

ДОКТОР САРА МАККЕЙ

ПСИХОСОМАТИКА

ЖЕНСКОГО ЗДОРОВЬЯ



18+

НЕЙРОБИОЛОГИЯ
ЖЕНСКОГО ТЕЛА И МИФЫ:
ОТ ГОРМОНОВ ДО МЫШЛЕНИЯ

Сара Маккей

**Психосоматика женского
здоровья. Нейробиология
женского тела и мифы: от
гормонов до мышления**

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=63030032

*Психосоматика женского здоровья. Нейробиология женского тела и
мифы: от гормонов до мышления:
ISBN 978-5-389-18795-5*

Аннотация

Правда ли, что у женщин проблемы со здоровьем имеют психосоматическое происхождение, а чувства и переживания отражаются на физическом состоянии? Действительно ли женский мозг не предрасположен к решению математических задач, в отличие от мужского, а мужчины не способны верно понимать эмоции окружающих людей? Или это всего лишь стереотипы, укоренившиеся в нашем мышлении?

Работа мозга гораздо сложнее, чем кажется. Доктор Сара Маккей, нейробиолог и популяризатор науки, развенчивает укоренившиеся мифы о женском здоровье и в доступной, увлекательной форме объясняет, как гены и гормоны влияют на нашу жизнь от внутриутробного развития до

старости, от пубертата до менопаузы. В книге представлены результаты многолетней работы, лабораторных экспериментов и исследования многих ведущих специалистов в области нейробиологии и эндокринологии.

Ранее книга издавалась под заголовком «Женский мозг: Нейробиология здоровья, гормонов и счастья».

В формате PDF A4 сохранен издательский макет книги.

Содержание

Вступление	8
Каково это – жить с женским мозгом	8
А где же результаты нейробиологических исследований здоровья женщин?	12
Насколько велики различия между мужским и женским мозгом?	19
Природа, среда или нейропластичность?	25
Ваш пластичный мозаичный мозг	27
Важная оговорка	29
1	32
Большая гонка сперматозоидов	32
Закрепление яйцеклетки	35
Вопрос с нервной трубкой еще не закрыт	37
Ваша участь – стать женщиной	39
Без мужской Y-хромосомы развиваются яичники	40
Половые гормоны организуют репродуктивные зоны мозга в предродовой период	43
Какую роль играет эстроген в развитии женского мозга?	44
От мозга к поведению: ищем связи	46
Как выстроить мозг	50

Рождение новых клеток мозга	53
Вирус Зика нарушает миграцию клеток мозга	56
Половина нейронов рождается, чтобы умереть	57
Молекулы направляют аксоны к их целям	58
Конец ознакомительного фрагмента.	60

Доктор Сара Маккей Психосоматика женского здоровья. Нейробиология женского тела и мифы: от гормонов до мышления

Провокационная и увлекательная книга, которая исследует нейробиологию здоровья, гормонов и счастья.

Weekly Times

Нейробиолог рассматривает работу женского мозга, в особенности с точки зрения воздействия наших гормонов. Очень увлекательно!

Psychologies UK

Книга нейробиолога доктора Сары Маккей проливает свет на то, как конкретно работает ваш ум.

Woman's Health

Доктор Сара Маккей проникает в женский мозг и показывает различия, которые влияют на наше серое вещество, когда мы проходим свой жизненный цикл.

Elle Australia

Захватывающая, необходимая книга.

Femail

© Sarah McKay, 2018

© Сапцина У., перевод на русский язык, 2020

© Издание на русском языке, оформление. ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус», 2023 КоЛибри®

Вступление

Каково это – жить с женским мозгом

«Можете подготовить статью о том, почему во время менопаузы женщинам кажется, будто они теряют рассудок? – спросила редактор сайта о здоровье мозга, с которым я сотрудничала несколько лет назад. – Вы ведь специализируетесь на нейробиологии. Посмотрите, что удастся выяснить». Задание сформулировали коротко и ясно: написать о таком симптоме менопаузы, как «туман в голове» и его причинах. Я наивно полагала, что ответ окажется простым: заторможенность мышления, нарушение концентрации внимания и забывчивость (более научные определения этого явления) могут быть обусловлены старением яичников и угасанием гормональных функций.

Углубившись в исследования и побеседовав со специалистами в области женского здоровья, я выяснила: «туман в голове» возникает не только потому, что снижается уровень гормонов яичников. Да, с возрастом содержание многих гормонов в организме действительно меняется, и эти вещества на самом деле влияют на работу мозга. Однако симптомы менопаузы, связанные с функциями мозга, у каждой женщины зависят от многочисленных взаимосвязанных причин: обще-

го состояния здоровья, самочувствия, генетических характеристик, предшествующей депрессии, количества сна и физической активности, взаимоотношений и круга поддержки, репродуктивного анамнеза, различных жизненных обстоятельств.

Кроме того, я узнала, что «туман в голове» отличается от легких когнитивных нарушений (ЛКН), которые, по мнению врачей, указывают на *нездоровое*, патологическое старение мозга (когнитивные процессы связаны с мышлением). Сходство этих двух состояний способно вызывать серьезную тревогу, так как многие женщины ошибочно полагают, что затуманенность мышления свидетельствует о начале упадка и развития болезни Альцгеймера (БА).

Путешествие в сферу здоровья женского мозга навело меня на мысли о так называемом «материнстве головного мозга», или «мамнезии» (baby brain), – этим термином некоторые из моих подруг описывают неясность мышления и неспособность сосредоточиться во время беременности. И я задумалась, каковы причины в этом случае. Виноват ли только изменившийся гормональный фон? Или все дело в тревоге, связанной с рождением малыша? Или же нас просто отвлекают шевеления ребенка?

Мои размышления над «материнством головного мозга», «туманом в голове» и их причинами породили целый поток вопросов о женской зрелости, природе, среде и нейробиологии, о которых я никогда прежде не задумывалась.

Чем вызвана послеродовая депрессия – резким снижением уровня гормонов после родов, недосыпанием или утратой прежних представлений о себе как о профессионале, строящем карьеру?

А пубертатная хандра? Чем объясняются эмоциональные расстройства в подростковом возрасте – менструальным циклом? Или началом учебы в старших классах? Или это из-за вредных девчонок?

Что происходит с нашим мозгом во время менструального цикла? Как влияют на эмоции противозачаточные таблетки? Заместительная гормональная терапия (ЗГТ) – это хорошо или плохо? Меняется ли мозг в связи с материнством? Что с ним происходит, когда мы влюблены?

И вот что я осознала: сорок с лишним лет я жила с женским телом и мозгом, управляла ими, причем более половины этого срока – работая в области нейробиологии. Но я практически никогда не уделяла внимания тому, как лично моя нейробиология определяется моей жизнью девочки и женщины и, в частности, как мой женский мозг влияет на повседневное поведение, переживания и опыт.

Так и родилась идея этой книги.

Моя цель – провести для вас хронологическую экскурсию по всей жизни и показать, как мозг и сознание формируются и меняются под влиянием генов и гормонов, жизненных событий, общества и культуры, мыслей, чувств и убеждений. Я начну с внутриутробного развития, затем последовательно

рассмотрю младенчество и детство, пубертат и менструальный цикл, подростковые годы, психическое здоровье, романтические отношения и секс, беременность и материнство, менопаузу и, наконец, долголетие и преклонный возраст. Я делаю акцент на жизни женщины и не стесняюсь этого, но, естественно, многие из вопросов в равной степени относятся и к женщинам, и к мужчинам – в том числе период внутриутробного развития, детство и отрочество, душевное здоровье, любовь и старение.

А где же результаты нейробиологических исследований здоровья женщин?

За последнее десятилетие, работая над текстами в области наук о мозге, я разработала и многократно проверила метод сбора информации по незнакомой теме. Прежде всего я прочитываю соответствующую главу из «Основ нейробиологии»¹ – нейробиблии, обожаемой фанатами нейронаук по всему миру. Затем я провожу быстрый поиск на сайте PubMed – в этой базе данных собрана литература по биологии и медицине, – нахожу недавний обзор по теме, обычно написанный ведущим ученым в определенной области, и получаю представление о дискуссиях и единых мнениях о проблеме. После этого я чувствую себя достаточно уверенно, чтобы читать и понимать научные исследования. И наконец, я обращаюсь к специалистам – ученым, врачам, экспертам. Несмотря на занятость, они не жалеют времени, чтобы ответить на мои вопросы и восполнить пробелы в моих знаниях.

Однако нейробиологию повседневной жизни женщин не всегда описывают так доступно, как я ожидала, взявшись за

¹ Kandel E. R., Schwartz J. H., Jessell T. M., Siegelbaum S. A., Hudspeth A. J. (eds). Principles of Neural Science. New York: McGraw Hill Medical, 2013. — Прим. перев.

дело. Изучая мир женского здоровья, я зачастую приходила в замешательство. Вновь и вновь штудировав учебники и специальную литературу, я обнаруживала, что по особенно интересующим меня вопросам исследований крайне мало.

Например, я рассчитывала на многочисленные данные о влиянии оральных контрацептивов на мозг женщины. Однако в обзоре 2014 года итоги подводились под заголовком «50 лет гормональной контрацепции: пора выяснить, как она воздействует на мозг» (50 Years of Hormonal Contraception: Time to Find Out What It Does to the Brain). Действительно, давно пора.

Я с гордостью анонсировала на своей странице в Facebook, что наконец погружаюсь в нейробиологию множественных оргазмов. Но погружение оказалось неглубоким. PubMed выдал лишь пять статей по этой теме, и три из них были посвящены вероятности множественных оргазмов у мужчин. Одна из них носила занятное название «Множественные оргазмы у мужчин: что нам уже известно» (Multiple Orgasms in Men: What We Know So Far). (К сведению: оргазм как таковой не достаивается упоминания в учебниках нейробиологии, и о женском до сих пор известно очень мало.)

Несмотря на все старания, мне так и не удалось найти статистику о том, сколько женщин страдают от эмоциональных расстройств накануне менструации, известных также как предменструальный синдром (ПМС). В конце концов я сумела выявить хоть какой-то диапазон – где-то между 12 и

90 %.

Я была убеждена, что мне удастся рассказать читателям средних лет, поможет ли им ЗГТ защититься от деменции или избавиться от «тумана в голове». Но у нас просто не хватает информации о благотворном воздействии ЗГТ на здоровье мозга, чтобы давать рекомендации. Почему литература о ЗГТ настолько скудна, когда речь идет о нейробиологии и женском здоровье?

Причин несколько.

Исторически сложилось так, что доклинические исследования (то есть на подопытных животных – крысах, мышах или обезьянах) проводились в основном на самцах. Проведенный в 2009 году анализ свыше 2000 исследований на животных выявил, что в восьми биологических дисциплинах из десяти для исследований гораздо чаще использовались самцы. Этот сдвиг оказался наиболее выраженным в нейробиологии, где отношение подопытных самок к самцам составило 1:5,5. Особенно тревожит, что в фармакологии (изучении лекарств) показатель тот же: на каждую самку, участвующую в исследованиях, приходится пять самцов¹².

С клиническими исследованиями (с участием людей) де-

² В книге сохранена авторская система библиографических примечаний: каждая работа, которую цитирует автор, упоминается в Примечаниях (с. 344–366) один раз, при первой ссылке. При повторном цитировании или отсылке сохраняется тот же номер примечания. К одному утверждению может быть несколько ссылок, номера выносок могут повторяться и не всегда идти по порядку (например, выноска 1 повторяется после 3, 4). – *Прим. ред.*

ло обстоит немногим лучше. Известно несколько крупных проектов, охватывающих исключительно женщин, таких как Women's Health Study (Исследование женского здоровья) – о них я расскажу далее. Однако много лет женщин полностью исключали из испытаний лекарственных препаратов. Как отмечает один критик, «многие профессионалы в сфере медицины могут подтвердить, что на протяжении десятилетий типичным участником испытаний по умолчанию был мужчина весом 70 кг»².

Это вызывает беспокойство, так как тревожность и депрессия, инсульты и рассеянный склероз у женщин выявляются вдвое чаще, чем у мужчин; женщины больше мужчин предрасположены к побочным реакциям на лекарства. В 1997–2000 годах из каждых десяти препаратов, изъятых из продажи в США, восемь были отозваны из-за серьезного нежелательного воздействия, наблюдавшегося у женщин. Совокупный эффект исключения женщин из исследований или предположения, что в биологическом отношении женщины – это «маленькие мужчины», разрушителен^{3, 4}. Как было указано в журнале Nature, современная медицинская помощь женщинам гораздо менее основана на фактических данных, нежели применительно к мужчинам¹.

Велик соблазн решить, что откровенный сексизм процветает в чертогах науки и башнях слоновой кости не меньше, чем в прочих глобальных институтах. Так и есть, но сек-

сизм – не единственная причина отсутствия гендерного равенства. Существуют и законные объяснения для такого перекоса в соотношении. Одно из них – безопасность: если женщина забеременеет во время испытаний лекарственного препарата, возникнет потенциальная угроза для будущего ребенка. Еще одна причина – усложнение сбора данных для особей женского пола, как у людей, так и у животных. Из-за цикличности выработки половых гормонов, особенно в фертильном возрасте между пубертатом и менопаузой, в биологическом отношении мы принципиально более изменчивы, чем мужчины. Менструальный цикл однажды сравнили с «досадным свойством, присущим женщинам, нежелательным источником дополнительной вариативности, которого разумнее всего избегать»⁵.

Положение осложняет то, что у людей биологический пол (анатомия и физиология) и гендер (характеристики, которые общество или культура определяет как маскулинные или фемининные) тесно связаны, переплетены и почти неразделимы. Как вы убедитесь, чрезвычайно сложно обосновать заявления вроде «это у нее из-за гормонов» или «все дело в культурных ожиданиях». Вместо того чтобы разбираться в тонкостях женского пола и гендера, женских гормонов и культуры, ученые часто выбирают более легкий путь и сосредотачивают внимание на мужчинах.

И наконец, исследования, посвященные полу и гендеру, в течение длительного времени находились почти под запре-

том. В особенности это относилось к нейробиологии: многих специалистов весьма заботило, чтобы результатами их работы не подкреплялись устаревшие и некорректные стереотипы и дискриминация. И это небезосновательные опасения. Исторически женский мозг считался недостаточно развитым или биологически неполноценным по сравнению с мужским, и исследования такого рода привлекались, чтобы «поставить женщин на место»⁶. Один нейробиолог указывал, что изучение межполовых различий когда-то было «прекрасным способом для специалиста по мозгу, не изучающего репродуктивные функции, в лучшем случае утратить доверие, а в худшем – стать отверженным в глазах официальной нейробиологии»⁵. Другая исследовательница в разговоре со мной призналась: некогда она считала, что включать в исследования пол в качестве биологической переменной – это проявление «лености». Лишь потом она пришла к выводу, что изучение влияния на мозг женского менструального цикла может придать ее работам особую ценность.

К счастью, научное сообщество старается устранить дефицит нейробиологических исследований, посвященных женщинам. В этой книге вы познакомитесь с некоторыми учеными, находящимися в авангарде этого движения. Такие организации, как Национальные институты здравоохранения (NIH) в США, а также научные периодические издания, например *Journal of Neuroscience Research*, в настоящее время требуют, чтобы пол как биологическая перемен-

ная включался во все исследования. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) четко заявляет: изучение здоровья женщин и девочек – приоритетно. В Австралии проводится Австралийское длительное исследование женского здоровья (ALSWH), в котором ученые наблюдают за физическим, психическим состоянием и психосоциальным статусом более 58 тысяч женщин на протяжении всей их жизни. И наконец, предпринимаются такие замечательные инициативы, как Гендерные инновации (Gendered Innovations) Стэнфордского университета. Цель этого проекта – «задействовать созидательный потенциал анализа пола и гендера в инновациях и открытиях».

Насколько велики различия между мужским и женским мозгом?

Скажите кому-нибудь, что пишете книгу о нейробиологии повседневной жизни женщины, – и неизбежно услышите вопрос: «В чем разница между мужским и женским мозгом?»

Некоторые готовы сразу выдать длинный список свойств, связанных с врожденными биологическими различиями мужского и женского мозга. Весьма привлекательная идея: у всех женщин «женский мозг», а у всех мужчин – «мужской». Этим и объясняются «фемининное» или «маскулинное» поведение, способности, предпочтения и черты личности. Что же это за различия?

Из-за особенностей работы мозга женщины эмоциональны, не умеют читать карты, но способны к многозадачности, предпочитают людей вещам, не просят повышения по службе и уж конечно вряд ли сделают карьеру в сфере программирования или точных наук.

«Мужской мозг» не позволяет своим владельцам считать эмоции и заставляет предпочитать вещи людям (если речь не о порно). Зато мужчины с большей вероятностью оказываются гениями и настойчиво добиваются повышения на работе.

Естественно, результаты исследований половых и гендерных различий нас впечатляют, особенно если они сопровож-

даются нейробиологическими объяснениями. (И правда, что может быть заманчивее газетного заголовка, в котором сочетаются пол и нейробиология?)

Отвечая на вопрос о межполовых различиях, я всегда для начала заявляю, что *эта книга – не о различиях между мужским и женским мозгом*. В этой книге сквозь призму нейробиологии рассматривается здоровье исключительно девочек и женщин, за что мне совершенно не стыдно.

Затем я обычно объясняю, что никакого «мужского» и «женского» мозга не существует. По сути, сходства между ними больше, чем различий. Просто поделить людей на две группы на основании анатомии их мозга нельзя – точно так же, как на основании анатомии их гениталий. Мозг любого человека – это уникальная мозаика различных характеристик: одни условно «мужские», другие – «женские», а большинство из них уместнее назвать андрогинными.

Такую концепцию мозаичного мозга поддерживает группа, работающая в Тель-Авивском университете в Израиле под руководством нейробиолога Дафны Джоэл. С помощью такого метода исследования, как магнитно-резонансная томография (МРТ), ученые провели сотни измерений мозга более чем 1400 взрослых. Группа Джоэл обнаружила у мужчин и женщин обширные совпадения всех изученных зон и связей мозга. Одни особенности чаще встречались у женщин, другие – у мужчин, но примерно у половины из 1400 испытуемых наблюдались сходные характеристики⁷.

Прошу простить мне стереотипный выбор цветов, но представьте себе, что мозг состоит из множества сотен мелких деталей. Условно женские – розовые, условно мужские – голубые. Если смотреть издалека, мозаика мозга у некоторых женщин окажется ярко-розовой, а у некоторых мужчин – насыщенно-голубой. Но у большинства людей она будет играть разными оттенками синего, сиреневого и фиолетового.

Этот способ восприятия мозга подобен тому, как мы относимся к привычкам, симпатиям и антипатиям, способностям и странностям. Мы считаем, что в человеке смешиваются «маскулинные», «фемининные» и гендерно-нейтральные характеристики. Каждый, как и его мозг, представляет собой уникальную мозаику.

Статистика помогает с точностью определить выраженность каких-либо межполовых различий. Да, мне отлично известно, что многим она кажется слишком сухой и сложной. К счастью, нейробиолог Донна Мейни разработала замечательный онлайн-инструмент, который наглядно иллюстрирует статистические данные. Если пожелаете о нем узнать, зайдите на сайт SexDifference.org.

Для тех же, кто мыслит статистически, поясню: этот инструмент определяет численное значение d – показателя величины различий между двумя группами. Вот что важно: если различия отсутствуют, d равен нулю. С их ростом увеличивается и d . Как правило, при d не более 0,20 различия незначительные, при 0,50 – умеренные, при 0,80 и выше –

большие.

Рассмотрим три примера межполовых различий, чтобы уловить идею: рост во взрослом возрасте, связь между левым и правым полушариями мозга и отметки по математике на третьем году обучения.

Если я скажу вам, что рост одного из моих родителей составлял 191 см, а другого – 160 см, вы догадаетесь, что более высоким был мой отец. Безусловно, *среднестатистический* мужчина выше ростом, чем *среднестатистическая* женщина. Однако все мы знаем, что некоторые женщины выше некоторых мужчин. Узнав, что у моих родителей есть еще один ребенок ростом 183 см, вы предположите, что это мой брат, тогда как на самом деле у меня очень рослая сестра. При больших межполовых различиях по среднему росту показатель d значительный: 1,91. И все же есть существенное частичное совпадение (около 34 %) между распределением роста у мужчин и женщин.

Распространено мнение, что левое и правое полушария у женщин «теснее связаны», чем у мужчин, потому что у нас крупнее мозолистое тело – сплетение волокон, соединяющее левую и правую половины мозга. По какой-то причине из этого факта сделали вывод о том, что женщины сильны в многозадачности и эмпатии. На рис. 1 показана среднестатистическая разница в связи полушарий у мужчин и женщин, и она весьма мала. Величина d составляет 0,31 при частичном совпадении 88 %.

Считается, что мальчики разбираются в математике лучше, чем девочки (видимо, поэтому в Google среди разработчиков не так много женщин). Для проверки этого утверждения я взяла результаты австралийского национального стандартного теста по математике NAPLAN ⁸ для третьего года обучения за 2016 год, когда тестирование проходил мой старший сын. Эти данные я ввела в калькулятор Мейни на сайте SexDifference.org. В возрастной группе моего сына средние оценки у мальчиков чуть превышали результаты девочек. Но величина d составила 0,14, то есть различие было незначительным, а частичное совпадение распределения достигало 94 %. Иными словами, почти половина девочек написала тест лучше, чем среднестатистический мальчик.

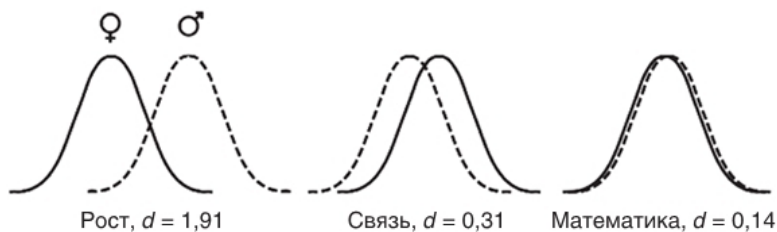


Рис. 1. Кривые распределения межполовых различий для роста во взрослом возрасте, связи между левым и правым полушариями мозга и оценок по математике. Сплошная линия – женщины, пунктирная – мужчины. По материалам сайта SexDifference.org

Вся эта статистика – не для того, чтобы вызвать у вас скуку смертную. Она показывает, как оценить выявленные на практике межполовые различия с помощью эффективного научного инструмента. Если вы готовы потратить время, в любом приличном научном отчете найдутся все необходимые данные, которые можно ввести в этот калькулятор.

Говоря о концепции мозаичного мозга и статистике по межполовым различиям и сходству, я не пытаюсь свести к минимуму или обойти разговор о различиях, которые действительно существуют. Скорее, я предлагаю вам отучиться от привычки выяснять, разные ли мы, и задаться более сложными вопросами: «Насколько велики эти различия? В чем сходства? Каков мой мозг?»

Понятно, что масштаб и природа физических, психологических и поведенческих различий между мужчинами и женщинами, обусловленных функциями мозга, вызывают много споров, в том числе политизированных. Профессор Маргарет Маккарти, нейробиолог и специалист по половым гормонам и развитию мозга, дипломатично подводит итоги этой дискуссии: «Межполовых различий мозга больше, чем хотелось бы одним, и меньше, чем убеждены другие»⁹.

Природа, среда или нейропластичность?

Меня всегда интересовало, как наша жизнь воздействует на мозг и как, в свою очередь, мозг определяет, кто мы такие. Поэтому в докторской диссертации я исследовала самые ранние события жизни, влияющие на формирование нейронных связей. Моя диссертация начинается словами: «Моя работа – переосмысление спора вековой давности “природа или среда”. Какие особенности развития зависят от врожденных механизмов, а какие требуют опыта?»

Нижний этаж, пыльная угловая комната университетской физиологической лаборатории в Оксфорде – три года ночами я проводила здесь эксперименты. Я скрупулезно фиксировала развитие клеток мозга (нейронов) и связей между ними (синапсов) в зрительной коре (той части головного мозга, которая обрабатывает зрительные образы). И надеялась определить, в какой степени нейронные цепочки сформированы врожденными биологическими механизмами (природой), а какие зависят от жизненного опыта (средой).

На последней странице диссертации я делала вывод: «Таким образом, по-видимому, нейронные связи меняются в ходе развития. И в этом процессе участвует как природа, так и среда». Когда друзья-докторанты задавали в пабе неизбежный вопрос: «Как диссер?» – после нескольких лет недосы-

пания я могла ответить лишь одно: «Я выяснила, что мозг меняется. Дело не в природе *или* жизненном опыте. Думаю, понемногу влияет и то и другое».

Мои исследования не содержали неожиданных открытий, однако их результаты в точности совпали с данными из многочисленных источников, которые подтверждают: в создании нейронных связей в процессе развития мозга участвует природа и среда.

С тех пор прошло 20 лет. Философские дебаты о том, что важнее, уже не ведутся. Природа и среда взаимодействуют. Они работают сообща. Мозг формируют гены, гормоны, молекулы, врожденные закономерности нейронной активности, составляющие программу «природы», а также детский опыт, социальные связи, образование, культура, окружающий мир – и это уже программа «среды». Вместе природа и среда создают мозг.

Ваш пластичный мозаичный мозг

С представлениями о разнице между мужским и женским мозгом тесно связана идея о том, что любые различия раз и навсегда запрограммированы генами или заложены в материнской утробе под воздействием гормонов. При этом подразумевается, что природа имеет значение, а среда – нет. Вера в принципиально разные функции мозга у мужчин и женщин не учитывает взаимосвязь пола и гендера – такую же, как между природой и средой.

Заблуждение о врожденном характере, а значит, статичности межполовых различий полностью противоречит доказанному факту: мозг пластичен и меняется на протяжении всей жизни. В некотором смысле его развитие не останавливается до самой смерти человека. Любой опыт – от чтения этой книги до вступления в пубертат, взаимодействия с коллегами, участия в спортивных состязаниях и любви к ребенку – вносит свой вклад в формирование мозга. Триллионы нервных связей непрерывно разрастаются или отсекаются, создаются и трансформируются, оптимизируются и совершенствуются в соответствии с нашим окружением.

Розовые и голубые элементы мозаики мозга – это не твердые кусочки смальты, место для которых раз и навсегда определено генами и гормонами, когда ребенок еще находится в утробе матери. Эти элементы перемещаются, меняют

форму, заменяются, полируются и шлифуются всю жизнь. Наш мозаичный мозг – пластичное, самобытное произведение искусства, и он всегда находится в процессе создания.

В этой книге я не собираюсь изучать различия или сходство между полами или ломать гендерные стереотипы «Марс против Венеры». Поэтому заинтересованным читателям рекомендую обратиться к двум превосходным изданиям: «Гендерные заблуждения: подлинная наука за межполовыми различиями» психолога и феминистки Корделии Файн¹⁰ и «Розовый мозг, голубой мозг: как из мелких различий вырастают проблематичные расхождения – и что можно с этим поделать» нейробиолога Лиз Элиот¹¹.

Важная оговорка

Как нейробиолога меня учили не только физиологии, фармакологии и психологии, но и тому, как оценивать достоверность свидетельств, рассматривать разные гипотезы и формулировать объяснения на основании данных. В научных публикациях принято упоминать о спорных моментах и делать пояснения.

Я тоже сделаю кое-какие оговорки – о них следует помнить, читая эту книгу:

Пол – биологическое и обычно, хоть и не всегда, исчерпывающее понятие. Для некоторых людей гендер и пол – это не просто заявления вроде «благодаря хромосомам ХХ получается девочка» и «благодаря хромосомам ХУ появляется мальчик». Теперь мы больше знаем о младенцах, которые рождаются с интерсекс-вариациями, при которых их репродуктивная или половая анатомия не соответствует типично женской или мужской.

Гендер, с другой стороны, понятие гораздо более сложное. Это сочетание культурных, социальных, биологических и психологических элементов. Гендер означает то, как мы выглядим, действуем и чувствуем. Он гораздо чаще соответствует полу, чем не согласуется с ним. В таком случае ребенок, родившийся с женскими гениталиями и, по всей видимости, с двумя Х-хромосомами, вырастает, считаясь девоч-

кой или женщиной. Аналогично ребенка, родившего с пенисом и, очевидно, с мужскими ХУ-хромосомами, воспринимают как мальчика или мужчину. Людей, у которых гендерная идентичность и биологический пол совпадают, часто называются цисгендерными. Тех, у кого гендер и пол не совпадают, именуют по-разному. Используются, например, такие термины, как «трансгендерный», «гендерквир» (или «небинарный») и «гендерно неконформный» («гендерно вариативный») ¹².

Сексуальная ориентация – еще одно важное понятие. Оно определяет влечение (эмоциональное, психологическое, физическое и/или сексуальное) к другим людям. Человека могут привлекать представители его пола, противоположного или обоих полов сразу. Влечение может и не иметь связи с полом или гендером ¹².

За исключением особо оговоренных случаев, упоминая «девочек» или «женщин», я имею в виду людей, которые родились с женскими гениталиями, предположительно с двумя Х-хромосомами, были воспитаны как девочки и в настоящий момент отождествляют себя с женщинами. Мне прекрасно известно, что многие люди не вписываются в эту традиционную классификацию. Обсуждение нейробиологии интерсексуалов, трансгендеров или транссексуалов, несомненно, обогатило бы книгу. Но нейробиологических исследований по этим вопросам немного, поэтому я пишу главным образом о цисгендерных девочках и женщинах.

Определение пола и гендера – очень сложная тема. Наука пока только наверстывает упущенное, чтобы исследовать весь возможный спектр. Если хотите больше узнать о научных исследованиях за рамками хрестоматийных определений мужчины и женщины, пола и гендера, рекомендую статью «Пол и гендер. Это не женская проблема» в сентябрьском выпуске журнала *Scientific American* за 2017 год. В ней представлен на редкость полезный обзор¹³.

Как вы увидите, в этой книге я делюсь некоторыми историями из собственной жизни. Я – трансгендерная гетеросексуальная женщина, но ни в коем случае не высказываюсь от лица всех остальных.

1

Внутриутробный период

Большая гонка сперматозоидов

Бумага-миллиметровка, термометр, почерпнутые из учебника сведения о гормональном регулировании овуляции – к зачатию я приступила со всем пылом аспирантки первого года обучения. К счастью, мой организм и муж действовали сообща, так что уже почти 10 лет я мама двух замечательных мальчиков. Пока я работала над этой главой, муж возил нашего старшего сына на обязательное школьное мероприятие «Откуда я взялся?». Я ждала их с нетерпением дома. Едва сын вошел в дом, я, несмотря на все старания вести себя спокойно и невозмутимо, прямо-таки кинулась к нему с вопросом: «Ну так откуда же ВСЕ-ТАКИ берутся дети?»

«Ну, это как-то странно и стыдно, но интересно, – ответил он. – Сперматозоиды плывут по такому каналу. Половина направляется не в ту сторону и погибает. Другая половина плывет куда надо и находит яйцеклетку, которая выделяет особое химическое вещество. Один сперматозоид захватывает ее и становится победителем».

С момента, когда сперматозоид-победитель «захватывает» яйцеклетку и передает ей или Х-, или Y-хромосому, начинается новая жизнь, и это тоже странно и тоже интересно. В большинстве случаев, если речь идет о женщине в биологическом смысле слова, она наследует первую Х-хромосому от матери, а вторую – от отца. Мужчина (в биологическом смысле этого слова) получает Х-хромосому от матери, а от отца – Y-хромосому.

Две половые хромосомы называются так, потому что под микроскопом выглядят как буквы Х и Y. Вместе с еще 22 парами они составляют две туго скрученные двойные спирали ДНК. ДНК содержит инструкции для генов, а те – инструкции для образования белков. В полной «инструкции по эксплуатации» нашей ДНК на удивление мало генов – около 20 тысяч, – из которых одна треть описывает устройство мозга¹⁴.

Среднестатистический нейрон образует с другими нейронами десятки тысяч связей, называемых синапсами. Даже по самым скромным подсчетам 86 миллиардов нейронов мозга могут содержать до сотни триллионов синапсов. Вы наверняка уже сообразили, что цифры не сходятся: для небольшого количества генов у нас чересчур много синапсов.

Оказывается, взаимосвязь между генами, мозгом и поведением чрезвычайно сложна. От ДНК, унаследованной от матери и отца, зависит, кто мы такие, но не прямым и примитивным образом. В этой книге мы разберемся, каким об-

разом триллионы синапсов в женском мозге делают нас теми, кто мы есть. Вы убедитесь, что, хотя гены обеспечивают основные биологические инструкции для жизни, на экспрессию генов влияют, усиливают и меняют ее многие другие биологические, социальные и психологические факторы.

Закрепление яйцеклетки

Строго говоря, оплодотворенная яйцеклетка называется зиготой. В первые шесть-семь дней своей жизни она продвигается по фаллопиевой трубе, продолжая многократно делиться, пока не образует полый шар из клеток – бластоцисту. Достигнув матки, бластоциста прикрепляется к ее стенке, где клетки продолжают делиться, формируя два слоя: один становится эмбрионом, другой – плацентой¹⁵.

Плацента – не просто пограничный слой между ребенком и его матерью. Она действует как гигантская железа, выделяя ряд гормонов и химических веществ, необходимых для сохранения беременности и подготовки будущей мамы к родам. Первая задача плаценты – вырабатывать гормон беременности, хорионический гонадотропин человека (ХГ или ХГЧ). Если вам приходилось с тревогой ждать появления тонкой голубой линии на полоске теста, должна была произойти именно химическая реакция с ХГЧ. Вслед за этим гормоном начинают вырабатываться другие, прекращающие менструальный цикл¹⁶.

Поскольку плацента образуется из тех же клеток, что и будущий ребенок, с хромосомами XX или XY, у нее тоже есть биологический пол. Пол плаценты определяет то, как она действует и как ограждает ребенка от последствий мате-

ринского стресса, инфекций и изменения рациона. Она играет центральную роль в межполовых различиях во время внутриутробного роста и выживания. По-видимому, «женская» плацента выполняет защитные функции несколько активнее, чем «мужская»¹⁷.

Вопрос с нервной трубкой еще не закрыт

К тому времени как ваш тест на беременность даст положительный результат или вы пропустите одну менструацию (примерно через две недели после зачатия или через четыре недели после последних месячных), мозг ребенка уже начнет формироваться. Нервная система закладывается одной из первых и развивается многие годы: в наши 20, 30 лет и дальше мозг продолжает «взрослеть».

Головной и спинной мозг человека берут начало из нервной пластинки – плоского слоя клеток прикрепленной бластоцисты. После слаженных действий этот слой сворачивается, его края сгибаются, сходятся и «срастаются», как будто застегнули молнию. Образуется нервная трубка. Кажется, что это лишние подробности в изучении мозга, но ранний этап очень важен, ведь потом из нервной трубки возникает вся нервная система.

Возможно, вы уже слышали о нервной трубке: как правило, это название произносят очень серьезным тоном вместе с упоминанием «препаратов фолиевой кислоты» и «врожденного порока развития». И эта серьезность оправдана. Сложный и деликатный процесс сращения нервной трубки может дать серьезный сбой, а фолат, по-видимому, помогает ее защитить. Фолат – встречающаяся в природе форма витамина

В₉, который выпускается под названием фолиевой кислоты.

Если за 28 дней после зачатия нервная трубка не зарастет правильно, возникнут опасные врожденные нарушения, в том числе расщепление позвоночника и анэнцефалия (буквально – «отсутствие мозга»). Фолат, безусловно, предотвращает возникновение дефектов, но точный механизм его действия неизвестен. Как иронизируют некоторые ученые, вопрос фолата и нервной трубки еще совсем не закрыт¹⁸.

Ваша участь – стать женщиной

Возможно, вы уже ждете, когда я наконец перейду к *женскому* мозгу. До этого я использовала термины мужского рода главным образом потому, что примерно месяц после зачатия половых различий между эмбрионами нет. Наберитесь терпения: чтобы понять, как формируется мозг женщины, нам предстоит сначала обсудить развитие эмбриона мужского пола.

В возрасте шести-восьми недель у эмбрионов с XY-хромосомами включается ген Y-хромосомы – определяющий пол участок Y-хромосомы, как его называют, или сокращенно – ген SRY. Он содержит инструкции по построению белкового фактора развития семенников, регулирующего развитие мужских половых желез. SRY приводит в действие цепочку из десятков генов, которые включены у эмбрионов мужского пола и отключены у эмбрионов женского пола¹⁹.

Генетик Дженни Грейвс, профессор австралийского Университета Ла Троба, объясняет: несмотря на то что SRY – всего лишь один ген, его влияние гораздо значительнее, чем возникновение семенников. «Такие мужские гормоны, как тестостерон, вырабатываются семенниками эмбриона и воздействуют на весь организм. Андрогены приводят в действие сотни, а то и тысячи генов, которыми определяются мужские гениталии, мужское развитие, волосы, голос и особенности

поведения», – говорит она²⁰.

Если Y-хромосомы нет, для плода выбирается вариант развития «по умолчанию» и его пол становится женским. Выражение «по умолчанию» кое-кому кажется несколько пренебрежительным.

Чтобы разобраться в тонкостях внутриутробного развития мужского мозга по сравнению с женским, я обратилась к нейробиологу Маргарет Маккарти, профессору школы медицины при Мэрилендском университете. Она изучает влияние гормонов на развитие мозга. В этой сфере Маккарти – среди первопроходцев. Она одной из первых исследовала, как половые гормоны формируют развивающийся мозг. «“По умолчанию” не означает пассивность, – чуть ли не сразу высказалась она таким тоном, что стало ясно: это заявление она делает далеко не в первый раз. – Попробуйте использовать другое выражение: “развивающийся мозг млекопитающего *предназначен* для женского фенотипа”».

Так что теперь мы знаем, что *предназначение* всех эмбрионов – женское, если только не сработает ген SRY в Y-хромосоме.

Без мужской Y-хромосомы развиваются яичники

У плода с XX-хромосомами нет Y-хромосомы, а значит, нет и гена SRY. Вместо него включаются и отключаются дру-

гие гены, которые активируют программу развития яичников и подавляют программу формирования семенников.

Яичники – лишь одна из трех структур, которые во многом регулируют нашу репродуктивную жизнь. Это трио известно под названием гипоталамо-гипофизарно-яичниковая ось (или ось ГГЯ). Гипоталамус и гипофиз – это структуры мозга.

Кратко обсудим все три элемента, начиная с гипоталамуса. Он находится в основании мозга под таламусом (отсюда и название – «*гипо*-таламус», «под таламусом»), рядом со своим напарником – гипофизом. Из всех участков мозга гипоталамус самый занятой. Он отслеживает и поддерживает такие жизненно важные показатели, как температура, метаболизм, голод, жажда, агрессия, сексуальное возбуждение, циркадные ритмы и стресс. С другими участками мозга он связан нейронными цепочками, а со всем организмом – сетью кровеносных сосудов, передающей реакцию мозга.

Близость гипоталамуса и гипофиза очень важна, поскольку гормоны и другие нейрохимические вещества из гипоталамуса поступают в кровеносные сосуды, соединенные непосредственно с передней долей гипофиза. Этот портал обеспечивает быструю и прямую связь.

Переднюю долю гипофиза часто называют ведущей, так как ее гормоны стимулируют и регулируют деятельность желез, тканей и органов повсюду, в том числе и в яичниках. Однако считать гипофиз «ведущим» ошибочно, поскольку

он подчиняется гипоталамусу, жестко контролирующему все его действия.

И наконец, яичники. Они находятся в нижней части живота, очень далеко от головного мозга. Эти железы вырабатывают и выделяют гормоны и яйцеклетки (ооциты). Примерно к середине пребывания в материнской утробе в яичниках девочки содержится около 5 миллионов ооцитов. По сценарию развития, о котором речь пойдет далее, две трети этих клеток погибает, так что к моменту рождения у девочки остается примерно полмиллиона-миллион ооцитов. К пубертату их число снизится до нескольких сотен тысяч. С поправкой на несколько беременностей в среднем за ее жизнь выделится 450 яйцеклеток.

Яичники реагируют на поступающие через кровь гормональные сигналы гипофиза, выделяя собственные гормоны: в первой половине менструального цикла это в основном эстроген, а после стабильной овуляции – прогестерон. По мере достижения зрелости яичники лучше реагируют на сигналы мозга, и отчасти эта зрелость проявляется в «установлении» менструального цикла в раннем подростковом возрасте. Для стабилизации зрелого цикла овуляции может понадобиться несколько лет.

С начала пубертата одной из наиболее важных задач оси ГГЯ становится регулирование выброса гормонов яичников, в том числе эстрогена. Эстроген – это не отдельно взятый гормон. Правильнее говорить об *эстрогенах*, то есть группе

трех гормонов: эстрадиола, эстриола и эстрона.

♀ *Эстрадиол* – главный эстроген, вырабатываемый яичниками. Он необходим для развития вторичных половых признаков, например молочных желез, а также для менструального цикла и беременности. Синтетический эстрадиол входит в состав противозачаточных таблеток.

♀ *Эстриол* вырабатывает плацента. Его почти невозможно обнаружить в обычное время, зато при беременности его уровень возрастает в тысячу раз.

♀ *Эстрон* – еще один менее эффективный эстроген, вырабатываемый яичниками и доминирующий уже после менопаузы.

Ради простоты и в тех случаях, когда незачем делать различие между этими тремя эстрогенами, я буду использовать общее название «эстроген».

Половые гормоны организуют репродуктивные зоны мозга в предродовой период

Мать-природа эгоистична. Она ставит перед нами единственную цель – заниматься сексом и приносить потомство. Чтобы мы гарантированно встречались и совокуплялись, те участки нашего мозга, которые управляют размножением,

в особенности гипоталамус, становятся «маскулинизированными» или «феминизированными» – под стать нашим гонадам (то есть половым железам).

Гормоны влияют на развитие и реакции репродуктивных цепочек нашего мозга. Период внутриутробного развития – первый из двух жизненных этапов, когда наш мозг очень чувствителен к половым гормонам. «Мы называем этот ранний период гормонального воздействия организационным, ведь он упорядочивает или программирует мозг так, чтобы тот реагировал на гормоны во взрослом возрасте», – объясняет Маккарти. Многие межполовые различия, которые действительно существуют, предопределены развитием. Затем они активизируются или выявляются под действием гормонов во время второго этапа – пубертата.

В предродовой период главенствует тестостерон, вырабатываемый семенниками плода. Тестостерон обеспечивает «маскулинизацию» репродуктивных участков мозга у мальчиков. У девочек без тестостерона участки мозга, имеющие отношение к репродуктивному поведению, становятся «феминизированными».

Какую роль играет эстроген в развитии женского мозга?

Возможно, вы спросите: если тестостерон «маскулинизирует» еще не родившегося младенца-мальчика, влияет эст-

роген из яичников плода на «феминизирование» еще не родившейся девочки?

Хотите – верьте, хотите – нет, но фетальный ³ эстроген не играет вообще никакой роли. Эмбрионам женского пола не требуются гормоны яичников, чтобы стать «феминизированными» (не забывайте: они и так *предназначены* для того, чтобы стать женщинами). Таким образом, на развитие женского мозга косвенно воздействует скорее *отсутствие* эстрогена, чем его присутствие.

Мозг неродившихся младенцев также защищен от влияния материнских эстрогенов (вырабатываемых матерью младенцев и плацентой) молекулой альфа-фетопротеина, образующейся в печени плода. Он вступает в связь с эстрогеном в крови и не дает материнскому эстрогену попасть в мозг ребенка²¹.

Любопытно, что эстроген участвует в организации архитектуры *мужского* мозга. Тестостерон легко проникает в мозг плода мужского пола, где его преобразует в эстрадиол фермент ароматаза. Уже доказано, что «женский» гормон эстрадиол отвечает за «маскулинизацию» мужского мозга во внутриутробный период.

Мать-природа эгоистична. И у нее есть чувство юмора.

³ Фетальный – относящийся к периоду внутриутробного развития. — *Прим. ред.*

От мозга к поведению: ищем связи

Межполовые различия в успеваемости по математике, интересе к технике или способности к точным и естественным наукам зачастую приписывают исключительно наличию (или отсутствию) тестостерона при внутриутробном развитии. В 2005 году президент Гарвардского университета Лоуренс Саммерс высказал спорное предположение: успехи мужчин в областях, связанных с математикой, объясняются врожденными биологическими различиями, а именно пренатальным тестостероном. Правда, вскоре он ушел в отставку. Один из программистов Google в августе 2017 года привел тот же довод, объясняя, почему женщины меньше преуспевают в естественных и точных науках, и выступил против межгрупповых тренингов. Его уволили.

Большинство ученых, изучающих межполовые различия, соглашаются, что пренатальный тестостерон напрямую не влияет на успехи в учебе у детей или выбор карьеры у взрослых. Тому есть убедительные доказательства. Корделия Файн указывает, что исследования межполовых различий, обусловленных гормонами, зачастую корреляционные. Они подразумевают, что уровень гормонов – основная причина, но не учитывают факт, что наша биология «переплетена» с нашим жизненным опытом и социальным контекстом²².

Пренатальные гормоны могут обеспечить «небольшой

толчок в одном направлении»¹¹. Его результаты либо дополняются, либо уничтожаются средой. Вот мое мнение: еще 60 лет назад политики, юристы и доктора среди женщин встречались редко, так же как и ученые, инженеры или математики. (Что уж говорить о женщинах, пишущих книги по нейробиологии.) Очевидно, что колоссальное гендерное неравенство в обществе не объясняется небольшими межполовыми различиями, которые существуют в мозге детей до рождения. Отношение и культурные ожидания социума, связанные со способностями девочек и женщин, и наше положение на рабочем месте разительно изменились. А вот уровень пренатальных гормонов – нет.

Установить прямую связь между пренатальными гормонами, мозгом и поведением нейробиологам оказалось гораздо сложнее, чем можно подумать. Нам нелегко составить общую картину по тщательно контролируемым лабораторным исследованиям даже на грызунах, не то что на людях. Все это можно в самом упрощенном виде приписать тому факту, что обширные *сети* нейронов контролируют, кто мы такие и как себя ведем. Одна из ролей этих сетей – объединять информацию из множества источников. На протяжении всей жизни социальные, культурные и психологические влияния в сложном сочетании с биологией определяют наше мышление, чувства и поведение.



Рис. 2. Модель «снизу вверх, снаружи внутрь, сверху вниз»

Модель «снизу вверх, снаружи внутрь, сверху вниз» я разработала для своих студентов. Это структура, в которой рассматривается влияние на мозг биологических, психологических и социальных факторов на протяжении жизни.

♀ Элементы группы «снизу вверх» – биологические или физиологические факторы, определяющие здоровье мозга, развитие и старение. К ним относятся гены, гормоны, иммунная система, питание, физическая активность, сон и дру-

гие особенности образа жизни, которые мы выбираем.

♀ Элементом группы «снаружи внутрь» – круг общения, среда обитания, жизненные события, образование, нынешние обстоятельства, внешние стрессовые факторы и семейное происхождение.

♀ Элементы группы «сверху вниз» – мысли, эмоции, личностные качества, мировоззрение и система убеждений.

Эти многочисленные элементы не только определяют развитие, функционирование и здоровье мозга. Каждый из них динамически влияет на остальные.

Например:

♀ От мыслей и чувств может зависеть наше физическое восприятие боли. Вот почему стресс из группы «снаружи внутрь» способен усугублять ощущение («сверху вниз») боли («снизу вверх»).

♀ Социальные контакты непосредственно связаны со здоровьем мозга, вот почему у людей, живущих изолированно, выше риск деменции.

♀ Физическое здоровье влияет на настроение. Именно поэтому двигательная активность («снизу вверх») регулирует эмоции («сверху вниз») и может использоваться для лечения депрессии.

Как выстроить мозг

Если вы присутствовали на нейрохирургической операции или смотрели ее запись на YouTube, вы могли заметить, что живой человеческий мозг не розовый и не голубой. Он пульсирующий, сиреневато-серый. Самый наружный складчатый слой коры, серое вещество, получило свое название за внешний вид. Оно содержит тело нейронов, их разветвленные отростки, которые называются дендритами, а также клетки других типов – глии. На глубине сантиметра под поверхностью находится белое вещество, состоящее из нервных пучков, соединяющих вместе разные области серого вещества.

Как правило, в каждом полушарии коры головного мозга выделяют четыре доли: лобную, височную, теменную и затылочную. Если не вдаваться в подробности, то у каждого вида – свои задачи. Затылочные доли обрабатывают зрительные образы. Височные отвечают за звуковую информацию, речь и память. В теменные поступают данные от органов чувств, связанные с движением. А лобные доли, которые у людей крупнее и гораздо более развиты, чем у любых других млекопитающих, управляют движениями, языком, абстрактным мышлением и вниманием.

Откуда мы знаем, какая часть мозга чем занимается? Подсказка – в первых строках шедевра Оливера Сакса «Чело-

век, который принял жену за шляпу»: «Дефицит, излюбленное слово неврологов...» Функциональный дефицит, вызванный, например, инсультом или опухолью мозга, дал неврологам первое представление о том, что называется «локализацией функции»²³.

Как рассказывает Сакс, исследовать взаимосвязь мозга и разума начали в 1861 году. Тогда французский невролог Поль Брока обнаружил, что речь неизменно нарушается из-за поражения конкретного участка левой височной доли. Так был открыт путь к составлению карт человеческого мозга. Отдельным его участкам стали приписывать конкретные способности – лингвистические, интеллектуальные, эмоциональные, зрительные и т. д. Во время работы над диссертацией я провела сотни часов, вводя вольфрамовые микроэлектроды на глубину 4 мм в ту часть затылочной коры головного мозга, где, как я точно знала, смогу записать входящий сигнал от одного или другого глаза. Аналогично нейрохирурги используют стимулирующие электроды, чтобы провести тщательное картирование головного мозга, и лишь потом берутся за скальпель. Это помогает не задеть жизненно важные области. Современная фМРТ (функциональная магнитно-резонансная томография) выдает карту мозгового кровообращения, по ней можно судить об активности разных участков и локализации функций.

Конкретная задача или черта никогда не «привязывается» к определенному месту в коре головного мозга на всю

жизнь. Не забывайте, что мозг пластичен и меняется в течение жизни. В опытах с вольфрамовыми микроэлектродами мне удалось управлять предпочтением левого или правого глаза для отдельно взятого нейрона, в зависимости от того, какой глаз закрывала повязка. Другие исследователи доказали, что зрительные нейроны можно научить реагировать на звуки, если перенаправить поступающие от уха сигналы. На нейропластичности основана наша способность усваивать и запоминать информацию, а также восстанавливаться после таких поражений головного мозга, как инсульт.

Если копнуть чуть глубже, мы увидим, что специфичность участков мозга поддерживается многообразием. Даже, казалось бы, у простейших структур набор клеток удивительно богат. В сетчатке глаза – десятки видов нервных клеток, в спинном мозге – более сотни типов специализированных нейронов, управляющих мышцами. На ранней стадии развития эмбриона разнообразие достигается благодаря химическим градиентам и сигнальным молекулам. Например, ориентация «голова-хвост» или «право-лево» зависит от того, насколько близко или далеко находится клетка к источнику вещества, которое влияет на включение или выключение генов и тем самым определяет развитие клетки определенного типа.

Разнообразие и точность связей, сформированных многими миллиардами нейронов за время внутриутробного развития, – основа поразительных способностей нашего мозга и

разума. Мозга, который позволяет нам любить, чувствовать, существовать в мире, создавать произведения искусства, запускать спутники в космос даже при таких нарушениях, как у пациента Сакса, который «протянул руку, схватил свою жену за голову и... попытался приподнять ее, чтобы надеть на себя» ⁴.

Рождение новых клеток мозга

От нескольких сотен клеток, свернувшихся в нервную трубку, до 86 миллиардов на редкость разнообразных нейронов в мозге новорожденного – колоссальный рост. С помощью простых вычислений можно определить, что за одну минуту внутриутробного развития появляется от четверти до половины миллиона нейронов. Пролиферация мозга (то есть разрастание ткани за счет деления клеток) сводится к клеткам всего одного типа – стволовым.

Этот термин напоминает о сумасшедших ученых, перспективных средствах для лечения рака и болезни Паркинсона, спорах об этичности использования тканей абортированного человеческого плода. Однако в естественной среде стволовые клетки существуют без всяких драм.

У них два уникальных свойства: бесконечно делиться, со-

⁴ Сакс О. «Человек, который принял жену за шляпу» и другие истории из врачебной практики / Пер. с англ. Григория Хасина и Юлии Численко. СПб.: Science Press, 2006. — Прим. ред.

здавая многочисленные копии самих себя, и видоизменяться в клетки любого типа, содержащиеся в организме. *Нервные* стволовые клетки, как понятно из названия, производят клетки всех типов, какие только есть в мозге и нервной системе, в том числе нейроны и глия. Нейроны образуются из стволовых клеток в процессе *нейрогенеза*, а глия – *глиогенеза*.

Половина клеток мозга – это глия. Среди них различают три основных подтипа: астроциты, олигодендроциты и микроглия. Сам термин «глия» происходит от древнегреческого слова, означающего «клей»: некогда считалось, что такие клетки предназначены исключительно для того, чтобы скреплять нейроны. Но глия не просто удерживает структуру мозга. Разные виды глии обеспечивают питание нейронам, вычищают токсины во время сна (астроциты), изолируют аксоны нейронов миелином (олигодендроциты, или шванновские клетки периферийной нервной системы) и действуют как внутренняя иммунная система мозга (микроглия). Глиогенез происходит на протяжении всей жизни человека. На снимках головного мозга по изменению объема или плотности белого вещества можно видеть, как увеличивается или сокращается число олигодендроцитов.

Нейрогенез в мозге взрослого человека изучен не так хорошо. Этот процесс у людей среднего возраста был впервые описан в знаковом исследовании о содержании в атмосфере углерода-14. Этот радиоактивный изотоп углерода актив-

но образовывался при ядерных взрывах и попадал в ДНК. В 1955–1963 годах его концентрация в атмосфере выросла из-за надземных ядерных испытаний во время холодной войны. В воздухе углерод-14 вступает в реакцию с кислородом. Образуется углекислый газ – диоксид углерода CO_2 , который растения поглощают в процессе фотосинтеза. Когда мы едим эти растения или мясо питающихся ими животных, углерод-14 попадает в наши клетки. Те делятся, оставляя в ДНК «пометку о дате» деления. У людей, живших в годы холодной войны, все вновь появившиеся нейроны в мозге оказались «помеченными» углеродом-14. Выяснив это, нейробиологи определили, что в гиппокампе каждого человека средних лет ежедневно появляется 700 новых нейронов, маркированных углеродом-14. Гиппокамп (от др.-греч. «морской конек») – центр обучения и памяти мозга, формой он и правда напоминает эту забавную рыбку²⁴.

Понятно, что нейрогенез вызывает нешуточный ажиотаж, особенно его перспективы в терапии и борьбе со старением мозга. И правда, кому не понравится, что клетки мозга у нас ежедневно пополняются, а не теряются с возрастом? Но какими бы внушительными ни казались эти цифры, 700 нейронов в день – это всего 0,004 % от общего количества клеток одного типа, содержащихся в гиппокампе. И это в 10 раз ниже, чем у грызунов, которых используют в исследовании неврологических заболеваний. Поэтому некоторые ученые задаются вопросом, какой вклад это сравнитель-

но небольшое количество новорожденных нейронов вносит в сложные формы поведения и психиатрические расстройства²⁵. Воодушевления еще немного поубавится, если осознать, что подавляющее большинство исследований нейрогенеза проводилось на подопытных животных, а не на людях. Нам известно, что нейрогенез у грызунов замедляется из-за стресса, депрессии или воспаления и ускоряется благодаря антидепрессантам, физической активности и обучению. Но мы понятия не имеем, происходит ли то же самое с мозгом взрослых людей.

Вирус Зика нарушает миграцию клеток мозга

В конце 2015 года в мировой прессе появились сообщения: в Южной Америке, особенно в Бразилии, рождается необычно много младенцев с непропорционально маленькой деформированной головой (микроцефалией). По этому поводу высказывались разные гипотезы, но большинство свидетельств указывало на вспышку вируса Зика как возможную причину. Эту инфекцию переносят комары. Столицей летней Олимпиады 2016 года стал Рио-де-Жанейро, и многие туристы и спортсмены даже подумывали пропустить игры, чтобы не заразиться.

Оказалось, что вирус Зика поражает клетки мозга определенного типа, которые называются радиальной глией. Эта

структура выступает в роли нервных стволовых клеток, а еще вдоль нее мигрируют новорожденные нейроны. На поперечном сечении развивающейся нервной трубки видно, что радиальная глия располагается в толще стенки, поперек трубки, – как спицы в колесе велосипеда. Появившись, нейроны движутся внутри трубки вдоль радиальной глии, пока не займут свое место. Каждый новорожденный нейрон проползает по своим собратьям, которые уже закрепились. Так шесть слоев коры головного мозга нарастают изнутри наружу. Дата рождения нейрона определяет его «почтовый индекс» – место, где он окажется. Полностью выполнив свою функцию в развитии, радиальная глия вытягивает отростки, сворачивается в шар и превращается в астроциты.

Сегодня, когда я пишу эти строки, исследования показали: если беременная женщина заражается вирусом Зика, инфекция проникает в радиальную глию плода и вызывает врожденные пороки. Клетки радиальной глии перестают расти, делиться и не выживают. В итоге сокращается численность нейронов, рождающихся и мигрирующих на свои позиции. Возможно, именно поэтому младенцы рождаются с явно недоразвитым мозгом^{26, 27}.

Половина нейронов рождается, чтобы умереть

При нормальной беременности значительная часть нейро-

генеза завершается к пятому-шестому месяцам. А затем происходит кое-что неожиданное: половина родившихся нейронов умирает.

Нейроны погибают в ходе апоптоза (от др.-греч. слова, означающего «листопад»). Это процесс клеточного суицида, который строго регулируется. Апоптоз кажется нерациональным, но он позволяет установить окончательное число нейронов и глиальных клеток и распределить нейроны по целям, которые им предстоит иннервировать, связать с нервной системой. Легче всего представить, зачем нужен апоптоз, на примере других тканей. Сначала рука ребенка – сплюснутая, с перепонками, похожа на утиную лапу. Чтобы появились человеческие пальцы, клетки перепонки сжимаются и отмирают.

Молекулы направляют аксоны к их целям

«Мозг – это мир, состоящий из неизведанных материков и неизвестных протяженных территорий», – писал Сантьяго Рамон-и-Кахаль, удостоенный в 1906 году Нобелевской премии по физиологии и медицине. Испанского врача и гистолога часто называют крестным отцом современной нейробиологии.

Кахаль прав. После рождения и миграции к конечному пункту все выжившие нейроны, не приговоренные к апоптозу, пускают отростки. Многие из этих отростков, называе-

мых дендритами, внешне похожи на ветки дерева и действуют как приемные устройства – получают сигналы от других нейронов. Аксон – это устройство вывода нейрона. Длинный и тонкий, похожий на лиану отросток, который передает электрические сигналы от клеточного тела нейрона. Как только нейрон осваивается в своем доме и обзаводится отростками, аксон отправляется в путешествие.

Растущий кончик аксона, называемый конусом роста, – настоящее чудо. С одной стороны, это сенсорная структура, способная ориентироваться в своем окружении по молекулярным и химическим указателям. С другой – это двигатель, деятельность которого физически продвигает аксон по территории мозга плода. Аксон перемещается на короткие расстояния и соединяется с соседями, удаленными всего на несколько микронов. Он же растягивается на метры (на всю длину пути вниз по спинному мозгу и до большого пальца ноги) – все равно что младенец прополз бы из Перта на юго-западе Австралии до многоквартирного дома на набережной в Сиднее и постучал в дверь определенной квартиры. Настоящий навигационный подвиг! Как только растущий аксон достигает места назначения, конус роста разрушается и преобразуется в специализированную структуру, называемую синапсом.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.