвержения). Однако в группе подростков не все испытывали одинаковые реакции. У подростков с негативным опытом, например, подвергавшимся в прошлом травле в школе, активность в болевой сети мозга была выше — по сравнению с испытуемыми, такого опыта не имевшими. В ситуациях исключения в онлайн-пространстве болевая сеть также сильнее активизируется у подростков с травмированной психикой или при отсутствии надежного контакта с родителями. У подростков, имеющих в повседневной жизни множество друзей (просоциальные дружеские отношения), болевые реакции мозга выражаются не столь резко. По-видимому, наличие друзей может смягчить неприятное чувство, связанное с отвержением.

Кроме того, при получении сигнала отвержения в ситуации оценки аватара подростков их мозг проявляет повышенную активность в медиальной префронтальной коре, области, участвующей в размышлениях о намерениях других людей. Иными словами, результаты исследований показывают, что мозг однотипно реагирует как на реальные, так и на виртуальные ситуации онлайн-общения, связанные с навыком эмпатии.

Положительная сторона онлайн-общения также вполне очевидна. Позитивная оценка аватара приводит к увеличению активности в вентральном стриатуме — области удовольствия или вознаграждения в мозге (об этом мы говорили в [главе 3](#)). Эта активность тоже не у всех

одинакова. У тех, кто чаще страдает депрессией или переживает неурядицы в отношениях с родителями или опекунами, проявляется меньшая активность в вентральном стриатуме при получении положительной оценки аватара. Виртуальная форма общения чрезвычайно важна для молодых людей. Исследователи уже используют, например, «показатель крутости» для определения позиции того или иного подростка в соцсетях. «Показатель крутости» определяется соотношением числа подписчиков к количеству собственных подписок.

Подростки любят общаться в социальных сетях, но при этом испытывают нешуточное давление, так как надо постоянно находиться на связи и реагировать на все подряд. Иной раз у них возникает ощущение, что не поставь они «лайк», их больше не будут воспринимать всерьез. В одном из исследований при виде фотографий с большим количеством «лайков» у подростков повышалась активность в зоне удовольствия мозга. Причем эта активность была сильнее в мозге более старших подростков и молодых взрослых, чем у детей.

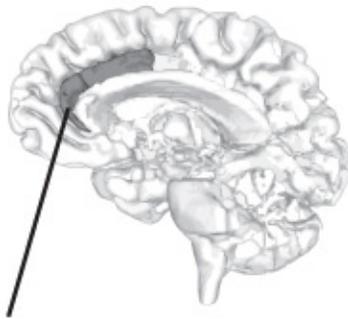
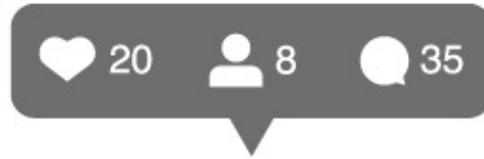
В обществе не утихают споры о том, следует ли поощрять поведение подростков в интернете (канале связи нового поколения) или же, наоборот, надо препятствовать столь тесной привязанности к гаджетам (опасность зависимости и чувствительность к постоянным оценкам). В целом исследователи приходят к выводу, что социальные сети приносят молодым людям море удовольствия. Преимущества преобладают над недостатками: подросткам нравится быть на связи друг с другом, и эта связь лишь укрепляет их дружбу. И все же не следует недооценивать опасность зависимости. Сами подростки жалуются, к примеру, на недосыпание, поскольку общение онлайн продолжается порой до поздней ночи. А приятное чувство единения бывает столь сильным, что не позволяет переключиться на другие занятия.

Влюбленность

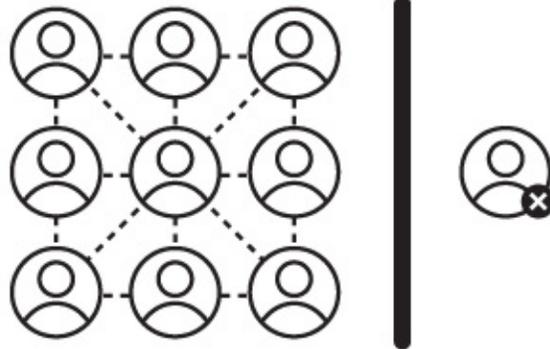
Благодаря различным исследованиям ученые выяснили, какие участки мозга активируются при виде фотографий любимых людей. В одном

из таких научных экспериментов участвовали молодые люди, переживающие сильную влюбленность. С помощью фМРТ исследователи наблюдали за активностью мозга испытуемых: участники рассматривали фотографии возлюбленных и портреты друзей, с которыми у них не было романтических отношений. То же самое исследование проводилось с участием молодых матерей, которым показывали фотографии их собственного малыша и детей их друзей. Просмотр фотографий возлюбленных и собственных младенцев вызывал активность в различных эмоциональных областях удовольствия, таких как вентральный стриатум. Одновременно снижалась активность в медиальной лобной коре, играющей роль при размышлениях о мыслях и намерениях других людей. Вероятно, это связано с тем, что в процесс влюбленности включаются лишь основные зоны любви в мозге. Возможно, именно поэтому влюбленности в подростковом возрасте сопряжены со столь интенсивными переживаниями. В период, когда медиальная лобная кора еще находится в процессе созревания, а области вознаграждения в мозге проявляют гиперчувствительность, влюбленность может оказать на человека во сто крат большее воздействие, чем на любом другом жизненном этапе. Это весьма спекулятивное предположение, которое, разумеется, еще предстоит проверить в будущих исследованиях. Однако оно, безусловно, дает пищу для размышлений.

вентральный стриатум: активируется при получении «лайков» в социальных сетях



передняя поясная кора: активируется при виртуальном исключении



Область удовольствия в мозге, вентральный стриатум, активируется, когда подростки получают «лайки» в социальных сетях или когда видят изображения, получившие «лайки». Передняя поясная кора активируется, когда подростков, особенно имеющих мало друзей, исключают из соцсетей

Социальное влияние

Подростки, как уже говорилось, много общаются друг с другом. Одновременно они подвергаются значительному влиянию социальной среды, в том числе со стороны ролевых моделей, таких как видеоблогеры или инфлюенсеры, которые делятся с широкой аудиторией своими взглядами на ту или иную продукцию, одежду или артистов. Вращаясь в социальной среде, подростки активно осваивают нормы, цели и средства поведения, вырабатывают оценочные критерии для себя и других. Однако иногда социальное влияние выходит из-под контроля. В прошлом году в Нидерландах кто-то язвительно высказался о своем учителе социальных сетей. За считанные секунды это сообщение разлетелось по интернету, в тот же вечер его прочла вся

школа. В ходе расследования, проведенного газетой Volkskrant, выяснилось, что разместивший сообщение в соцсетях не помышлял ни о какой травле. Тем более что учитель, о котором шла речь, пользовался уважением и любовью среди большинства учащихся. Однако под влиянием нескольких подростков все они не задумываясь приняли участие в распространении оскорбительного поста.

Благодаря фМРТ нам удалось выяснить, какие области мозга активируются при подобной форме влияния. Подростков попросили оценить несколько предметов (маек или произведений искусства) и музыкальных стилей, используя кнопки «нравится» или «не нравится». После этого им показали оценки тех же самых предметов и стилей, сделанные их ровесниками. Выяснилось, что если оценка ровесников отличалась от оценки участника исследования, то в его мозге активировалась тревожная сеть (передняя поясная кора, уже упоминавшаяся нами, когда мы говорили о реакции мозга в ответ на социальную боль, и островок, область мозга, активирующаяся при отвращении). Любопытно, что во время следующего раунда исследования участники меняли свои предпочтения в соответствии с нормой, установленной сверстниками. Чем сильнее активировалась тревожная сеть в их мозге, тем больше они подстраивались под других.

Совместно со специалистом в области СМИ Элли Конейн я провела подобное исследование среди девушек в возрасте 18–19 лет. Нам давно известно, что девушки, особенно в подростковом возрасте, часто испытывают неуверенность из-за того, как их тело меняется в период полового созревания. Отчасти эта неуверенность вызвана и навязанным СМИ идеалом женской красоты, который для многих девушек недостижим. Поэтому мы предложили девушкам-подросткам оценить модели, демонстрирующих купальники, используя кнопки «нормальная» или «слишком худая». Затем им показали оценки, сделанные их ровесниками. Когда ответ ровесников отличался от их собственного, в мозгу активировалась упомянутая ранее система тревоги. Наибольшую активность эта система обнаруживала у девушек, неуверенных в себе. Причем эта неуверенность не зависела от их внешнего вида или габаритов.

Может показаться, что влияние сверстников бывает исключительно

отрицательным, но это, разумеется, не так. Подростки нередко побуждают друг друга к добрым поступкам и совместно вносят позитивный вклад в развитие общества. Виодеоблогеры и онлайн-инфлюенсеры играют при этом важную роль, рассказывая о недопустимости того или иного поведения или помогая молодым людям обрести уверенность в себе, размещая их истории у себя на странице. Подобные действия во многом способствуют принятию тех, кто отклоняется от «нормы».

Благодаря фМРТ нам удалось пронаблюдать за реакцией мозга подростков на положительное влияние. Участникам исследования предлагалось решить, сколько монет оставить у себя и сколько отдать на общее дело. Несколько раундов они играли самостоятельно и несколько — при ровесниках, которые наблюдали и оценивали выбор. Когда ровесники одобряли (поднимая вверх большой палец) действия игроков, отдающих часть денег в общий котел, в последующих раундах игроки начинали жертвовать на общее дело больше денег. Подростки проявляли повышенную активность в медиальной области префронтальной коры, когда за ними наблюдали ровесники (напомню, что эта область связана с размышлениями о намерениях окружающих). У 12–13-летних подростков активность в этом участке мозга была сильнее, чем у 15–16-летних. Возможно, подростки младшего возраста более восприимчивы к чужому влиянию и скорее склонны корректировать свое поведение во благо других. Однако для подтверждения этой гипотезы необходимы дальнейшие исследования.

Все приведенные выше примеры показывают, что подростки восприимчивы к мнению окружающих. Если раньше мы считали эту восприимчивость исключительно отрицательным качеством — хотя бы потому, что подростки чаще попадают в аварии, находясь в машине с друзьями, либо по примеру ровесников пробуют опасные онлайн-челленджи, — то теперь мы знаем: подростки чувствительны и к положительному влиянию. Многие из них следуют групповым стандартам позитивного поведения, установленным, в частности, видеоблогерами или инфлюенсерами, которые делятся своим мнением с многочисленными подписчиками в соцсетях. Крупные правительственные кампании, пытаясь оказать влияние на поведение подростков, например отвлечь их от курения, перегружают целевую

аудиторию информацией о вредных последствиях. Гораздо больший эффект, вероятно, достигается, когда подростки сами влияют друг на друга, например, вместе выступают против стремления табачной промышленности сделать их зависимыми от курения. Есть немало примеров того, что подобная форма социального влияния эффективнее запрета.

Подводя итоги: эволюционный взгляд на социальное развитие

Мы выяснили, что одобрение друзей необходимо подросткам как воздух. Пиаже и Кольберг полагали даже, что мнение сверстников играет решающую роль при оценке моральных дилемм, поскольку отношения со сверстниками носят более равноправный характер, чем с родителями (у родителей больше власти). Ученые, однако, до сих пор спорят, верна ли эта гипотеза. Существуют и другие исследования, которые доказывают, что моральные ценности родителей определяют и моральные суждения подростков. Впрочем, независимо от того, кто управляет нравственным развитием подростков (родители или сверстники), нельзя отрицать, что в подростковом возрасте роль родителей меняется и пальму первенства по части влияния на жизнь подростков перехватывают ровесники. В чем причина изменения? Исследователи пока не нашли ответа на этот фундаментальный вопрос человеческого развития. Почему, собственно, происходят изменения? Для чего они нужны?

Некоторые ученые придерживаются в этом вопросе эволюционной концепции. Начало подросткового возраста совпадает с наступлением периода полового созревания, который приводит к достижению биологической зрелости и, следовательно, способности к дальнейшему размножению. Биологической вехой в период полового созревания является работа половых гормонов, способствующих изменению внешнего вида мальчиков и девочек. Еще одной биологической вехой в подростковом возрасте являются изменения в определенных областях мозга, позволяющие подросткам функционировать в социальной группе. Таким образом, подростковый период и период полового созревания тесно связаны между собой, ведь мозг — это одна

из главных сфер влияния половых гормонов.

У подростков повышен интерес к противоположному полу. В то время как организм готовится к размножению, мозг начинает формироваться таким образом, чтобы позволить подросткам проявлять поведение, которое импонирует сверстникам. Внутри группы сверстников подростки учатся подстраиваться под установленные группой нормы. В этот период подростки узнают, что принято, а что не принято в той или иной группе.

Изменение социального поведения в подростковом возрасте может быть связано с эволюционной системой, заставляющей подростков в большей степени ориентироваться на сверстников по достижении половой зрелости. Такая эволюционная гипотеза требует дополнительных доказательств. Однако отчасти она может объяснять, почему в подростковом возрасте сверстники приобретают больший авторитет по сравнению с родителями, которым отныне отводится иная роль.

ГЛАВА 5

Мозг и его возможности

Пластичный мозг, море возможностей

В предыдущих главах мы заглянули в мозг подростков. Я хотела показать вам, чем они отличаются от взрослых в том, как планируют свое время, учатся, сдерживают (или нет) свои эмоции и как ведут себя в постоянно меняющемся социальном окружении. У кого-то может сложиться впечатление, что по сравнению со взрослыми подростки менее компетентны во всех этих областях и что лучше всего просто подождать, пока подростковый мозг не повзрослеет. Это впечатление, однако, обманчиво. Дело в том, что подростковый мозг наделен массой феноменальных возможностей, которых лишены взрослые. Подростки зачастую гораздо более креативны, идеалистичны и изобретательны, чем взрослые. Вам когда-нибудь удавалось запустить сложное техническое устройство без пошаговой инструкции (впрочем, и она не всегда обеспечивает успех)? Обратитесь к подростку — и он, скорее всего, решит проблему за считанные минуты. Некоторые подростки даже способны смастерить из отдельных деталей собственный игровой компьютер. Что же все-таки происходит с их мозгом? Элементарное планирование на день вперед вызывает у них немыслимые проблемы, зато хитроумные интернет-приложения, аналитические решения и технические достижения даются им с легкостью.

В главе 1 мы выяснили, что структура мозга у подростка существенно меняется, прежде всего в соотношении объемов составляющих его серого и белого вещества. Серое вещество — это скопление клеток, отвечающих за большинство функций, в то время как белое вещество важно для установления связей между этими клетками. Мы уже обсуждали, что объем серого вещества изменяется по особенной траектории: сначала в определенной области мозга значительно увеличивается количество серого вещества и тем самым повышается ее работоспособность; затем объем серого вещества в этой же области уменьшается, что приводит к повышению эффективности работы клеток и специализации. Неиспользуемые

соединения отсекаются, освобождая место для наиболее работоспособных связей. В беспорядочном переплетении борющихся за выживание клеток остаются только лучшие. Одновременно растет и количество связей (белое вещество), постепенно превращаясь из извилистых тропинок с множеством ненужных ответвлений в быстрые и эффективные пути, которые соединяют участки мозга. В разных областях мозга эти изменения происходят неравномерно. В последнюю очередь мозг приступает к удалению ненужных клеточных соединений именно в тех областях, которые имеют принципиальное значение для творчества, изобретательности, музыкальности, спорта и социальной вовлеченности.

Если вы задаетесь вопросом, почему математические задачи в старших классах средней школы сегодня на порядок труднее, чем раньше, то я вынуждена вас разочаровать. Не математика усложнилась, а мозг подростков стал быстрее приспосабливаться к сложностям путем постоянной тренировки. В 2004 году исследователи работали с группой подростков и взрослых, изучая отделы их мозга, чувствительные к выполнению математических заданий. В течение четырех дней участникам исследования было предложено интенсивно решать уравнения. В начале и в конце этой математической тренировки испытуемые прошли томографическое исследование, чтобы определить отделы мозга, задействованные в решении уравнений. Во время первой МРТ мы обнаружили повышенную активность в лобной коре (важной для активного сохранения информации в рабочей памяти) и теменной коре (важной для обработки чисел). После четырех дней тренировки эти области мозга стали меньше использоваться для решения задач. При этом мозг подростков адаптировался гораздо быстрее, чем у взрослых. Благодаря четырехдневной практике подростки меньше нуждались в вышеназванных рациональных областях мозга, чтобы достичь того же результата. Формирующийся мозг подростка демонстрировал большую гибкость в нейронных связях, которые устанавливались в ходе решения уравнений. Пусть мозг взрослых и обладает более быстрыми и надежными связями, которые помогают лучше сохранять информацию и планировать действия. Зато мозг подростков создает возможности для обходных путей, он пластичнее и приспосабливается

к обучению успешнее.

Изменения в структуре и работе мозга обеспечивают ему уникальную гибкость. Она позволяет подросткам находить неожиданные решения проблем, мыслить нестандартно, изобретать новое, блистать талантами и добиваться успехов в спорте. Поэтому давайте сразу отбросим утверждение о том, что подростковый мозг — «трудный» или «проблемный». Лучше поговорим о некоторых уникальных дарованиях, присущих именно подросткам. Примеры, описанные ниже, взяты из реальной жизни (мы несколько изменили имена и сценарии ситуаций) и приведены исключительно в иллюстративных целях.

Предприимчивые интернет-бизнесмены

Многие родители обеспокоены поведением своих детей в интернете. И небезосновательно: проконтролировать бесчисленное множество сайтов, посещаемых подростками, невозможно. Подростки не только проводят за компьютером несравнимо больше времени, чем их родители, но и проявляют гораздо больше сноровки в поиске и использовании интернет-программ. Для них важно быть активными пользователями Сети. Виртуальное место встречи является неотъемлемой частью их социальной жизни. Кто из подростков еще не обитает в Instagram, Facebook или любой другой онлайн-среде? Их сегодняшний мир немыслим без интернета.

Некоторые используют интернет с умом. Еще в детстве бабушка научила 17-летнего Юпа вязать крючком. Ему нравилось вязать шапки, шарфы и кухонные прихватки. Друзья восхищались его мастерством. В какой-то момент он открыл в Facebook бизнес-страницу и стал получать заказы онлайн. Его деятельность привлекла внимание СМИ, и за несколько лет Юп превратился в успешного предпринимателя, получающего более 600 заказов в год и даже издавшего книгу. Начать свое дело ему помогли родители, но креативности и страсти Юпу было не занимать.

Юп не единственный молодой предприниматель: множество молодых людей продают в интернете мобильные телефоны или билеты на поп-концерты, создают сайты сравнения цен, за которые готовы

платить рекламодатели, или разрабатывают и тестируют игры для компаний. Фирмы нередко платят инфлюенсерам за то, чтобы те в своих видеоблогах протестировали их продукцию — независимо от высказываемого о ней мнения. Инфлюенсеры заранее предупреждают компании, что будут честны перед своей аудиторией. Тем самым инфлюенсеры на сегодняшний день превратились в быстрорастущий канал привлечения клиентов, поскольку многие интернет-пользователи предпочитают узнавать о новом продукте через социальные сети, а не из рекламы. Есть в Сети и чересчур увлеченные программисты, ради забавы взламывающие сайты предприятий, что, разумеется, незаконно. Однако некоторые из них теперь работают хакерами на законных основаниях, получая от компаний деньги за обнаружение ошибок в их программном обеспечении.

Многие подростки с одобрения родителей регистрируют свой сайт или продукт в торговой палате и официально занимаются бизнесом, нередко прибыльным. Учеба и предпринимательство идеально дополняют друг друга. В средней школе молодые люди могут выбрать те предметы, которые соответствуют их предпринимательской деятельности, и сосредоточиться, например, на экономическом или техническом направлении, а также черпают творческие идеи для своего бизнеса.

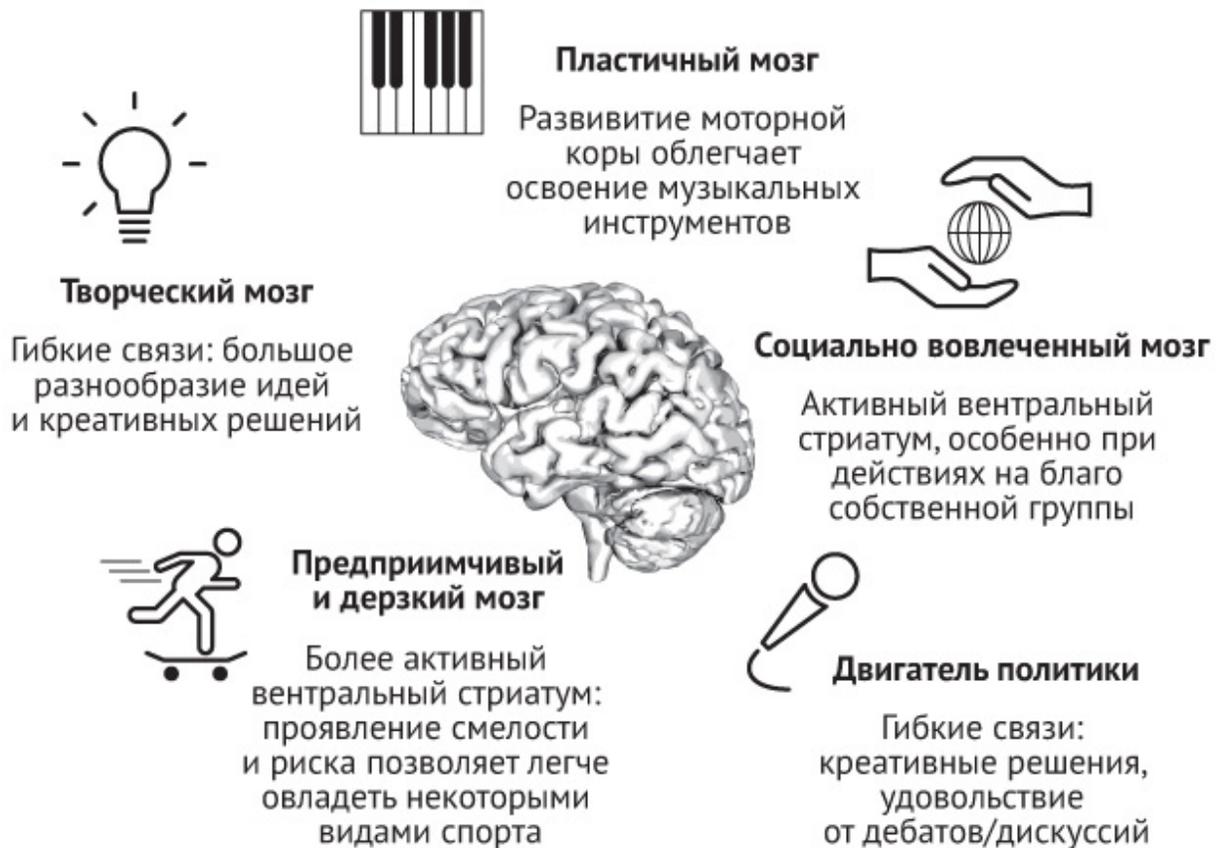
Причины успеха подростков волнуют многих взрослых предпринимателей. А залог этого успеха — вероятно, в сочетании удачной идеи, толики везения и, прежде всего, нетривиального мышления, характерного для подросткового мозга.

Самая блестящая идея требует творческой разработки, рефлексии и неординарного подхода. Откуда в нашем мозгу берется вдохновение? В последние годы мы тщательно изучали этот вопрос. Творчество подразумевает способность генерировать новые, нестандартные, но при этом обоснованные и потенциально эффективные решения. То есть речь не только о том, чтобы придумать идею, но и воплотить ее на практике. Эта способность требует сочетания свободного и одновременно структурированного мышления. Несколько десятилетий назад исследователи пришли к выводу, что «взрослая» лобная кора может препятствовать формированию творческих идей. У пациентов с повреждением лобной коры иногда развиваются необыкновенные

таланты, приводящие к созданию истинных произведений искусства. Поразительно, что в здоровом состоянии эти люди не обнаруживали подобных дарований. С учетом ограничений, сопровождающих повреждение мозга, очевидно, что раскрытые таланты безгранично радуют пациентов. Кора лобных долей важна для целенаправленного поведения, подавления нежелательных действий и нежелательных мыслей и имеет первостепенное значение для способности принимать взвешенные решения и планировать время. Мы также знаем, что в подростковом возрасте лобная кора еще продолжает усиленно формироваться, в то время как многие другие области мозга к этому времени уже полностью созрели.

В Лейденской лаборатории мы провели исследование, в ходе которого тестировались творческие способности подростков. Участникам эксперимента предлагалось создать из выложенной спичками фигуры новую, задействовав при этом все спички без исключения. Выяснилось, что по сравнению со взрослыми подростки сильнее задействовали префронтальную кору и находили более креативные решения. Следовательно, молодых предпринимателей, вероятно, чаще осеяют творческие идеи, потому что подростки способны мыслить оригинально и на практике воплощать свои идеи. В то время как взрослые склонны решать проблемы по преимуществу рационально, целенаправленно, по накатанной, юный мозг с его постоянно меняющимися нейронными связями открывает подросткам дополнительные возможности для альтернативных решений.

Должно быть, уникальные творческие способности обусловлены сочетанием еще не созревшей коры лобных долей, которая отвечает за планирование и контроль импульсивности, и оптимально функционирующими прочими областями мозга. Подростки еще не в состоянии сдерживать и структурно планировать свое поведение, что позволяет им выходить за рамки привычного мышления и образа действий.



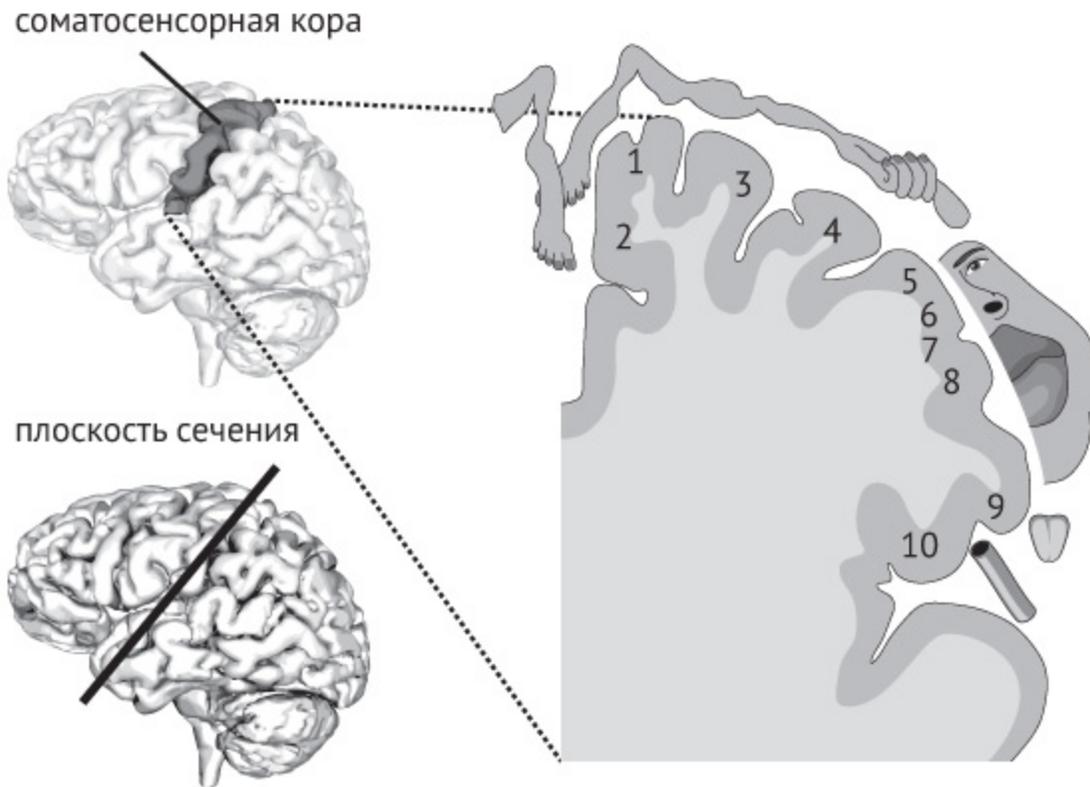
Характеристики мозга подростков

В упомянутых примерах молодые люди добивались успеха не только потому, что лобная кора еще не блокировала все их замыслы, но и благодаря условиям для беспрепятственного внедрения их идей в жизнь. Благоприятная среда и помощь родителей позволили им без всякого риска начать собственный бизнес. «Внешней» лобной корой в этом деле выступали отец или мать, оказавшие поддержку в организационных вопросах, разобраться в которых собственной лобной коре подростка еще было не под силу. Вдобавок молодым предпринимателям сопутствовала удача, необходимая для любого успешного начинания. При этом формирующийся мозг настолько нацелен на достижимые преимущества и потенциальную выгоду, что подростки не сдаются, даже если терпят фиаско.

Чемпионы в спорте

Мозг подростка идеально оснащен не только для новых открытий и

творческих поисков. Подростки добиваются серьезных успехов и в спорте. Отчасти оттого что емкость легких у подростка выше, а мышцы легко тренируются, тело как нельзя лучше приспособлено для занятий спортом. Макс Ферстаппен, Свен Крамер, Дафне Схипперс³ — все эти титулованные спортсмены начинали свою карьеру в подростковом возрасте. Однако сильное тело — это еще не всё. Юных чемпионов объединяет невероятная любовь к своему виду спорта, целеустремленность, увлеченность и мощная внутренняя мотивация. Ради спорта они готовы на многое и без труда адаптируются к высоким требованиям окружения. Разумеется, молодым спортсменам приходится сталкиваться с давлением спортивного руководства и страхом неудачи, которые тем не менее удается преодолеть благодаря страсти и ощущению того, что все возможно. Многие из них посвящают спорту всю жизнь.



1 — колени; 2 — пальцы ног; 3 — кисть; 4 — пальцы рук;
 5 — глаза; 6 — нос; 7 — щека; 8 — губы; 9 — язык; 10 — глотание.

Соматосенсорная кора головного мозга. Представительство различных частей тела в соматосенсорной коре

Во всей полноте спортивные таланты чаще всего раскрываются в подростковом возрасте. Помимо врожденного дарования настоящему спортсмену требуется железная воля и желание побеждать. Прогресс, которого подростки достигают, скажем, за три года, немислим практически ни для одного взрослого. Редкие профессиональные спортсмены приступают к тренировкам после 20 лет. Подростковый возраст уникален для физического развития. А также это период неудержимого стремления к победе.

В главе 3 мы выяснили, что мозг подростков оптимально оснащен для того, чтобы познавать новое и экспериментировать. Это возможно благодаря повышенной активности областей мозга, связанных с риском и дерзаниями. Подростков не страшат трудные и опасные прыжки или трюки. Только представьте себе, сколько смелости нужно,

чтобы научиться кататься на сноуборде или скейтборде. Если у взрослых освоение новых движений нередко вызывает испуг или сомнения, то подростков охватывает лишь азарт, и они отменяют мысли об опасностях. Подобное сочетание мотивации, физической силы и бьющей через край отваги позволяет подросткам достигать невероятных успехов на спортивном поприще.

Музыкальные таланты

У некоторых музыкальный гений обнаруживается уже в детстве. Моцарт сыграл свой первый концерт в пятилетнем возрасте, а Бетховен был всего на два года старше, когда впервые выступил перед публикой. И все же по-настоящему музыкальные способности проявляются у человека лишь в подростковом возрасте. Только когда юные музыканты сами начинают понимать, ценить свой талант и посвящают ему себя без остатка. Талант начинает приносить им радость. Хотя Моцарт уже в детстве сочинял симфонии, лучшие и наиболее известные произведения он написал в подростковом возрасте. В наши дни в Нидерландах в консерватории и школы для одаренных музыкантов принимают детей, когда они достигнут подросткового возраста. Так подростки могут совмещать обучение в средней школе с музыкальным образованием.

Развитие музыкальных способностей не ограничивается классической музыкой. Подростки любят играть и в поп-группах, где тоже раскрывают свой творческий потенциал. Мозг предоставляет им для этого необыкновенные возможности. К тому же, по сравнению с детьми младшего возраста, подростки лучше понимают ценность своих талантов. Имея более широкий круг общения, они учатся воспринимать и учитывать мнения других людей и одновременно осознают, что их талант может иметь значение для окружающих. Вдобавок они формируют собственный взгляд на мир и интегрируют его в творчество, зачастую делая при этом удивительные открытия. Недаром каждое поколение подростков создает новые музыкальные стили.

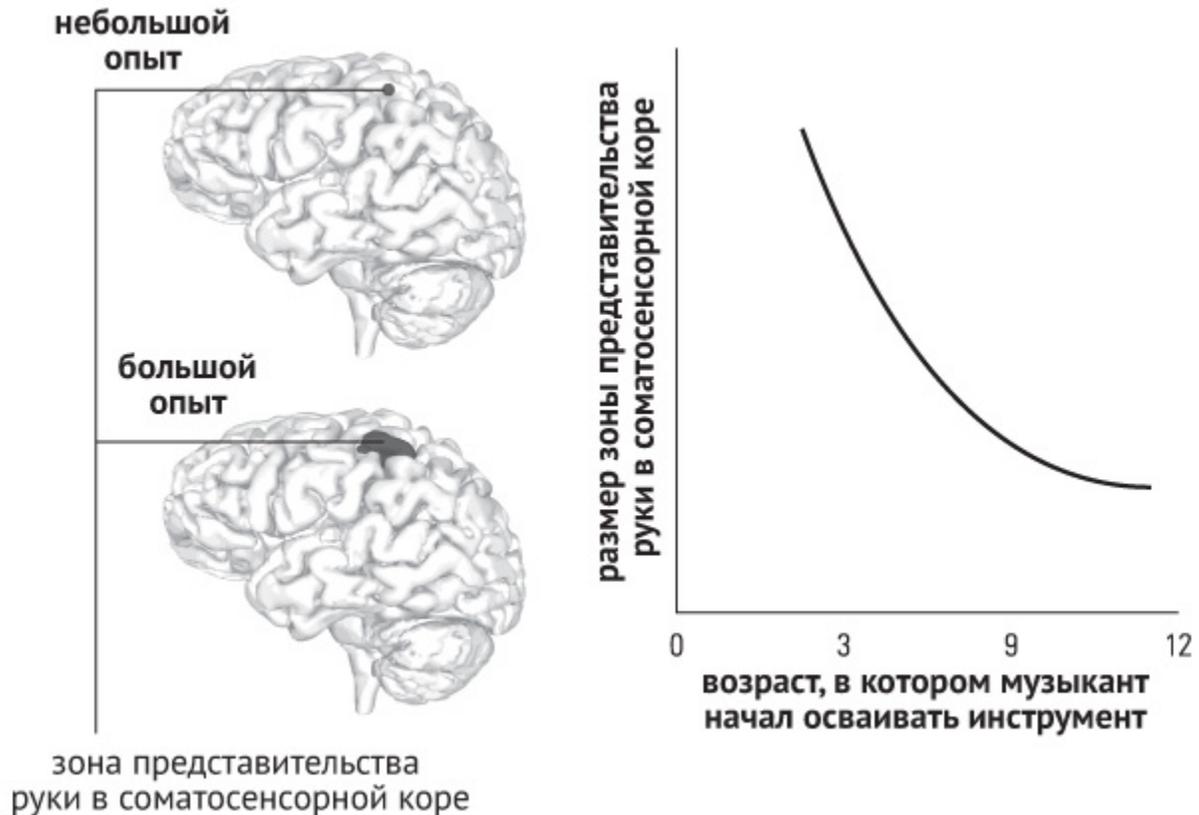
Как именно созревание мозга способствует проявлению талантов, пока не известно. Раньше считалось, что при правильном подходе

любой ребенок может стать выдающимся музыкантом. Амбициозные родители заставляли детей сидеть за инструментом часами, надеясь сделать из них знаменитостей. Сегодня исследователи отказались от такого подхода. Стимулирование таланта, безусловно, необходимо, но его наличие требует в первую очередь так называемой генетической предрасположенности. Каждый человек рождается с определенным набором генов, который наряду с последующим жизненным опытом предопределяет уникальность личности. Вероятнее всего, структурой мозга обусловлены индивидуальные различия: кому-то легко научиться играть на пианино, а кто-то и после сотен уроков не в состоянии овладеть фортепианной техникой. Однако, как возникают эти различия и как мозг адаптируется к преодолению сложностей во время его тренировки, пока неизвестно.

Мы знаем только, что некоторые области мозга чувствительны к занятиям музыкой. Например, игра на фортепиано активно развивает мелкую моторику, координацию движений рук и пальцев. Проведенные исследования показали, какие области мозга участвуют в этом процессе и в чем различия между опытными и начинающими музыкантами.

Все наши части тела представлены в моторной (двигательной) коре. Клетки головного мозга в моторной коре связаны с клетками премоторной коры. Последняя расположена в передней части мозга, между корой лобных долей и моторной корой. Так она занимает идеальное место для моторного планирования. При планировании движения клетки мозга премоторной коры посылают сигналы в клетки моторной коры. Движениями всех пальцев управляют специфические нейроны в моторной коре. Огромное количество нервных клеток позволяют мозгу отличать пальцы друг друга.

Моторная кора чувствительна к опыту и тренировке. Интересно, что у музыкантов увеличена площадь моторной коры в зоне представительства пальцев. Это неудивительно, ведь ежедневные занятия помогают дополнительно тренировать области мозга, отвечающие за моторику рук и пальцев. Кроме того, в моторной коре музыкантов, играющих на инструменте с юных лет, отделы, управляющие движениями пальцев, развиты лучше, чем у тех, кто посвятил себя музыке в более позднем возрасте.



Представительство области руки в соматосенсорной коре музыкантов с большим и небольшим музыкальным опытом (слева). Чем раньше музыкант начинает осваивать музыкальный инструмент, тем обширнее зона представительства руки в соматосенсорной коре его мозга (справа). Источник: Pantev et al. (2001)

У нейронов в моторной коре есть еще одна важная функция. Они активируются не только при выполнении определенного действия, но и при наблюдении за выполнением этого действия кем-то другим. Эти клетки называются зеркальными нейронами. Именно они позволяют нам имитировать движения других людей.

Зеркальные нейроны участвуют в изучении новых движений. Чем лучше они работают, тем легче освоить новое движение. Подросткам без труда даются, к примеру, танцевальные па, увиденные ими в интернете. Мозг подростков отлично приспособлен для беспрепятственного овладения движениями.

Созревающая моторная кора в юном возрасте необыкновенно пластична — прежде всего, области, которые отвечают за управление движениями, связанными с игрой на музыкальных инструментах. Кроме того, подростки начинают соотносить собственный талант с

социальным окружением и формируют благодарную целевую группу фестивалей, конкурсов и проектов в области искусства и культуры. И не зря, ведь подростковый возраст — это уникальный период для стимулирования музыкального и художественного таланта.

Просоциальная молодежь

Во время протестов против закона об оружии американской молодежью двигало желание сделать этот мир лучше. В своих действиях подростки зачастую руководствуются идеалами, надеясь изменить социальную среду. Они живут в мире, созданном предыдущими поколениями, и хотят оставить в нем собственный след. Отчасти именно поэтому я думаю, что подростковый возраст является столь важной вехой становления личности. В главе 4 мы выяснили, что социальный мозг подростков только формируется, и этот факт важен как для способности подростков понимать окружающих, так и для стремления что-то для них значить.

В последние годы мы исследовали, что ощущают молодые люди, когда приносят добро другим. Из более ранних исследований мозга нам известно, что подростки проявляют повышенную активность в области удовольствия (вентральном стриатуме), выигрывая деньги для себя. Мы же захотели узнать, как реагирует вентральный стриатум на денежный выигрыш для мамы, лучшего друга и незнакомого человека. Выяснилось, что выигрыш для мамы и друзей сильно активировал вентральный стриатум подростков, а выигрыш для чужих людей — нет. Любопытно, что при выигрыше для мамы активность в этой области мозга была столь же высокой, как и при выигрыше для себя. Матери склонны думать, что больше не играют важной роли в жизни подростков, но мозг их детей доказывает обратное. Подросток по-прежнему чувствует сильную привязанность к матери, пусть и не всегда очевидную в его поведении. Что касается друзей, то, чем глубже и интимнее была дружба, тем активнее вел себя вентральный стриатум. Таким образом, подростки испытывают приятные ощущения, когда доставляют удовольствие другим, но особенно — тем, с кем их связывают близкие отношения (семья и друзья).

В подростковом возрасте по отношению к близким молодые люди

становятся более социальными. В игре с распределением монет, к примеру, подростки по мере взросления чаще склонны делиться деньгами с друзьями. При этом они меньше расположены к людям, которых не знают, или к сверстникам, вызывающих у них антипатию. Если дети младшего возраста делятся со всеми примерно поровну, то подростки более избирательно подходят к этому вопросу. По сравнению с детьми, они предпочитают больше отдавать друзьям и меньше незнакомцам. По-видимому, подростковый период определяет превращение во взрослого, сосредоточенного преимущественно на своей группе (ингруппе), или взрослого, в равной мере готового помогать незнакомым людям (аутгруппе). Ко второй категории относится множество взрослых, о чем свидетельствует помощь, оказываемая, к примеру, беженцам. Это свойство характера формируется в возрасте от 8 до 22 лет. В данный период молодые люди познают свою ценность в обществе и развивают социальную активность. Если они чувствуют связь с людьми за пределами их непосредственного окружения, они также готовы им помогать.

Подростковый возраст — пожалуй, наиболее важный этап в развитии социальной ответственности. При этом молодые люди должны обладать автономией: принуждение к выполнению общественной работы нередко дает противоположный эффект. Правительственные программы, обязывающие молодых людей проходить практику с пользой для общества, иной раз отрицательно сказываются на ценностях самого общества. Несколько исследователей из Утрехта изучили эффективность различных видов социальных стажировок. Выяснилось, что молодым людям важно иметь возможность делать собственный выбор и рефлексировать о полезности своей деятельности. Наличие этой возможности позволяет подросткам органично формировать социальную ответственность. Поэтому нельзя навязать подросткам ту или иную программу. С другой стороны, в подростковом возрасте еще можно повлиять на поведение человека. А если молодые люди оказываются в негативной спирали, сделать это гораздо сложнее. Положительное воздействие социальной среды способно подтолкнуть подростка к перемене взглядов на жизнь. Известны случаи, когда блогеры-подростки, изначально практикующие исключительно буллинг, оказавшись в новой среде,

меняли характер своих видеоблогов на просоциальный. Такие переродившиеся блогеры, в свою очередь, способны повлиять на других подростков, чтобы те выбрали более благотворный путь развития в обществе.

Движущая сила политики

Наконец, подростки умеют вести дебаты и дискутировать. С их творческим мышлением и повышенным интересом к социальному окружению они как никто способны внести вклад в поиск решений различных политических и социальных проблем. В сфере их непосредственных интересов — вопросы, связанные с реформой школьной системы или программами для молодежи. Обсуждать изменения в этих областях важно не только с учителями, но и с самими подростками. В последние годы система образования существенно трансформировалась. В результате подростки столкнулись с завышенными ожиданиями в отношении их (еще не полностью сформированной) самостоятельности. Не слишком ли рано мы требуем от подростков, чтобы они автономно планировали свое обучение и выбирали специализацию? У молодых людей со средним или низким интеллектом подобные требования вызывают изрядные трудности. Реформы образовательной системы должны, с одной стороны, основываться на результатах научных исследований, которые показывают, как та или иная форма обучения отвечает потребностям подростков. С другой стороны, надо вступать в диалог и с самими школьниками — они способны внести весомый вклад в организацию учебного процесса.

А что думают подростки о насущных проблемах общества? Пусть они и не часто делятся своим мнением со взрослыми, зато активно обсуждают злободневные события между собой. В прошлом году на выпускном вечере в средней школе я побеседовала с выпускниками. На мой вопрос, чего им больше всего будет не хватать после школы, они в один голос ответили: дискуссий. Собираясь вместе на переменах или после уроков, они отчаянно спорили о пользе запрета курения в общественных местах, пытались решить проблему голода в Африке или найти выход из ситуации на Ближнем Востоке. Насколько

реалистичны эти решения, мы, разумеется, не знаем, но, как показывают уже упомянутые исследования, считать их по-детски наивными и сбрасывать со счетов ни в коем случае не следует. Мозг подростка обожает исследовать новое, способен генерировать творческие и неординарные идеи, чего не скажешь о мозге взрослого, для которого зачастую характерно нежелательное тоннельное мышление. Поэтому, исходя из результатов научных исследований мозга, диалог с молодежью по актуальным политическим вопросам может оказаться весьма полезным.

Подводя итоги

Приведенные примеры демонстрируют удивительное разнообразие возможностей мозга подростков. В последние годы подросткам и их созревающему мозгу уделяется большое внимание и, увы, отнюдь не всегда позитивное. В этой книге я хотела показать, что многие трудности становления подростков, связанные, к примеру, с планированием, поиском острых ощущений, приверженностью мнению друзей, обусловлены происходящими в их мозге изменениями. Изменениями сложными и порой сбивающими с толку, но при этом совершенно естественными. В этой главе я попыталась рассказать, что подростковый возраст — это период не только проблем. К счастью, в «трудном» мозге подростка — масса преимуществ, важных для становления его уникальной личности.

ГЛАВА 6

Рекомендации для родителей, педагогов и политиков

В этой книге я описала подростковый возраст как важнейший жизненный этап, на котором ребенок отделяется от родителей или опекунов и начинает формировать собственное «я». Методом проб и ошибок подростки познают себя и свое отношение к окружающему миру. В этот период они учатся различать, кому доверять, а кому нет, определяют межличностные предпочтения и симпатии и строят дружеские отношения. Пройдет всего несколько лет, и мы отпустим их в мир взрослых, где им придется стоять на собственных ногах.

Что мы должны знать о половой зрелости и подростковом периоде?

Хотя подростковый период принято считать ключевым этапом взросления, заблуждения на его счет все-таки сохраняются. Мы склонны думать, что подростковый возраст связан исключительно с проблемами или бунтарством, в то время как лишь незначительная доля молодых людей на этом этапе действительно попадает в неприятности. Большинство из них развивает социальные навыки, стабильную самооценку и обретает уверенность в себе. Пусть и не сразу — на это у них уходит весь подростковый период. Многие ошибочно полагают, что роль окружения — родителей или опекунов — в подростковом периоде сводится на нет. Однако исследования доказывают обратное. Подростки по-прежнему считаются с мнением родителей, пусть и не выражают этого открыто. Однако помимо родителей в жизни подростков все более весомую роль начинают играть друзья, влияющие на их поведение и мышление. Нам следует помнить по крайней мере о двух аспектах подросткового возраста.

Период полового созревания — это пусковой механизм взросления, однако случается, что мы торопим события. Девочки, вступающие

в половую зрелость, часто испытывают депрессивные чувства, продиктованные не только изменениями в гормональном балансе, но и несоответствием между их развитием и ожиданиями общества. Мы склонны относиться к девочкам, выглядящим старше своих лет, как к взрослым, хотя в социальном и эмоциональном плане они к этому еще не готовы. С такими девочками следует обращаться, как и с их сверстницами, помня о том, с какими проблемами они могут столкнуться. Да и от мальчиков, рано вступивших в пубертатный период, часто ожидают более зрелого поведения, чем от их ровесников, хотя сами они далеко не всегда готовы оправдывать эти ожидания.

Мы должны понимать, что возрастная граница в 18 лет — это произвольно выбранный момент для определения совершеннолетия. Разумеется, нет смысла совсем лишать молодежь ответственности. Если учиться водить машину в более раннем возрасте вместе с наставником, это, в частности, приводит к сокращению числа дорожно-транспортных происшествий в зрелом возрасте. С другой стороны, мозг продолжает формироваться, по крайней мере, до 22 лет, и не все становятся взрослыми в одно и то же время. Поэтому не стоит тешиться иллюзией, что к совершеннолетию все молодые люди готовы стать взрослыми. Подростку, выросшему в приемной семье, помощь и поддержка понадобятся и после 18 лет.

Образовательные возможности

В нидерландской системе образования подростков распределяют по средним школам разного уровня, что задает вектор дальнейшего обучения. Однако именно в подростковом возрасте мозг претерпевает важнейшие и уникальные изменения, и потому окружение подростков в этот период важно как никогда. Между 10 и 22 годами в мозге человека происходит всплеск роста, после чего темп роста замедляется. В этот период мозг оптимально приспособлен для обучения, чем и должны в полной мере пользоваться родители, учителя, друзья, чтобы прививать подросткам максимум знаний, навыков, стимулировать и направлять их развитие.

Подросткам предлагается раскрывать таланты через систему

образования, сосредоточенную (хочется надеяться) на индивидуальных способностях каждого из них. Тем не менее многие возможности обучения по-прежнему не используются. Результаты научных исследований мозга в сочетании с данными из других областей науки и экспертной практики могли бы направить и вдохновить на освоение этих возможностей.

По сравнению со взрослыми подросткам требуется больше сна, однако из-за напряженного графика они часто недосыпают. Американская академия педиатрии не рекомендует начинать занятия в школах раньше 8:30. Подростки, испытывающие недостаток сна, хуже учатся в школе, с большим трудом контролируют свои эмоции и чаще попадают в дорожно-транспортные происшествия.

Области мозга, отвечающие за выполнение правил, продолжают формироваться на протяжении всего подросткового периода. Следовательно, не стоит рассчитывать на то, что подростки будут планировать свое время и действия на уровне взрослых. Многих подростков по-прежнему необходимо направлять в нужное русло и предоставлять им четкие инструкции.

Далеко не все издаваемые в настоящее время программы тренировки мозга основаны на научных исследованиях. Перед использованием подобных программ настоятельно рекомендуется получить информацию об их разработчиках и ожидаемых результатах.

Отделы мозга, участвующие в самостоятельном обучении, функционируют совместно с эмоциональными областями. Поэтому нужны способы поддержать мотивацию подростков. Отнюдь не всем подросткам легко дается автономная деятельность, многим требуется помощь, чтобы составить расписание и выполнять школьные задания.

Успеваемость подростков, как правило, улучшается благодаря положительной обратной связи, поскольку на нее сильнее реагируют контролирующие области мозга (лишь в зрелости эффективность обучения повышается благодаря отрицательной обратной связи). Поэтому в общении с подростками следует акцентировать внимание на их достижениях, а не на неудачах.

Утверждение о том, что левое полушарие управляет интеллектуальной деятельностью, а правое — эмоциями, чувствами и креативностью, не обосновано научно.

Весьма перспективным представляется изучение мозга в школе. Это способствует устранению стереотипного представления о трудном поведении подростков, а также помогает подросткам лучше узнать себя. Кроме того, участие молодежи в научных исследованиях вносит важный вклад в повышение качества образования, чтобы оно помимо прочего соответствовало потребностям и возможностям школьников.

Как обеспечить оптимальное и безопасное развитие подростков?

Взрослые справедливо обеспокоены безопасностью подростков, которые чувствуют потребность рисковать. Однако рискованное поведение невозможно предотвратить или обойти, поскольку это один из естественных путей выхода подростков из привычного окружения. К тому же рискованное поведение не всегда влечет за собой нежелательные последствия. Рискующие просоциальные и эмпатичные подростки без колебаний приходят на помощь тем, кто попал в беду. Многие герои современного общества — это люди, идущие на большой риск. Риск, без сомнения, нередко оборачивается неподобающими действиями, такими как хулиганство, хакерство или опасное поведение на дорогах. Зачастую подростки рискуют из чистого любопытства, без тщательно продуманного плана. Есть способы перенаправить подобное поведение в иное русло.

Мозг подростков любит вознаграждение. Нередко вознаграждение хорошего поведения способно предотвратить отчаянные действия. В этом году муниципалитет нидерландской деревни Вейк бей Дюрстейде премировал молодежь за спокойно проведенную новогоднюю ночь. С подростками заключили соглашение после того, как в прошлом году деревне был нанесен крупный ущерб в результате акций вандализма. Вместо того чтобы наказать подростков, местные власти предложили им в случае отсутствия инцидентов потратить сэкономленные за год деньги на различные молодежные программы. Новогодняя ночь прошла мирно, и молодые люди получили право голоса в распределении 8440 евро. Такая форма вознаграждения может оказаться эффективнее наказания. К тому же она способствует формированию у подростков социальной ответственности.

Подросткам свойственно рискованное поведение, однако присутствие родителей помогает уменьшить скрытые в нем опасные последствия. Поэтому в потенциально опасных ситуациях, таких как вождение автомобиля или запуск фейерверков, взрослым рекомендуется находиться рядом.

Как подростки положительно влияют друг на друга?

«Тебе вовсе необязательно слепо следовать примеру друзей!» Кому не известны различные формы группового давления, под которым подростки совершают опасные или незаконные поступки только ради того, чтобы не прослыть белой вороной! Исследования мозга также подтверждают, что подростки весьма подвержены влиянию друзей, скажем, в выборе музыки или одежды. Нынешнее поколение испытывает это влияние в первую очередь в использовании социальных сетей.

Соцсети в целом играют положительную роль в жизни подростков — молодым людям приятно общаться друг с другом онлайн. Тем не менее важно установить ограничения на их использование, чтобы подростки могли высипаться и не подвергались бесконечной оценке со стороны других пользователей.

Подростки, исключенные из социальных сетей и страдающие от нехватки друзей в реальной жизни, чувствуют себя отверженными и крайне болезненно воспринимают изгнание. Поэтому для общества важны научно обоснованные программы по борьбе с буллингом и социальным исключением.

За последние пять лет мы обнаружили, что как при отрицательном групповом давлении (вандализм), так и при положительном (жертвование денег в пользу нуждающихся) у молодых людей активируются одни и те же участки мозга. Это позволяет оптимально влиять на действия подростков. Правительство уже давно пытается проводить кампании по пресечению нежелательного поведения среди молодежи (например, курения или употребления алкоголя), однако делать упор только на вредных последствиях недостаточно. Подростки и так отлично знают обо всех опасностях, но не считаются с ними и продолжают играть с огнем, подчиняясь давлению группы.

Подростки часто экспериментируют с психостимуляторами, но по другим причинам, нежели взрослые. Они начинают курить или употреблять алкоголь из интереса, однако в зрелости подобные эксперименты могут обернуться плачевно. Подростки проявляют повышенную чувствительность к социальному влиянию, что подтверждают и исследования мозга. Включение инфлюенсеров или подростков, имеющих негативный опыт употребления алкоголя и наркотиков, в проекты по работе с молодежью часто приводит к лучшим результатам, чем сугубо ограничительные меры. Поэтому настоятельно рекомендуется вовлекать молодых людей в правительственные программы, поощряющие (спорт, активный образ жизни) или сдерживающие (например, курение) то или иное поведение.

Подростки, как правило, первыми используют новейшие технологические разработки. С одной стороны, они подвергаются всевозможным опасностям, которые мы не всегда в состоянии предусмотреть (начиная от негативного влияния и кончая радикализацией), но с другой — получают первенство в образовании, социальной связанности и доступе к инновациям.

В своей книге я хотела показать, что подростковый возраст — важнейший период для инвестиций в личностное развитие. Последние результаты научных исследований свидетельствуют, что подростковый возраст — это эпоха уникальных возможностей. Активно формирующийся подростковый мозг во многом определяет будущие достижения человека в собственном образовании, здоровье, социальных связях и экономическом благополучии. Сегодня мы живем в мире, который становится все более взаимосвязанным (в том числе благодаря интернету), но одновременно бросает нам серьезные вызовы. Они касаются нашего отношения друг к другу, окружающей среды, обязательств оставить следующему поколению более экологически чистую и зеленую планету. Хочется надеяться, что мы способны достойно ответить на эти вызовы, максимально инвестируя в молодежь.

Подробную информацию о деятельности научно-исследовательского центра «Мозг и развитие» можно найти на сайте www.juniorhersenen.nl. Учителя и другие специалисты в области

образования могут ознакомиться с результатами научных исследований и учебными материалами на странице www.breinkennisleiden.nl.

БЛАГОДАРНОСТИ

В проведении исследований, описанных в этой книге, участвовали многие. Прежде всего, я хотела бы поблагодарить всех работников научно-исследовательского центра «Мозг и развитие» Лейденского университета за их энтузиазм и вдохновенное сотрудничество. Огромная признательность и коллегам с кафедры психологии развития и образования Лейденского университета, в особенности Михилю Вестенбергу и Берне Гюроглу, оказавшим неоценимое влияние на мою работу. Спасибо всем, кто читал разные версии данной книги и внес свой уникальный вклад в ее издание — таких людей слишком много, чтобы упомянуть здесь каждого в отдельности.

Марике ван Остром сделала очень много, чтобы вышло и первое издание книги в 2008 году, и новое — десять лет спустя. Я признательна ей за конструктивные предложения и сотрудничество. Отдельная благодарность Роберту ван Слэйсу за прекрасные иллюстрации.

Мне также хотелось бы поблагодарить Менно де Хаса, который прочел черновую версию и сделал ценные замечания. Саша и Дуко, спасибо вам за приятную и веселую атмосферу, работать с вами — одно удовольствие.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Книги и статьи

- Achterberg M., Peper J.S., van Duijvenvoorde A.C., Mandl R.C. and Crone E.A. Fronto-striatal white matter integrity predicts development in delay of gratification: a longitudinal study. *Journal of Neuroscience* 2016; 36 (6), 1954–1962.
- Adleman N.E., Menon V., Blasey C.M., White C.D., Warsofsky I.S., Glover G.H. and Reiss A.L. A developmental fMRI study of the Stroop color-word task. *Neuroimage* 2002; 16 (1): 61–75.
- Adolphs R., Tranel D., Damasio H. and Damasio A. Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. *Nature* 1994; 372 (6507): 669–672.
- Amodio D.M., Frith C.D. Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nat. Rev. Neurosci.* 2006; 7 (4): 268–277.
- Arnet J.J. Adolescent Storm and Stress, Reconsidered. *American Psychologist* 1999; 54: 317–326.
- Aron A.R., Robbins T.W., Poldrack R.A. Inhibition and the right inferior frontal cortex: one decade on. *Trends Cogn. Sci.* 2014; 18 (4): 177185.
- Banich M.T., De La Vega A., Andrews-Hanna J.R., Mackiewicz Seghete K., Du Y. and Claus E.D. Developmental trends and individual differences in brain systems involved in intertemporal choice during adolescence. *Psychol. Addict. Behav.* 2013; 27 (2): 416–430.
- Barcelo F., Knight R.T. Both random and perseverative errors underlie wcst deficits in prefrontal patients. *Neuropsychologia* 2002; 40 (3): 349–356.
- Bartels A., Zeki S. The neural correlates of maternal and romantic love. *Neuroimage* 2004; 21: 1155–1166.
- Bechara A., Damasio H., Tranel D. and Damasio A.R. Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science* 1997; 275 (5304): 1293–1295.
- Bechara A., Damasio H., Tranel D. and Anderson S.W. Dissociation of working memory from decision making within the human prefrontal cortex. *J. Neurosci.* 1998; 18 (1): 428–437.
- Bechara A., Tranel D. and Damasio H. Characterization of the decision-

- making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. *Brain* 2000; 123 (pt. 11): 2189–2202.
- Bechara A., Damasio H., Tranel D. and Damasio A.R. The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers. *Trends Cogn. Sci.* 2005; 9 (4): 159–162; discussion 162–154.
- Becht A.I., Bos M.G.N., Nelemans S.A., Peters S., Vollebergh W.A.M., Brantje S.J.T., Meeus W.H.J., Crone E.A. Goal-directed correlates and neurobiological underpinnings of adolescent identity: A multi-method multi-sample longitudinal approach. *Child. Development* 2018; 89 (3): 823-836.
- Bjork J.M., Smith A.R., Chen G. and Hommer D.W. Adolescents, adults and rewards: comparing motivational neurocircuitry recruitment using fmri. *PLoS One* 2010; 5 (7): e11440.
- Blakemore S.J., den Ouden H., Choudhury S. and Frith C. Adolescent development of the neural circuitry for thinking about intentions. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2007; 2 (2): 130–139.
- Blakemore S.J. The social brain in adolescence. *Nat. Rev. Neurosci.* 2008; 9 (4): 267–277.
- Blakemore S.J. and Robbins T.W. Decision-making in the adolescent brain. *Nat. Neurosci.* 2012; 15 (9): 1184–1191.
- Blote, A.W., M.J. Kint, Miers A.C. and Westenberg P.M. The relation between public speaking anxiety and social anxiety: a review. *J. Anxiety Disord.* 2009; 23 (3): 305–313.
- Bolling D.Z., Pitskel N.B., Deen B., Crowley M.J., Mayes L.C. and Pelphrey K.A. Development of neural systems for processing social exclusion from childhood to adolescence. *Dev. Sci.* 2011; 14 (6): 1431–1444.
- Booth J.R., Burman D.D., Meyer J.R., Lei Z., Trommer B.L., Davenport N.D., Li W., Parrish T.B., Gitelman D.R. and Mesulam M.M. Neural development of selective attention and response inhibition. *Neuroimage* 2003; 20 (2): 737–751.
- Bos P.A., Hermans E.J., Ramsey N.F. and van Honk J. The neural mechanisms by which testosterone acts on interpersonal trust. *Neuroimage* 2012; 61 (3): 730–737.
- Braams B.R., Güroglu B., de Water E., Meuwese R., Koolschijn P.C., Peper J.S. and Crone E.A. Reward-related neural responses are dependent on

- the beneficiary. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2014; 9 (7): 1030–1037.
- Braams B.R., Peters S., Peper J.S., Güroglu B. and Crone E.A. Gambling for self, friends, and antagonists: differential contributions of affective and social brain regions on adolescent reward processing. *Neuroimage* 2014; 100: 281–289.
- Braams B.R., van Duijvenvoorde A.C., Peper J.S. and Crone E.A. Longitudinal changes in adolescent risk-taking: a comprehensive study of neural responses to rewards, pubertal development, and risk-taking behavior. *J. Neurosci.* 2015; 35 (18): 7226–7238.
- Brahmbhatt S.B., McAuley T. and Barch D.M. Functional developmental similarities and differences in the neural correlates of verbal and nonverbal working memory tasks. *Neuropsychologia* 2008; 46 (4): 1020–1031.
- Brooks-Gunn J. and Warren M.P. Biological and social contributions to negative affect in young adolescent girls. *Child. Dev.* 1989; 60 (1): 4055.
- Bukowski W.M., Hoza B. and Boivin M. Close friendships in adolescence. B. Laursen, Jossey-Bass Publishers, 1993: 23–37.
- Bukowski W.M. and Adams R. Peer relationships and psychopathology: markers, moderators, mediators, mechanisms, and meanings. *J. Clin. Child. Adolesc. Psychol.* 2005; 34 (1): 3–10.
- Bukowski W.M. and Sippola L.K. Friendship and development: putting the most human relationship in its place. *New Dir. Child. Adolesc. Dev.* 2005; 109: 91–98.
- Bunge S.A., Dudukovic N.M., Thomason M.E., Vaidya C.J. and Gabrieli J.D. Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: evidence from fmri. *Neuron.* 2002; 33 (2): 301–311.
- Burnett S., Bird G., Moll J., Frith C. and Blakemore S.J. Development during adolescence of the neural processing of social emotion. *J. Cogn. Neurosci.* 2009; 21 (9): 1736–1750.
- Burnett S., Bault N., Coricelli G. and Blakemore S.J. Adolescents' heightened risk-seeking in a probabilistic gambling task. *Cogn. Dev.* 2010; 25 (2): 183–196.
- Burnett S., Sebastian C., Cohen Kadosh K. and Blakemore S.J. The social brain in adolescence: evidence from functional magnetic resonance imaging and behavioural studies. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2011; 35

- (8): 1654–1664.
- Byrnes J.P. and Vu L.T. Educational neuroscience: definitional, methodological, and interpretive issues. *Wiley Interdiscip. Rev. Cogn. Sci.* 2015; 6 (3): 221–234.
- Cacioppo S., Frum C., Asp E., Weiss R.M., Lewis J.W. and Cacioppo J.T. A quantitative meta-analysis of functional imaging studies of social rejection. *Sci. Rep.* 2013; 3: 2027.
- Carter R.M. and Huettel S.A. A nexus model of the temporal-parietal junction. *Trends Cogn. Sci.* 2013; 17 (7): 328–336.
- Cascio C.N., Carp J., O'Donnell M.B., Tinney F.J., Bingham C.R., Jr., Shope J.T., Ouimet M.C., Pradhan A.K., Simons-Morton B.G. and Falk E.B. Buffering social influence: neural correlates of response inhibition predict driving safety in the presence of a peer. *J. Cogn. Neurosci.* 2015; 27 (1): 83–95.
- Casey B.J., Tottenham N., Liston C. and Durston S. Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? *Trends Cogn. Sci.* 2005; 9 (3): 104–110.
- Casey B.J. Beyond simple models of self-control to circuit-based accounts of adolescent behavior. *Annu. Rev. Psychol.* 2015; 66: 295–319.
- Cauffman E., Shulman E.P., Steinberg L., Claus E., Banich M.T., Graham S. and Woolard J. Age differences in affective decision making as indexed by performance on the Iowa Gambling Task. *Dev. Psychol.* 2010; 46 (1): 193–207.
- Chapman H.A. and Anderson A.K. Understanding disgust. *Ann. NY Acad. Sci.* 2012; 1251: 62–76.
- Chein J., Albert D., O'Brien L., Uckert K. and Steinberg L. Peers increase adolescent risk taking by enhancing activity in the brain's reward circuitry. *Dev. Sci.* 2011; 14 (2): F1–10.
- Christakou A., Brammer M. and Rubia K. Maturation of limbic corticostriatal activation and connectivity associated with developmental changes in temporal discounting. *Neuroimage* 2011; 54 (2): 1344–1354.
- Ciesielski K.T., Lesnik P.G., Savoy R.L., Grant E.P. and Ahlfors S.P. Developmental neural networks in children performing a Categorical N-Back Task. *Neuroimage* 2006; 33 (3): 980–990.
- Cillessen A.H. and Rose A.J. Understanding popularity in the peer system.

- Cur. Direct. Psychol. Sci. 2005; 4: 102–105.
- Cipolotti L., Healy C., Chan E., MacPherson S.E., White M., Woollett K., Turner M., Robinson G., Spano B., Bozzali M. and Shallice T. The effect of age on cognitive performance of frontal patients. *Neuropsychologia* 2015; 75: 233–241.
- Cohen J.R., Asarnow R.F., Sabb F.W., Bilder R.M., Bookheimer S.Y., Knowlton B.J. and Poldrack R.A. Decoding developmental differences and individual variability in response inhibition through predictive analyses across individuals. *Front. Hum. Neurosci.* 2010; 4: 47.
- Cohen J.R., Asarnow R.F., Sabb F.W., Bilder R.M., Bookheimer S.Y., Knowlton B.J. and Poldrack R.A. A unique adolescent response to reward prediction errors. *Nat. Neurosci.* 2010; 13 (6): 669–671.
- Collignon O., Dormal G., de Heering A., Lepore F., Lewis T. and Maurer D. A short period of visual deprivation at birth triggers long-lasting crossmodal reorganization of the occipital cortex in humans. *J. Vis.* 2015; 15 (12): 192.
- Crone E.A., Ridderinkhof K.R., Worm M., Somsen R.J. and van der Molen M.W. Switching between spatial stimulus-response mappings: a developmental study of cognitive flexibility. *Dev. Sci.* 2004; 7 (4): 443–455.
- Crone E.A., Somsen R.J., van Beek B. and van der Molen M.W. Heart rate and skin conductance analysis of antecedents and consequences of decision making. *Psychophysiology* 2004; 41 (4): 531–540.
- Crone E.A. and van der Molen M.W. Developmental changes in real life decision making: performance on a gambling task previously shown to depend on the ventromedial prefrontal cortex. *Dev. Neuropsychol.* 2004; 25 (3): 251–279.
- Crone E.A., Wendelken C., Donohue S., van Leijenhorst L. and Bunge S.A. Neurocognitive development of the ability to manipulate information in working memory. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2006; 103 (24): 9315–9320.
- Crone E.A. and van der Molen M.W. Development of decision making in school-aged children and adolescents: evidence from heart rate and skin conductance analysis. *Child. Dev.* 2007; 78 (4): 1288–1301.
- Crone E.A., Zanolie K., van Leijenhorst L., Westenberg P.M. and Rombouts S.A. Neural mechanisms supporting flexible performance

- adjustment during development. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2008; 8 (2): 165–177.
- Crone E.A. and Konijn E.A. Media use and brain development during adolescence. *Nature Communications* 2008; 9: 588.
- Crone E.A. and Dahl R.E. Understanding adolescence as a period of social-affective engagement and goal flexibility. *Nat. Rev. Neurosci.* 2012; 13 (9): 636–650.
- Crone E.A. Considerations of fairness in the adolescent brain. *Child. Dev. Persp.* 2013; 7 (2): 97–103.
- Crone E.A. and Steinbeis N. Neural perspectives on cognitive control development in childhood and adolescence. *Trends Cogn. Sci.* 2017; 21 (3): 205–215.
- Crowley S.J., Acebo C. and Carskadon M.A. Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Med.* 2007; 8 (6): 602–612.
- Cunningham W.A., van Bavel J.J. and Johnsen I.R. Affective flexibility: evaluative processing goals shape amygdala activity. *Psychol. Sci.* 2008; 19 (2): 152–160.
- D’Esposito M., Postle B.R. The cognitive neuroscience of working memory. *Annu. Rev. Psychol.* 2015; 66: 115–142.
- Dagys N., McGlinchey E.L., Talbot L.S., Kaplan K.A., Dahl R.E. and Harvey A.G. Double trouble? The effects of sleep deprivation and chronotype on adolescent affect. *J. Child. Psychol. Psychiatry* 2012; 53 (6): 660–667.
- Dahl, R.E. (2004). Adolescent brain development: a period of vulnerabilities and opportunities. Keynote address. *Ann ny Acad Sci* 1021: 1-22.
- Dahl R.E., Allan N.B., Wilbrecht L. and Suleiman A.B. Importance of investing in adolescence from a developmental science perspective. *Nature* 2018; 554: 441–450.
- Dahlin E., Neely A.S., Larsson A., Backman L. and Nyberg L. Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science* 2008; 320 (5882): 1510–1512.
- Damasio A.R. *Descartes’ error: emotion, reason and the human brain.* New York, Grosset/Putnam, 1994.
- Damasio H., Grabowski T., Frank R., Galaburda A.M. and Damasio A.R. The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a

- famous patient. *Science* 1994; 264 (5162): 1102–1105.
- Darki F. and Klingberg T. The role of fronto-parietal and frontostriatal networks in the development of working memory: a longitudinal study. *Cereb. Cortex* 2015; 25 (6): 1587–1595.
- De Dreu C.K.W., Baas M. and Nijstad B.A. Hedonic tone and activation level in the mood-creativity link: Toward a dual pathway to creativity model. *J. Pers. Soc. Psychol.* 2008; 94 (5): 739–756.
- De Water E., Braams B.R., Crone E.A. and Peper J.S. Pubertal maturation and sex steroids are related to alcohol use in adolescents. *Horm. Behav.* 2013; 63 (2): 392–397.
- Decety J. and Meyer M. From emotion resonance to empathic understanding: a social developmental neuroscience account. *Dev. Psychopathol.* 2008; 20 (4): 1053–1080.
- Decety J. and Michalska K.J. Neurodevelopmental changes in the circuits underlying empathy and sympathy from childhood to adulthood. *Dev. Sci.* 2010; 13 (6): 886–899.
- Decety J., Michalska K.J. and Kinzler K.D. The contribution of emotion and cognition to moral sensitivity: a neurodevelopmental study. *Cereb. Cortex* 2012; 22 (1): 209–220.
- DeRose L.M., Shiyko M.P., Foster H. and Brooks-Gunn J. Associations between menarcheal timing and behavioral developmental trajectories for girls from age 6 to age 15. *J. Youth Adolesc.* 2011; 40 (10): 1329–1342.
- Dewald J.F., Meijer A.M., Oort F.J., Kerkhof G.A. and Bogels S.M. The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep Med. Rev.* 2010; 14 (3): 179–189.
- Dewald J.F., Meijer A.M., Oort F.J., Kerkhof G.A. and Bogels S.M. Adolescents' sleep in low-stress and high-stress (exam) times: a prospective quasi-experiment. *Behav. Sleep Med.* 2014; 12 (6): 493–506.
- DeWall C.N., Masten C.L., Powell C., Combs D., Schurtz D.R. and Eisenberger N.I. Do neural responses to rejection depend on attachment style? An fMRI study. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2012; 7 (2): 184–192.
- Diamond A. Executive functions. *Annu. Rev. Psychol.* 2013; 64: 135–168.

- Diamond A. and Ling D.S. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2016; 18: 34–48.
- Docking K., Murdoch B.E. and Jordan F.M. Interpretation and comprehension of linguistic humour by adolescents with head injury: a group analysis. *Brain Inj.* 2000; 14 (1): 89–108.
- Doebel S. and Zelazo P.D. Bottom-up and top-down dynamics in young children's executive function: Labels aid 3-year-olds' performance on the Dimensional Change Card Sort. *Cogn. Dev.* 2013; 28 (3): 222–232.
- Donnellan M.B., Trzesniewski K.H., Robins R.W., Moffitt T.E. and Caspi A. Low self-esteem is related to aggression, antisocial behavior, and delinquency. *Psychol. Sci.* 2005; 16 (4): 328–335.
- Douvan E. Erik Erikson: critical times, critical theory. *Child Psychiatry Hum. Dev.* 1997; 28 (1): 15–21.
- Dreyfuss M., Caudle K., Drysdale A.T., Johnston N.E., Cohen A.O., Somerville L.H., Galvan A., Tottenham N., Hare T.A. and Casey B.J. Teens impulsively react rather than retreat from threat. *Dev. Neurosci.* 2014; 36 (3–4): 220–227.
- Dumontheil I., Apperly I.A. and Blakemore S.J. Online usage of theory of mind continues to develop in late adolescence. *Dev. Sci.* 2010; 13 (2): 331–338.
- Dumontheil I. and Klingberg T. Brain activity during a visuospatial working memory task predicts arithmetical performance 2 years later. *Cereb. Cortex* 2012; 22 (5): 1078–1085.
- Durston S., Davidson M.C., Tottenham N., Galvan A., Spicer J., Fossella J.A. and Casey B.J. A shift from diffuse to focal cortical activity with development. *Dev. Sci.* 2006; 9 (1): 1–8.
- Dvash J., Gilam G., Ben-Ze'ev A., Hendler T. and Shamay-Tsoory S.G. The envious brain: the neural basis of social comparison. *Hum. Brain Mapp.* 2010; 31 (11): 1741–1750.
- Eisenberger N.I., Lieberman M.D. and Williams K.D. Does rejection hurt? An fMRI study of social exclusion. *Science* 2003; 302 (5643): 290–292.
- Ekman P., Campos J., Davidson R.J. and De Waal F. *Emotions inside out.* New York, Ann. NY Acad. Sci. 2003.
- Engman J., Linnman C., van Dijk K.R. and Milad M.R. Amygdala

- subnuclei resting-state functional connectivity sex and estrogen differences. *Psychoneuroendocrinol.* 2016; 63: 34–42.
- Engelmann J.B., Moore S., Monica Capra C. and Berns G.S. Differential neurobiological effects of expert advice on risky choice in adolescents and adults. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2012; 7 (5): 557–567.
- Ennett S. and Bauman K. Adolescent social networks: School, demographic, and longitudinal considerations. *J. Adolesc. Res.* 1996; 11: 194–215.
- Ernst M., Nelson E.E., Jazbec S., McClure E.B., Monk C.S., Leibenluft E., Blair J. and Pine D.S. Amygdala and nucleus accumbens in responses to receipt and omission of gains in adults and adolescents. *Neuroimage* 2005; 25 (4): 1279–1291.
- Ernst M. The triadic model perspective for the study of adolescent motivated behavior. *Brain Cogn.* 2014; 89: 104–111.
- Eshel N., Nelson E.E., Blair R.J., Pine D.S. and Ernst M. Neural substrates of choice selection in adults and adolescents: development of the ventrolateral prefrontal and anterior cingulate cortices. *Neuropsychologia* 2007; 45 (6): 1270–1279.
- Fareri D.S., Niznikiewicz M.A., Lee V.K. and Delgado M.R. Social network modulation of reward-related signals. *J. Neurosci.* 2012; 32 (26): 9045–9052.
- Fellows L.K. and Farah M.J. Different underlying impairments in decision-making following ventromedial and dorsolateral frontal lobe damage in humans. *Cereb. Cortex* 2005; 15 (1): 58–63.
- Figner B., Mackinlay R.J., Wilkening F. and Weber E.U. Affective and deliberative processes in risky choice: age differences in risk taking in the Columbia Card Task. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* 2009; 35 (3): 709–730.
- Frith U. and Frith C.D. Development and neurophysiology of mentalizing. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 2003; 358 (1431): 459–473.
- Fuhrmann D., Knoll L.J. and Blakemore S.J. Adolescence as a Sensitive Period of Brain Development. *Trends Cogn. Sci.* 2015; 19 (10): 558–566.
- Gainotti G. and Marra C. Differential contribution of right and left temporo-occipital and anterior temporal lesions to face recognition disorders. *Front. Hum. Neurosci.* 2011; 5: 55.

- Galvan A., Hare T.A., Davidson M., Spicer J., Glover G. and Casey B.J. The role of ventral frontostriatal circuitry in reward-based learning in humans. *J. Neurosci.* 2005; 25 (38): 8650–8656.
- Galvan A., Hare T.A., Parra C.E., Penn J., Voss H., Glover G. and Casey B.J. Earlier development of the accumbens relative to orbitofrontal cortex might underlie risk-taking behavior in adolescents. *J. Neurosci.* 2006; 26 (25): 6885–6892.
- Galvan A., Hare T., Voss H., Glover G. and Casey B.J. Risk-taking and the adolescent brain: who is at risk? *Dev. Sci.* 2007; 10 (2): F8–F14.
- Gardner M. and Steinberg L. Peer influence on risk taking, risk preference, and risky decision making in adolescence and adulthood: an experimental study. *Dev. Psychol.* 2005; 41 (4): 625–635.
- Gautam P., Warner T.D., Kan E.C. and Sowell E.R. Executive function and cortical thickness in youths prenatally exposed to cocaine, alcohol and tobacco. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2015; 16: 155–165.
- Geier C.F., Terwilliger R., Teslovich T., Velanova K. and Luna B. Immaturities in reward processing and its influence on inhibitory control in adolescence. *Cereb. Cortex* 2010; 20 (7): 1613–1629.
- Gillmore J.H., Knickmeyer R.C. and Gao W. Imaging structural and functional brain development in early childhood. *Nat. Rev. Neurosci.* 2018; 19: 123–137.
- Goddings A.L., Burnett Heyes S., Bird G., Viner R.M. and Blakemore S.J. The relationship between puberty and social emotion processing. *Dev. Sci.* 2012; 15 (6): 801–811.
- Goel V. and Vartanian O. Dissociating the roles of right ventral lateral and dorsal lateral prefrontal cortex in generation and maintenance of hypotheses in set-shift problems. *Cereb. Cortex* 2005; 15 (8): 1170–1177.
- Gogtay N., Giedd J.N., Lusk L., Hayashi K.M., Greenstein D., Vaituzis A.C., Nugent T.F., 3rd, Herman D.H., Clasen L.S., Toga A.W., Rapoport J.L. and Thompson P.M. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2004; 101 (21): 8174–8179.
- Gogtay N. and Thompson P.M. Mapping gray matter development: implications for typical development and vulnerability to psychopathology. *Brain Cogn.* 2010; 72 (1): 6–15.

- Greene K., Krcmar M., Walters L.H., Rubin D.L., Jerold and Hale L. Targeting adolescent risk-taking behaviors: the contributions of egocentrism and sensation-seeking. *J. Adolesc.* 2000; 23 (4): 439–461.
- Grumbach M.M. and Styne D.M. Puberty: Ontogeny, neuroendocrinology, physiology and disorders. *Williams Textbook of Endocrinology*, 10th ed. P.R. Larsen, H.M. Kronenberg, S. Melmed and E.S. Polonsky. Philadelphia. WB Saunders/ Elsevier Science, 2003; 115–1286.
- Gunther Moor B., van Leijenhorst L., Rombouts S.A., Crone E.A. and van der Molen M.W. Do you like me? Neural correlates of social evaluation and developmental trajectories. *Soc. Neurosci.* 2010; 5 (5–6): 461–482.
- Güroglu B., Haselager G.J., van Lieshout C.F., Takashima A., Rijpkema M. and Fernandez G. Why are friends special? Implementing a social interaction simulation task to probe the neural correlates of friendship. *Neuroimage* 2008; 39 (2): 903–910.
- Güroglu B., van den Bos W. and Crone E.A. Fairness considerations: increasing understanding of intentionality during adolescence. *J. Exp. Child. Psychol.* 2009; 104 (4): 398–409.
- Güroglu B., van den Bos W. and Crone E.A. Neural correlates of social decision making and relationships: a developmental perspective. *Ann. NY Acad. Sci.* 2009; 1167: 197–206.
- Güroglu B., van den Bos W., van Dijk E., Rombouts S.A. and Crone E.A. Dissociable brain networks involved in development of fairness considerations: understanding intentionality behind unfairness. *Neuroimage* 2011; 57 (2): 634–641.
- Güroglu B., van den Bos W. and Crone E.A. Sharing and giving across adolescence: an experimental study examining the development of prosocial behavior. *Front. Psychol.* 2014; 5: 291.
- Guyer A.E., Lau J.Y., McClure-Tone E.B., Parrish J., Shiffrin N.D., Reynolds R.C., Chen G., Blair R.J., Leibenluft E., Fox N.A., Ernst M., Pine D.S. and Nelson E.E. Amygdala and ventrolateral prefrontal cortex function during anticipated peer evaluation in pediatric social anxiety. *Arch. Gen. Psychiatry* 2008; 65 (11): 1303–1312.
- Guyer A.E., Monk C.S., McClure-Tone E.B., Nelson E.E., Roberson-Nay R., Adler A.D., Fromm S.J., Leibenluft E., Pine D.S. and Ernst M. A developmental examination of amygdala response to facial expressions. *J. Cogn. Neurosci.* 2008; 20 (9): 1565–1582.

- Guyer A.E., McClure-Tone E.B., Shiffrin N.D., Pine D.S. and Nelson E.E. Probing the neural correlates of anticipated peer evaluation in adolescence. *Child. Dev.* 2009; 80 (4): 1000–1015.
- Guyer A.E., Choate V.R., Pine D.S. and Nelson E.E. Neural circuitry underlying affective response to peer feedback in adolescence. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2012; 7 (1): 81–92.
- Haber S.N. and Knutson B. The reward circuit: linking primate anatomy and human imaging. *Neuropsychopharmacology* 2010; 35 (1): 4–26.
- Hall G.S. *Adolescence: Its psychology and its relation to physiology, anthropology, sociology, sex, crime, religion, and education.* NJ: Prentice-Hall., Englewood Cliffs; 1904.
- Hamlat E.J., Stange J.P., Abramson L.Y. and Alloy L.B. Early pubertal timing as a vulnerability to depression symptoms: differential effects of race and sex. *J. Abnorm. Child. Psychol.* 2014; 42 (4): 527–538.
- Harbaugh W.T., Mayr U. and Burghart D.R. Neural responses to taxation and voluntary giving reveal motives for charitable donations. *Science* 2007; 316 (5831): 1622–1625.
- Hare T.A., Tottenham N., Galvan A., Voss H.U., Glover G.H. and Casey B.J. Biological substrates of emotional reactivity and regulation in adolescence during an emotional go-nogo task. *Biol. Psychiatry* 2008; 63 (10): 927–934.
- Harenski C.L., Harenski K.A., Shane M.S. and Kiehl K.A. Neural development of mentalizing in moral judgment from adolescence to adulthood. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2012; 2 (1): 162–173.
- Hasler B.P., Dahl R.E., Holm S.M., Jakubcak J.L., Ryan N.D., Silk J.S., Phillips M.L. and Forbes E.E. Weekend-weekday advances in sleep timing are associated with altered reward-related brain function in healthy adolescents. *Biol. Psychol.* 2012; 91 (3): 334–341.
- Hauser T.U., Iannaccone R., Walitza S., Brandeis D. and Brem S. Cognitive flexibility in adolescence: neural and behavioral mechanisms of reward prediction error processing in adaptive decision making during development. *Neuroimage* 2015; 104: 347–354.
- Herba C.M., Landau S., Russell T., Ecker C. and Phillips M.L. The development of emotion-processing in children: effects of age, emotion, and intensity. *J. Child. Psychol. Psychiatry* 2006; 47 (11): 1098–1106.
- Hooper C.J., Luciana M., Conklin H.M. and Yarger R.S. Adolescents'

- performance on the Iowa Gambling Task: implications for the development of decision making and ventromedial prefrontal cortex. *Dev. Psychol.* 2004; 40 (6): 1148–1158.
- Howard-Jones P.A. Neuroscience and education: myths and messages. *Nat. Rev. Neurosci.* 2014; 15 (12): 817–824.
- Huettel S.A., Song A.W. and McCarthy G. *Functional Magnetic Resonance Imaging*, 3rd ed. Massachusetts USA, Sinauer Associates Inc.; 2004.
- Huizinga M., Dolan C.V. and van der Molen M.W. Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia* 2006; 44 (11): 2017–2036.
- Inagaki T.K. and Eisenberger N.I. Shared neural mechanisms underlying social warmth and physical warmth. *Psychol. Sci.* 2013; 24 (11): 2272–2280.
- Jahanshahi M., Obeso I., Rothwell J.C. and Obeso J.A. A fronto-striato-subthalamic-pallidal network for goal-directed and habitual inhibition. *Nat. Rev. Neurosci.* 2015; 16 (12): 719–732.
- Jasinska A.J., Stein E.A., Kaiser J., Naumer M.J. and Yalachkov Y. Factors modulating neural reactivity to drug cues in addiction: a survey of human neuroimaging studies. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2014; 38: 1–16.
- Johnson M.H. Interactive specialization: a domain-general framework for human functional brain development? *Dev. Cogn. Neurosci.* 2011; 1 (1): 7–21.
- Jolles D.D., Grol M.J., van Buchem M.A., Rombouts S.A. and Crone E.A. Practice effects in the brain: Changes in cerebral activation after working memory practice depend on task demands. *Neuroimage* 2010; 52 (2): 658–668.
- Jolles D.D., Kleibeuker S.W., Rombouts S.A. and Crone E.A. Developmental differences in prefrontal activation during working memory maintenance and manipulation for different memory loads. *Dev. Sci.* 2011; 14 (4): 713–724.
- Jolles D.D., van Buchem M.A., Rombouts S.A. and Crone E.A. Practice effects in the developing brain: a pilot study. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2012; 2 (suppl. 1): S180–191.
- Kahn L.E., Peake S.J., Dishion T.J., Stormshak E.A. and Pfeifer J.H. Learning to play it safe (or not): stable and evolving neural responses

- during adolescent risky decision-making. *J. Cogn. Neurosci.* 2015; 27 (1): 13–25.
- Killgore W.D., Oki M. and Yurgelun-Todd D.A. Sex-specific developmental changes in amygdala responses to affective faces. *Neuroreport.* 2001; 12 (2): 427–433.
- Killgore W.D. and Yurgelun-Todd D.A. Sex differences in amygdala activation during the perception of facial affect. *Neuroreport* 2001; 12 (11): 2543–2547.
- Killgore W.D. and Yurgelun-Todd D.A. Unconscious processing of facial affect in children and adolescents. *Soc. Neurosci.* 2007; 2 (1): 28–47.
- Kleibeuker S.W., de Dreu C.K. and Crone E.A. The development of creative cognition across adolescence: distinct trajectories for insight and divergent thinking. *Dev. Sci.* 2013; 16 (1): 2–12.
- Kleibeuker S.W., Koolschijn P.C., Jolles D.D., de Dreu C.K. and Crone E.A. The neural coding of creative idea generation across adolescence and early adulthood. *Front. Hum. Neurosci.* 2013; 7: 905.
- Kleibeuker S.W., Koolschijn P.C., Jolles D.D., Schel M.A., de Dreu C.K. and Crone E.A. Prefrontal cortex involvement in creative problem solving in middle adolescence and adulthood. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2013; 5: 197–206.
- Klingberg T., Forssberg H. and Westerberg H. Increased brain activity in frontal and parietal cortex underlies the development of visuospatial working memory capacity during childhood. *J. Cogn. Neurosci.* 2002; 14 (1): 1–10.
- Klingberg T. Development of a superior frontal-intraparietal network for visuo-spatial working memory. *Neuropsychologia* 2006; 44 (11): 2171–2177.
- Klingberg T. Training and plasticity of working memory. *Trends Cogn. Sci.* 2010; 14 (7): 317–324.
- Kokarovtseva L., Jaciw-Zurakiwsky T., Mendizabal Arbocco R., Frantseva M.V. and Perez Velazquez J.L. Excitability and gap junction-mediated mechanisms in nucleus accumbens regulate self-stimulation reward in rats. *Neuroscience* 2009; 159 (4): 1257–1263.
- Kramer U.M., Solbakk A.K., Funderud I., Lovstad M., Endestad T. and Knight R.T. The role of the lateral prefrontal cortex in inhibitory motor control. *Cortex* 2013; 49 (3): 837–849.

- Kwon H., Reiss A.L. and Menon V. Neural basis of protracted developmental changes in visuo-spatial working memory. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2002; 99 (20): 13336–13341.
- Ladouceur C.D., Peper J.S., Crone E.A. and Dahl R.E. White matter development in adolescence: the influence of puberty and implications for affective disorders. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2012; 2 (1): 36–54.
- Langeslag S.J., van der Veen F.M. and Roder C.H. Attention modulates the dorsal striatum response to love stimuli. *Hum. Brain. Mapp.* 2014; 35 (2): 503–512.
- Lieberman M.D. and Eisenberger N.I. Neuroscience. Pains and pleasures of social life. *Science* 2009; 323 (5916): 890–891.
- Lieberman M.D. and Eisenberger N.I. The dorsal anterior cingulate cortex is selective for pain: Results from large-scale reverse inference. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2015; 112 (49): 15250–15255.
- Loevinger J. Technical foundations for measuring ego development. Mahwah N.J., Lawrence Erlbaum; 1998.
- Longe O., Senior C. and Rippon G. The lateral and ventromedial prefrontal cortex work as a dynamic integrated system: evidence from fMRI connectivity analysis. *J. Cogn. Neurosci.* 2009; 21 (1): 141–154.
- Malone S.K., Zemel B., Compher C., Souders M., Chittams J., Thompson A.L. and Lipman T.H. Characteristics associated with sleep duration, chronotype, and social jet lag in adolescents. *J. Sch. Nurs.* 2015.
- Mann M., Hosman C.M., Schaalma H.P. and de Vries N.K. Self-esteem in a broad-spectrum approach for mental health promotion. *Health Educ. Res.* 2004; 19 (4): 357–372.
- Masten C.L., Eisenberger N.I., Borofsky L.A., Pfeifer J.H., McNealy K., Mazziotta J.C. and Dapretto M. Neural correlates of social exclusion during adolescence: understanding the distress of peer rejection. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2009; 4 (2): 143–157.
- Masten C.L., Morelli S.A. and Eisenberger N.I. An fMRI investigation of empathy for ‘social pain’ and subsequent prosocial behavior. *Neuroimage* 2011; 55 (1): 381–388.
- Masten C.L., Telzer E.H., Fuligni A.J., Lieberman M.D. and Eisenberger N.I. Time spent with friends in adolescence relates to less neural sensitivity to later peer rejection. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2012; 7 (1): 106–114.

- McCabe M.P., Ricciardelli L.A. and Banfield S. Body image, strategies to change muscles and weight, and puberty: do they impact on positive and negative affect among adolescent boys and girls? *Eat. Behav.* 2001; 2 (2): 129–149.
- McClure S.M., Laibson D.I., Loewenstein G. and Cohen J.D. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science* 2004; 306 (5695): 503–507.
- McRae K., Gross J.J., Weber J., E.R. Robertson, P. Sokol-Hessner, Ray R.D., Gabrieli J.D. and Ochsner K.N. The development of emotion regulation: an fMRI study of cognitive reappraisal in children, adolescents and young adults. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2012; 7 (1): 11–22.
- Mecacci L. Luria: a unitary view of human brain and mind. *Cortex* 2005; 41 (6): 816–822.
- Mercer P.W., Merritt S.L. and Cowell J.M. Differences in reported sleep need among adolescents. *J. Adolesc. Health* 1998; 23 (5): 259–263.
- Meuwese R., Crone E.A., de Rooij M. and Güroglu B. Development of equity preferences in boys and girls across adolescence. *Child. Dev.* 2015; 86 (1): 145–158.
- Meyer M.L., Masten C.L., Ma Y., Wang C., Shi Z., Eisenberger N.I. and Han S. Empathy for the social suffering of friends and strangers recruits distinct patterns of brain activation. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2013; 8 (4): 446–454.
- Mills K.L., Lalonde F., Clasen L.S., Giedd J.N. and Blakemore S.J. Developmental changes in the structure of the social brain in late childhood and adolescence. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2014; 9 (1): 123–131.
- Mills K.L. and Tamnes C.K. Methods and considerations for longitudinal structural brain imaging analysis across development. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2014; 9: 172–190.
- Mills K.L., Dumontheil I., Speekenbrink M. and Blakemore S.J. Multitasking during social interactions in adolescence and early adulthood. *R. Soc. Open. Sci.* 2015; 2 (11): 150117.
- Milner B. Effects of different brain lesions on card sorting. *Arch. Neurol.* 1963; 9: 100–110.
- Moll J., Krueger F., Zahn R., Pardini M., de Oliveira-Souza R. and

- Grafman J. Human fronto-mesolimbic networks guide decisions about charitable donation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2006; 103 (42): 15623–15628.
- Moor B.G., Güroglu B., Op de Macks Z.A., Rombouts S.A., van der Molen M.W. and Crone E.A. Social exclusion and punishment of excluders: neural correlates and developmental trajectories. *Neuroimage* 2012; 59 (1): 708–717.
- Nelson E.E., Jarcho J.M. and Guyer A.E. Social re-orientation and brain development: an expanded and update review. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2016; 17: 118–127.
- Newcomb A.F., Bukowski W.M. and Pattee L. Children’s peer relations: a meta-analytic review of popular, rejected, neglected, controversial, and average sociometric status. *Psychol. Bull.* 1993; 113 (1): 99–128.
- Niznikiewicz M.A. The building blocks of social communication. *Adv. Cogn. Psychol.* 2013; 9 (4): 173–183.
- O’Doherty J.P. Contributions of the ventromedial prefrontal cortex to goal-directed action selection. *Ann. NY Acad. Sci.* 2011; 1239: 118–129.
- Olesen P.J., Macoveanu J., Tegner J. and Klingberg T. Brain activity related to working memory and distraction in children and adults. *Cereb. Cortex* 2007; 17 (5): 1047–1054.
- Olson E.A., Collins P.F., Hooper C.J., Muetzel R., Lim K.O. and Luciana M. White matter integrity predicts delay discounting behavior in 9- to 23-year-olds: a diffusion tensor imaging study. *J. Cogn. Neurosci.* 2009; 21 (7): 1406–1421.
- Onoda K., Okamoto Y., Nakashima K., Nittono H., Yoshimura S., Yamawaki S., Yamaguchi S. and Ura M. Does low self-esteem enhance social pain? The relationship between trait self-esteem and anterior cingulate cortex activation induced by ostracism. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2010; 5 (4): 385–391.
- Op de Macks Z.A., Gunther Moor B., Overgaauw S., Güroglu B., Dahl R.E. and Crone E.A. Testosterone levels correspond with increased ventral striatum activation in response to monetary rewards in adolescents. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2011; 1 (4): 506–516.
- Pantev C., Engelien A., Candia V. and Elbert T. Representational cortex in musicians. Plastic alterations in response to musical practice. *Ann. NY Acad. Sci.* 2001; 930: 300–314.

- Paulsen D.J., Hallquist M.N., Geier C.F. and Luna B. Effects of incentives, age, and behavior on brain activation during inhibitory control: a longitudinal fMRI study. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2015; 11: 105–115.
- Peake S.J., Dishion T.J., Stormshak E.A., Moore W.E. and Pfeifer J.H. Risk-taking and social exclusion in adolescence: neural mechanisms underlying peer influences on decision-making. *Neuroimage* 2013; 82: 23–34.
- Peeters M., Cillessen A.H. and Scholte R.H. Clueless or powerful? Identifying subtypes of bullies in adolescence. *J. Youth Adolesc.* 2010; 39 (9): 1041–1052.
- Pelphrey K.A., Mitchell T.V., McKeown M.J., Goldstein J., Allison T. and McCarthy G. Brain activity evoked by the perception of human walking: controlling for meaningful coherent motion. *J. Neurosci.* 2003; 23 (17): 6819–6825.
- Peper J.S., Hulshoff Pol H.E., Crone E.A. and van Honk J. Sex steroids and brain structure in pubertal boys and girls: a mini-review of neuroimaging studies. *Neuroscience* 2011; 191: 28–37.
- Peper J.S. and Dahl R.E. Surging hormones: brain-behavior interactions during puberty. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 2013; 22 (2): 134–139.
- Peper J.S., Koolschijn P.C. and Crone E.A. Development of risk taking: contributions from adolescent testosterone and the orbito-frontal cortex. *J. Cogn. Neurosci.* 2013; 25 (12): 2141–2150.
- Peper J.S., Mandl R.C., Braams B.R., de Water E., Heijboer A.C., Koolschijn P.C. and Crone E. A. Delay discounting and frontostriatal fiber tracts: a combined dti and mtr study on impulsive choices in healthy young adults. *Cereb. Cortex* 2013; 23 (7): 1695–1702.
- Peters E., Riksen-Walraven J.M., Cillessen A.H. and de Weerth C. Peer rejection and hpa activity in middle childhood: friendship makes a difference. *Child. Dev.* 2011; 82 (6): 1906–1920.
- Peters S., Braams B.R., Raijmakers M.E., Koolschijn P.C. and Crone E.A. The neural coding of feedback learning across child and adolescent development. *J. Cogn. Neurosci.* 2014; 26 (8): 1705–1720.
- Peters S., Koolschijn P.C., Crone E.A., van Duijvenvoorde A.C. and Raijmakers M.E. Strategies influence neural activity for feedback learning across child and adolescent development. *Neuropsychologia* 2014; 62: 365–374.

- Peters S., Crone E.A. Increased striatal activity in adolescence benefits learning. *Nature Communications* 2017; 8: 1983.
- Pfeifer J.H., Masten C.L., Moore W.E., 3rd, Oswald T.M., Mazziotta J.C., Iacoboni M. and Dapretto M. Entering adolescence: resistance to peer influence, risky behavior, and neural changes in emotion reactivity. *Neuron* 2011; 69 (5): 1029–1036.
- Pfeifer J.H. and Peake S.J. Self-development: integrating cognitive, socioemotional, and neuroimaging perspectives. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2012; 2 (1): 55–69.
- Puckett M.B., Aikins J.W. and Cillessen A.H. Moderators of the association between relational aggression and perceived popularity. *Aggress. Behav.* 2008; 34 (6): 563–576.
- Qin Y., Carter C.S., Silk E.M., Stenger V.A., Fissell K., Goode A. and Anderson J.R. The change of the brain activation patterns as children learn algebra equation solving. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2004; 101 (15): 5686–5691.
- Richards J.M., Plate R.C. and Ernst M. A systematic review of fMRI reward paradigms used in studies of adolescents vs. adults: the impact of task design and implications for understanding neurodevelopment. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2013; 37 (5): 976–991.
- Ridderinkhof K.R., Ullsperger M., Crone E.A. and Nieuwenhuis S. The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science* 2004; 306 (5695): 443–447.
- Rigby K. Effects of peer victimization in schools and perceived social support on adolescent well-being. *J. Adolesc.* 2000; 23 (1): 57–68.
- Rilling J.K. and Sanfey A.G. The neuroscience of social decision making. *Annu. Rev. Psychol.* 2011; 62: 23–48.
- Rowe R., Maughan B., Worthman C.M., Costello E.J. and Angold A. Testosterone, antisocial behavior, and social dominance in boys: pubertal development and biosocial interaction. *Biol. Psychiatry* 2004; 55 (5): 546–552.
- Rubia K., Smith A.B., Woolley J., Nosarti C., Heyman I., Taylor E. and Brammer M. Progressive increase of frontostriatal brain activation from childhood to adulthood during event-related tasks of cognitive control. *Hum. Brain Mapp.* 2006; 27 (12): 973–993.
- Rubia K., Smith A.B., Taylor E. and Brammer M. Linear age-correlated

- functional development of right inferior fronto-striato-cerebellar networks during response inhibition and anterior cingulate during error-related processes. *Hum. Brain Mapp.* 2007; 28 (11): 1163–1177.
- Rupp H.A., James T.W., Ketterson E.D., Sengelaub D.R., Janssen E. and Heiman J.R. Neural activation in the orbitofrontal cortex in response to male faces increases during the follicular phase. *Horm. Behav.* 2009; 56 (1): 66–72.
- Sanfey A.G., Rilling J.K., Aronson J.A., Nystrom L.E. and Cohen J.D. The neural basis of economic decision-making in the Ultimatum Game. *Science* 2003; 300 (5626): 1755–1758.
- Satterthwaite T.D., Ruparel K., Loughhead J., Elliott M.A., Gerraty R.T., Calkins M.E., Hakonarson H., Gur R.C., Gur R.E. and Wolf D.H. Being right is its own reward: load and performance related ventral striatum activation to correct responses during a working memory task in youth. *Neuroimage* 2012; 61 (3): 723–729.
- Satterthwaite T.D., Wolf D.H., Erus G., Ruparel K., Elliott M.A., Gennatas E.D., Hopson R., Jackson C., Prabhakaran K., Bilker W.B., Calkins M.E., Loughhead J., Smith A., Roalf D.R., Hakonarson H., Verma R., Davatzikos C., Gur R.C. and Gur R.E. Functional maturation of the executive system during adolescence. *J. Neurosci.* 2013; 33 (41): 16249–16261.
- Saxe R. and Kanwisher N. People thinking about thinking people. The role of the temporo-parietal junction in theory of mind. *Neuroimage* 2003; 19 (4): 1835–1842.
- Saxe R.R., Whitfield-Gabrieli S., Scholz J. and Pelphrey K.A. Brain regions for perceiving and reasoning about other people in school-aged children. *Child. Dev.* 2009; 80 (4): 1197–1209.
- Scarabino T. and Salvolini U. *Atlas of Morphology and Functional Anatomy of the Brain.* Berlin Heidelberg, Springer; 2006.
- Schel M.A., Scheres A. and Crone E.A. New perspectives on self-control development: highlighting the role of intentional inhibition. *Neuropsychologia* 2014; 65: 236–246.
- Scherf K.S., Behrmann M. and Dahl R.E. Facing changes and changing faces in adolescence: a new model for investigating adolescent-specific interactions between pubertal, brain and behavioral development. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2012; 2 (2): 199–219.

- Schlegel A. and Barry H. *Adolescence: an anthropological inquiry* free press; 1991.
- Schultz, W. Predictive reward signal of dopamine neurons. *J. Neurophysiol.* 1998; 80 (1): 1–27.
- Schwartz P.D., Maynard A.M. and Uzelac S.M. Adolescent egocentrism: a contemporary view. *Adolescence* 2008; 43 (171): 441–448.
- Sebastian C., Viding E., Williams K.D. and Blakemore S.J. Social brain development and the affective consequences of ostracism in adolescence. *Brain. Cogn.* 2010; 72 (1): 134–145.
- Sebastian C.L., Tan G.C., Roiser J.P., Viding E., Dumontheil I. and Blakemore S.J. Developmental influences on the neural bases of responses to social rejection: implications of social neuroscience for education. *Neuroimage* 2011; 57 (3): 686–694.
- Selman R.L. *The growth of interpersonal understanding*. New York, Academic Press; 1980.
- Shirtcliff E.A., Dahl R.E. and Pollak S.D. Pubertal development: correspondence between hormonal and physical development. *Child. Dev.* 2009; 80 (2): 327–337.
- Silverman M.H., Jedd K. and Luciana M. Neural networks involved in adolescent reward processing: an activation likelihood estimation meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Neuroimage* 2015; 122: 427–439.
- Sisk C.L. and Foster D.L. The neural basis of puberty and adolescence. *Nat. Neurosci.* 2004; 7 (10): 1040–1047.
- Sisk C.L. and Zehr J.L. Pubertal hormones organize the adolescent brain and behavior. *Front. Neuroendocrinol.* 2005; 26 (3–4): 163–174.
- Smith A.R., Steinberg L., Strang N. and Chein J. Age differences in the impact of peers on adolescents’ and adults’ neural response to reward. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2015; 11: 75–82.
- Smith E.E. and Jonides J. Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science* 1999; 283 (5408): 1657–1661.
- Smith D.G., Xiao L. and Bechara A. Decision making in children and adolescents: impaired Iowa Gambling Task performance in early adolescence. *Dev. Psychol.* 2012; 48 (4): 1180–1187.
- Somerville L.H., Hare T. and Casey B.J. Frontostriatal maturation predicts cognitive control failure to appetitive cues in adolescents. *J. Cogn.*

- Neurosci. 2011; 23 (9): 2123–2134.
- Somerville L.H., Jones R.M., Ruberry E.J., Dyke J.P., Glover G. and Casey B.J. The medial prefrontal cortex and the emergence of self-conscious emotion in adolescence. *Psychol. Sci.* 2013; 24 (8): 1554–1562.
- Spielberg J.M., Galarce E.M., Ladouceur C.D., McMakin D.L., Olin T.M., Forbes E.E., Silk J.S., Ryan N.D. and Dahl R.E. Adolescent development of inhibition as a function of sex and gender: converging evidence from behavior and fMRI. *Hum. Brain Mapp.* 2015; 36 (8): 3194–3203.
- Standring S. *Gray's Anatomy*, 41st ed. Canada, Elsevier; 2016.
- Steinbeis N., Bernhardt B.C. and Singer T. Impulse control and underlying functions of the left dlPFC mediate age-related and age-independent individual differences in strategic social behavior. *Neuron* 2012; 73 (5): 1040–1051.
- Steinbeis N., Haushofer J., Fehr E. and Singer T. Development of behavioral control and associated vmPFC-DLPFC connectivity explains children's increased resistance to temptation in intertemporal choice. *Cereb. Cortex* 2016; 26 (1): 32–42.
- Steinberg L. *Adolescence*. McGraw-Hill; 2008.
- Steinberg L. A social neuroscience perspective on adolescent risk-taking. *Dev. Rev.* 2008; 28 (1): 78–106.
- Steinberg L., Albert D., Cauffman E., Banich M., Graham S. and Woolard J. Age differences in sensation seeking and impulsivity as indexed by behavior and self-report: evidence for a dual systems model. *Dev. Psychol.* 2008; 44 (6): 1764–1778.
- Stroop J.R. Studies of interference in serial verbal reactions. *J. Exper. Psychol.* 1935; 18: 643–662.
- Szczepanski S.M. and Knight R.T. Insights into human behavior from lesions to the prefrontal cortex. *Neuron* 2014; 83 (5): 1002–1018.
- Tabibnia G., Satpute A.B. and Lieberman M.D. The sunny side of fairness: preference for fairness activates reward circuitry (and disregarding unfairness activates self-control circuitry). *Psychol. Sci.* 2008; 19 (4): 339–347.
- Tamm L., Menon V. and Reiss A.L. Maturation of brain function associated with response inhibition. *J. Am. Acad. Child. Adolesc. Psychiatry* 2002; 41 (10): 1231–1238.

- Tammes C.K., Herting M.M., Goddings A.L., Meuwese R., Blakemore S.J., Dahl R.E., Güroglu B., Raznahan A., Sowell E.R., Crone E.A. and Mills K.L. Development of the cerebral cortex across adolescence: a multisample study of longitudinal changes in cortical volume, surface area and thickness. *J. Neurosci.* 2017; 37 (12): 3302–3316.
- Tan P.Z., Lee K.H., Dahl R.E., Nelson E.E., Stroud L.J., Siegle G.J., Morgan J.K. and Silk J.S. Associations between maternal negative affect and adolescent’s neural response to peer evaluation. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2014; 8: 28–39.
- Telzer E.H., Masten C.L., Berkman E.T., Lieberman M.D. and Fuligni A.J. Gaining while giving: an fMRI study of the rewards of family assistance among white and Latino youth. *Soc. Neurosci.* 2010; 5 (5–6): 508–518.
- Telzer E.H., Masten C.L., Berkman E.T., Lieberman M.D. and Fuligni A.J. Neural regions associated with self control and mentalizing are recruited during prosocial behaviors towards the family. *Neuroimage* 2011; 58 (1): 242–249.
- Telzer E.H., Fuligni A.J., Lieberman M.D. and Galvan A. The effects of poor quality sleep on brain function and risk taking in adolescence. *Neuroimage* 2013; 71: 275–283.
- Telzer E.H., Fuligni A.J., Lieberman M.D. and Galvan A. Meaningful family relationships: neurocognitive buffers of adolescent risk taking. *J. Cogn. Neurosci.* 2013; 25 (3): 374–387.
- Telzer E.H., Fuligni A.J., Lieberman M.D. and Galvan A. Ventral striatum activation to prosocial rewards predicts longitudinal declines in adolescent risk taking. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2013; 3: 45–52.
- Telzer E.H., Fuligni A.J., Lieberman M.D. and Galvan A. Neural sensitivity to eudaimonic and hedonic rewards differentially predict adolescent depressive symptoms over time. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2014; 111 (18): 6600–6605.
- Telzer E.H., Fuligni A.J., Lieberman M.D., Miernicki M.E. and Galvan A. The quality of adolescents’ peer relationships modulates neural sensitivity to risk taking. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2015; 10 (3): 389–398.
- Telzer E.H., Goldenberg D., Fuligni A.J., Lieberman M.D. and Galvan A. Sleep variability in adolescence is associated with altered brain

- development. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2015; 14: 16–22.
- Telzer E.H., Ichien N.T. and Qu Y. Mothers know best: redirecting adolescent reward sensitivity toward safe behavior during risk taking. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2015; 10 (10): 1383–1391.
- Telzer E.H. Dopaminergic reward sensitivity can promote adolescent health: a new perspective on the mechanism of ventral striatum activation. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2016; 17: 57–67.
- Thomas K.M., Drevets W.C., Whalen P.J., Eccard C.H., Dahl R.E., Ryan N.D. and Casey B.J. Amygdala response to facial expressions in children and adults. *Biol. Psychiatry* 2001; 49 (4): 309–316.
- Thomason M.E., Race E., Burrows B., Whitfield-Gabrieli S., Glover G.H. and Gabrieli J.D. Development of spatial and verbal working memory capacity in the human brain. *J. Cogn. Neurosci.* 2009; 21 (2): 316–332.
- Todorov A., Said C.P., Engell A.D. and Oosterhof N.N. Understanding evaluation of faces on social dimensions. *Trends Cogn. Sci.* 2008; 12 (12): 455–460.
- Tottenham N., Hare T.A. and Casey B.J. Behavioral assessment of emotion discrimination, emotion regulation, and cognitive control in childhood, adolescence, and adulthood. *Front. Psychol.* 2011; 2: 39.
- Tottenham N. Social scaffolding of human amygdala-mPFC circuit development. *Soc. Neurosci.* 2015; 10 (5): 489–499.
- Ullman H., Almeida R. and Klingberg T. Structural maturation and brain activity predict future working memory capacity during childhood development. *J. Neurosci.* 2014; 34 (5): 1592–1598.
- Urberg K., Degirmencioglu S., Tolson J. and Halliday-Scher K. The structure of adolescent peer networks. *Dev. Psychol.* 1995; 31: 540–547.
- Uylings H.B. Development of the cerebral cortex in rodents and man. *Eur. J. Morphol.* 2000; 38 (5): 309–312.
- Van den Bos W., Güroglu B., van den Bulk B.G., Rombouts S.A. and Crone E.A. Better than expected or as bad as you thought? The neurocognitive development of probabilistic feedback processing. *Front. Hum. Neurosci.* 2009; 3: 52.
- Van den Bos W., van Dijk E., Westenberg M., Rombouts S.A. and Crone E.A. What motivates repayment? Neural correlates of reciprocity in the Trust Game. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2009; 4 (3): 294–304.

- Van den Bos W., Westenberg M., van Dijk E. and Crone E.A. Development of trust and reciprocity in adolescence. *Cogn. Dev.* 2010; 25: 90–102.
- Van den Bos W., van Dijk E., Westenberg M., Rombouts S.A. and Crone E.A. Changing brains, changing perspectives: the neurocognitive development of reciprocity. *Psychol. Sci.* 2011; 22 (1): 60–70.
- Van den Bos W., Rodriguez C.A., Schweitzer J.B. and McClure S.M. Connectivity strength of dissociable striatal tracts predict individual differences in temporal discounting. *J. Neurosci.* 2014; 34 (31): 10298–10310.
- Van den Bos W., Rodriguez C.A., Schweitzer J.B. and McClure S.M. Adolescent impatience decreases with increased frontostriatal connectivity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2015; 112 (29): E3765–3774.
- Van den Bulk B.G., Meens P.H., van Lang N.D., de Voogd E.L., van der Wee N.J., Rombouts S.A., Crone E.A. and Vermeiren R.R. Amygdala activation during emotional face processing in adolescents with affective disorders: the role of underlying depression and anxiety symptoms. *Front. Hum. Neurosci.* 2014; 8: 393.
- Van den Wildenberg W.P. and van der Molen M.W. Developmental trends in simple and selective inhibition of compatible and incompatible responses. *J. Exp. Child. Psychol.* 2004; 87 (3): 201–220.
- Van der Crujisen R., Peters S., van der Aar L.P.E. and Crone E.A. The neural signature of self-concept development in adolescence: the role of domain and valence distinctions. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2018; 30: 1–12.
- Van Duijvenvoorde A.C., Zanolie K., Rombouts S.A., Raijmakers M.E. and Crone E.A. Evaluating the negative or valuing the positive? Neural mechanisms supporting feedback-based learning across development. *J. Neurosci.* 2008; 28 (38): 9495–9503.
- Van Goethem A., van Hoof A., Orobio de Castro B., van Aken M., Hart D. The role of reflection in the effects of community service on adolescent development: a meta-analysis. *Child. Dev.* 2014; 86 (6): 2114–2130.
- Van Harmelen A.L., Hauber K., Gunther Moor B., Spinhoven P., Boon A.E., Crone E.A. and Elzinga B.M. Childhood emotional maltreatment severity is associated with dorsal medial prefrontal cortex responsivity to social exclusion in young adults. *PLoS One* 2014; 9 (1): e85107.
- Van Honk J., Schutter D.J., Bos P.A., Kruijt A.W., Lentjes E.G. and Baron-Cohen S. Testosterone administration impairs cognitive empathy in

- women depending on second-to-fourth digit ratio. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2011; 108 (8): 3448–3452.
- Van Hoorn J., van Dijk E., Meuwese R., Rieffe C. and Crone E.A. Peer influence on prosocial behavior in adolescence. *J. Res. Adolesc.* 2016; 26 (10): 90–100.
- Van Leijenhorst L., Westenberg P.M. and Crone E.A. A developmental study of risky decisions on the cake gambling task: age and gender analyses of probability estimation and reward evaluation. *Dev. Neuropsychol.* 2008; 33 (2): 179–196.
- Van Leijenhorst L., Gunther Moor B., Op de Macks Z.A., Rombouts S.A., Westenberg P.M. and Crone E.A. Adolescent risky decisionmaking: neurocognitive development of reward and control regions. *Neuroimage* 2010; 51 (1): 345–355.
- Van Leijenhorst L., Zanolie K., van Meel C.S., Westenberg P.M., Rombouts S.A. and Crone E.A. What motivates the adolescent? Brain regions mediating reward sensitivity across adolescence. *Cereb. Cortex* 2010; 20 (1): 61–69.
- Van Noordt S.J. and Segalowitz S.J. Performance monitoring and the medial prefrontal cortex: a review of individual differences and context effects as a window on self-regulation. *Front. Hum. Neurosci.* 2012; 6: 197.
- Varnum M.E., Shi Z., Chen A., Qiu J. and Han S. When Your reward is the same as My reward: self-construal priming shifts neural responses to own vs. friends' rewards. *Neuroimage* 2014; 87: 164–169.
- Veroude K., Jolles J., Croiset G. and Krabbendam L. Changes in neural mechanisms of cognitive control during the transition from late adolescence to young adulthood. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2013; 5: 63–70.
- Vink M., Zandbelt B.B., Gladwin T., Hillegers M., Hoogendam J.M., van den Wildenberg W.P., Du Plessis S. and Kahn R.S. Frontostriatal activity and connectivity increase during proactive inhibition across adolescence and early adulthood. *Hum. Brain Mapp.* 2014; 35 (9): 4415–4427.
- Wahlstrom D., White T. and Luciana M. Neurobehavioral evidence for changes in dopamine system activity during adolescence. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2010; 34 (5): 631–648.
- Wang A.T., Lee S.S., Sigman M. and Dapretto M. Neural basis of irony

- comprehension in children with autism: the role of prosody and context. *Brain* 2006; 129 (pt. 4): 932–943.
- Welborn B.L., Lieberman M.D., Goldenberg D., Fuligni A.J., Galvan A. and Telzer E.H. Neural mechanisms of social influence in adolescence. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2016; 11 (1): 100–109.
- Welling L.L., Jones B.C., DeBruine L.M., Smith F.G., Feinberg D.R., Little A.C. and Al-Dujaili E.A. Men report stronger attraction to femininity in women’s faces when their testosterone levels are high. *Horm. Behav.* 2008; 54 (5): 703–708.
- Westenberg P.M., Drewes M.J., Goedhart A.W., Siebelink B.M. and Treffers P.D. A developmental analysis of self-reported fears in late childhood through mid-adolescence: social-evaluative fears on the rise? *J. Child. Psychol. Psychiatry* 2004; 45 (3): 481–495.
- Will G.J., van Lier P.A., Crone E.A. and Güroglu B. Chronic childhood peer rejection is associated with heightened neural responses to social exclusion during adolescence. *J. Abnorm. Child. Psychol.* 2016; 44 (1): 43–55.
- Williams A.F. Teenage drivers: patterns of risk. *J. Safety Res.* 2003; 34 (1): 5–15.
- Williams K.D. and Jarvis B. Cyberball: a program for use in research on interpersonal ostracism and acceptance. *Behav. Res. Methods* 2006; 38 (1): 174–180.
- Willoughby T., Good M., Adachi P.J., Hamza C. and Tavernier R. Examining the link between adolescent brain development and risk taking from a social-developmental perspective (reprinted). *Brain Cogn.* 2014; 89: 70–78.
- Woo C.W., Koban L., Kross E., Lindquist M.A., Banich M.T., Ruzic L., Andrews-Hanna J.R. and Wager T.D. Separate neural representations for physical pain and social rejection. *Nat. Commun.* 2014; 5: 5380.
- Zelazo P.D. The Dimensional Change Card Sort (DCCS): a method of assessing executive function in children. *Nat. Protoc.* 2006; 1 (1): 297–301.

Веб-сайты

<http://www.breinkennisleiden.nl>: информация для родителей,

преподавателей и политиков о лекциях, учебных материалах и т. д.
<https://www.commonsemmedia.org/the-common-sense-census-media-use-by-tweens-and-teens-infographic>.

<https://www.juniorhersen.nl>: информация об участии в исследованиях мозга в Лейдене.

<http://www.kijkinjebrein.nl>: информация для подростков о мозге и подростковом периоде для презентаций или курсовых работ.

ПРИМЕЧАНИЯ

- [1.](#) Образовательный тест, который дети в Нидерландах проходят по окончании начальной школы. По его результатам их зачисляют в среднюю школу, где потом можно будет выбрать специализацию (она зависит от количества баллов в СИТО). — *Прим. ред.*
- [2.](#) В России это также соцсеть «ВКонтакте». — *Прим. ред.*
- [3.](#) Макс Ферстаппен — нидерландский автогонщик, участник «Формулы-1», победитель «Формулы-3». Свен Крамер — нидерландский конькобежец, чемпион мира, Европы и Олимпийских игр. Дафне Схипперс — легкоатлетка из Нидерландов, чемпионка мира, Европы и Олимпийских игр. — *Прим. ред.*

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

ГЛАВА 1

Мозг подростка в действии

ГЛАВА 2

Обучающийся мозг

ГЛАВА 3

Эмоциональный мозг

ГЛАВА 4

Социальный мозг

ГЛАВА 5

Мозг и его возможности

ГЛАВА 6

Рекомендации для родителей, педагогов и политиков

БЛАГОДАРНОСТИ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ