



ТОМАС
Р. ВЕРНИ

клинический
психиатр

ТЕЛЕСНЫЙ РАЗУМ

КАК ТЕЛО ВЛИЯЕТ
НА НАШИ МЫСЛИ, ЧУВСТВА
И ВОСПОМИНАНИЯ



рЕволюция в медицине. Самые
громкие и удивительные открытия

Томас Р. Верни

**Телесный разум. Как тело
влияет на наши мысли,
чувства и воспоминания**

«ЭКСМО»

2021

УДК 612.8
ББК 28.707.3

Верни Т.

Телесный разум. Как тело влияет на наши мысли, чувства и воспоминания / Т. Верни — «Эксмо», 2021 — (рЕволюция в медицине. Самые громкие и удивительные открытия)

ISBN 978-5-04-180654-5

Традиционно мы считаем, что наш разум вплетен в головной мозг и им и ограничивается. Но что если это не так? Что если разум — это сеть, охватывающая все наше тело, распространяющаяся на все клетки и ткани организма. Клинический психиатр Томас Р. Верни, опираясь на новейшие исследования, докажет, что наше тело разумно и способно на гораздо большее, чем мы можем себе представить. Оно не только хранит воспоминания, но и формирует мысли, чувства и наше восприятие себя. Новаторский взгляд, представленный в книге, изменит ваше понимание связи между разумом, мозгом и телом. В формате PDF A4 сохранен издательский макет книги.

УДК 612.8
ББК 28.707.3

ISBN 978-5-04-180654-5

© Верни Т., 2021
© Эксмо, 2021

Содержание

Вступление	6
Глава первая	9
Конец ознакомительного фрагмента.	28

Томас Р. Верни

Телесный разум

Как тело влияет на наши мысли, чувства и воспоминания

Посвящается Сандре – моей музе и моей любимой

Если мы ценим стремление к знаниям, то должны свободно следовать за тем, куда могут привести нас эти поиски. Свободный разум – это не лающая собака, которую можно посадить на трехметровую цепь.

Эдлай Э. Стивенсон II

Thomas R. Verny, M.D
The Embodied Mind

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Copyright © 2021 by Thomas R. Verny, M.D.

© Шустова А., перевод на русский язык, 2022

© Оформление. ООО «Издательство „Эксмо“», 2023

Вступление

В 13 лет в Вене я прочитал «Толкование сновидений» Зигмунда Фрейда на немецком языке. Меня совершенно очаровало то, как медленные, методичные расспросы Фрейда в конечном счете приводили к открытию глубоко скрытых конфликтов его пациентов. Именно в тот момент много лет назад я решил стать психиатром. Годы шли, я наконец освоил эту профессию, но меня по-прежнему завораживали сны и бессознательное. Однажды, когда во время сеанса я разбирал с молодым человеком его сон, пациент вдруг без малейших действий с моей стороны начал плакать как маленький ребенок и успокоился лишь через 10 минут.

– Что произошло? – спросил я его.

Он сказал мне, что мысленно увидел себя в детской кроватке, плачущим в попытках позвать маму. Затем он вспомнил, что видел свои детские фотографии и на некоторых из них он лежал в голубой кроватке, тогда как в возникшем воспоминании она определенно была белой. Это несоответствие его смутило.

Я предложил ему задать этот вопрос матери, и он узнал, что, когда он родился, из-за нехватки денег его родителям пришлось на время взять детскую кроватку у соседа. Именно она и была белой. Несколько месяцев спустя они смогли купить ему новую кроватку, на этот раз голубую, и на фотографиях запечатлели уже ее.

Я был одновременно заинтригован и озадачен этим опытом, поскольку на протяжении всей учебы сначала в Торонтском, а затем и в Гарвардском университете мне внушали, что люди ничего не помнят о периоде до двух лет. И все же, продолжая заниматься психиатрией, я неоднократно сталкивался с пациентами, которые рассказывали мне о событиях далекого прошлого, начиная с младенчества, рождения и даже жизни в утробе матери. Некоторые из этих воспоминаний, возможно, возникли из-за подслушанных разговоров членов семьи или были почерпнуты из фотоальбомов или видео. Однако значительное число из этих материалов и сведений было бы нелегко получить, и их подтвердили доказательства, предоставленные родителями, больничными картами и другой документацией. Я задавался вопросом, как объяснить эти воспоминания с научной точки зрения. Именно тогда, после долгих исследований, изысканий и личных контактов с коллегами в области акушерства, психологии, психиатрии и других наук, я написал книгу «Тайная жизнь ребенка до рождения», которая опубликована в 27 странах и продолжает пользоваться широкой популярностью. В то время, почти 40 лет назад, у меня имелось множество убедительных научных доказательств, подтверждающих центральную мысль моей книги: ребенок в утробе матери – это чувствующее, воспринимающее, сознательное и запоминающее существо, по крайней мере начиная с третьего триместра. Однако у меня почти не было научных доказательств, подтверждающих познание любого рода, которое происходило бы раньше этого момента. Конечно, учитывая скорость развития и изменений в биомедицинских науках за последние десятилетия, 40 лет – это практически вечность назад. Многие из того, что сейчас известно в области клеточной биологии, генетики и, что более важно, эпигенетики, не только подтверждает мои утверждения из «Тайной жизни», но и позволяет мне выдвигать новые смелые концепции в этой книге.

К написанию «Телесного разума» меня подтолкнула статья, которую я прочитал шесть лет назад. Ее перепечатали из журнала Reuters Science News, озаглавив как «Крошечный мозг не препятствие для французского государственного служащего»¹². Кажется, в июле 2007 года 44-летний француз обратился в больницу с жалобами на легкую слабость в левой ноге. Когда

¹ «Крошечный мозг не препятствие для французского государственного служащего». Reuters Science News, July, <https://www.reuters.com/article/us-brain-tiny/tiny-brain-no-obstacle-to-french-civil-servant-idUSN1930510020070720>.

² Здесь и далее источник информации, помеченной звездочкой, вы можете найти в разделе «Примечания». – *Прим. ред.*

врачи узнали, что мужчине удалили спинномозговой шунт в четырнадцать лет, они провели многочисленные сканирования его головы, благодаря чему обнаружили заполненную жидкостью камеру, которая занимала большую часть пространства в его черепе, оставляя лишь тонкий слой настоящей мозговой ткани. Это был случай гидроцефалии, буквально – вода в мозге. В статье приводилась цитата доктора Лайонела Фейе из больницы де ла Тимон³ в Марселе: «Изображения были невероятными... мозг практически отсутствовал». Пациент был женатым отцом двоих детей и работал государственным служащим, по-видимому ведя вполне нормальный образ жизни, несмотря на то, что его череп заполняла спинномозговая жидкость и почти отсутствовала мозговая ткань.

К моему удивлению, я обнаружил в медицинской литературе поразительное количество документально подтвержденных случаев, когда в детстве людям⁴ удаляли части мозга, чтобы вылечить их от эпилептических припадков. После гемисферэктомии⁵ у большинства детей наблюдалось не только улучшение интеллектуальных способностей и общительности, но и очевидное сохранение памяти, индивидуальности и чувства юмора. Аналогичным образом взрослые, перенесшие гемисферэктомию⁶, демонстрировали долгосрочный контроль над приступами и поразительное повышение трудоспособности после операции.

Если люди, у которых отсутствует большая часть мозга, могут жить нормально или хотя бы относительно нормально, то, подумал я, в организме должна существовать какая-то резервная система, которая может сработать при сбое основной. Следующие шесть лет я посвятил изучению научной литературы в поисках доказательств, подтверждающих мою догадку.

Я обнаружил, что, хотя многие исследователи внесли большой вклад в продвижение науки в своих областях, никто по-настоящему не обобщил эти знания, не сопоставил факты и не подумал о решении этой головоломки. В «Телесном разуме» я постарался сделать именно это.

Наш Телесный разум не тот скованный, что мы знали прежде. Он охватывает значительно больше и опирается на интеллект всех клеток нашего тела, содержащих определенные кусочки информации, микровоспоминания. Все они, как и сознание и разум, возникают из этой разумной сети.

«Телесный разум», который я постараюсь определить как свой уникальный психобиологический термин, представляет собой последовательную и эмпирически обоснованную биологическую теорию, которая знаменует собой значительный отход от исключительного внимания прошлого века к нейронам коры (клеткам мозга) как к единственным важным клеткам в обработке информации, познании и хранении памяти.

«Телесный разум» основан на исследованиях, в которых изучаются интеллект и память в широком спектре систем, выходящих далеко за рамки традиционной центральной нервной системы, включая иммунную систему, сперматозоиды, яйцеклетки, одноклеточные организмы, амёбы и многое другое. Память – это сеть, охватывающая все тело. Вопрос о том, можем ли мы сознательно получить доступ к памяти, не так важен, как осознание того, что любой получен-

³ Доктор Лайонел Фейе из больницы де ла Тимон: Feuillet, L., Dufour, H., and Pelletier, J. (2007). «Brain of a white-collar worker.» *Lancet*, 370(9583), 262.

⁴ Случаев, когда в детстве людям: Villemure, J. G., and Rasmussen, T. H. (1993). «Functional hemispherectomy in children.» *Neuropediatrics*, 24(1), 53–55; Battaglia, D., Veggioni, P., Colosimo, C., et al. (2009). «Functional hemispherectomy in children with epilepsy and CSWS due to unilateral early brain injury including thalamus: sudden recovery of CSWS.» *Epilepsy Research*, 87(2–3), 290–298; Schramm, J., Kuczaty, S., Von Lehe, M. et al. (2012). «Pediatric functional hemispherectomy: outcome in 92 patients.» *Acta Neurochirurgica*, 154(11), 2017–2028.

⁵ Гемисферэктомия – хирургическая операция удаления полушария большого мозга; применяется при распространенных опухолях мозга, эпилепсии. – *Прим. пер.*

⁶ Взрослые, перенесшие гемисферэктомию: Carson, B. S., Javedan, S. P., Guarnieri, M., et al. (1996). «Hemispherectomy: A hemidecortication approach and review of 52 cases.» *Journal of Neurosurgery*, 84(6), 903–911.

ный нами опыт оказывает влияние, оставляя отметку, след или отпечаток на наших клетках и тканях.

Многие из этих последствий могут передаваться нашим детям и внукам, поэтому крайне важно, чтобы мы осознали как можно больше основных неадаптивных побуждений и моделей поведения и сознательно попытались преодолеть их. В то же время для благополучия крайне важно вести здоровый образ жизни. Мы значительно улучшим жизнь как себе, так и будущим поколениям, если будем активно избегать стресса и беспокойства, а также лживых и вероломных людей, вместо этого сближаясь с людьми, которые поддерживают и ценят нас.

Подобно музыкантам в оркестре, играющим в разных секциях, будь то струнные, духовые или ударные, клетки кожи содержат информацию, отличную от той, какой владеют клетки сердца, и так далее. Воспоминание, возникающее сознательно или бессознательно в результате какого-то триггера, «слышится» подобно оркестровой музыке. Высшие мозговые центры занимают место дирижера и координируют сообщения, которые достигают нашего сознательного «я» и формируют определенное поведение.

Настало время развеять миф о скованном разуме и принять научно обоснованную концепцию воплощенного познания. Это новая революционная концепция в психобиологии, одновременно меняющая парадигму и расширяющая возможности.

Мы думаем, чувствуем и действуем своим телом, с его помощью соприкасаемся с окружающим миром, с ним связан наш разум. Я надеюсь, что «Телесный разум» поможет вам лучше понять, кем мы являемся в отношениях с собой, близкими, обществом и Вселенной, и замотивирует вас проявлять свободу воли и брать на себя ответственность за свои действия.

Глава первая

Имеют ли значение гены?

Соединение сперматозоида и яйцеклетки при зачатии приводит к оплодотворению яйцеклетки и формированию диплоидной клетки, зиготы, которая, прижившись в утробе матери, в итоге станет взрослым человеком. Эта крошечная клетка несет в себе план всего будущего человеческого существа. Удивительно, но это правда. Еще более удивительно, что, согласно научным исследованиям, эта генетическая информация не ограничивается архитектурными планами построения тела, но также включает данные, отражающие опыт и личностные характеристики родителей, что переносят нас в новую науку – эпигенетику.

Думаю, справедливо заметить, что эпигенетика является самым революционным достижением биологических наук с тех пор, как в 1859 году вышла книга Чарлза Дарвина «О происхождении видов».

ЭПИГЕНЕТИКА – ЭТО ИЗУЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ, С ПОМОЩЬЮ КОТОРЫХ ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА РЕГУЛИРУЕТ АКТИВНОСТЬ ГЕНОВ.

Эпигенетика – наука не только о том, что жизненный опыт меняет нас, но и о том, что эти изменения могут передаваться нашим детям и внукам на протяжении многих поколений. Этот процесс называется трансгенерационным наследованием и в последние годы часто становится областью исследований.

С эволюционной точки зрения мнение, что воздействие важных условий окружающей среды, таких как голод, война, тревога и т. п., должно «информировать» потомство человека для лучшей подготовки к жизни после рождения, имеет смысл. Очевидно, что эта информация может передаваться от родителей к детям только через половые клетки (яйцеклетки и сперматозоиды).

В последнее десятилетие исследователи установили, что копии ДНК, передаваемые через гены, не являются окончательными при рождении⁷. Гены – это не приговор. Такие факторы окружающей среды, как питание, стресс и эмоции, могут менять экспрессию генов без изменения их структуры.

Мы совершим стремительное путешествие по генетике: рассмотрим хромосомы, гены, ДНК, РНК и другие понятия. Затем мы перейдем к эпигенетике, которую я разделю на экологическую эпигенетику, то есть физические факторы окружающей среды (загрязнение, токсины, обилие или недостаток пищи), и психосоциальную эпигенетику, которая касается отношений, особенно между родителями и детьми, и психологических факторов (стресс, тревога, наличие или отсутствие привязанности). Также мы уделим особое внимание тому, как жестокое обращение и пренебрежение со стороны родителей влияет на эпигеном ребенка.

Генетика

Невозможно обсуждать генетику без использования научных терминов, из-за чего я вынужден просить вас о снисхождении и терпении. Даже если вы находите некоторые из этих слов пугающими, пожалуйста, читайте дальше. Вы поймете суть. Я обещаю.

⁷ Важно отметить, что сами фрагменты ДНК как химической структуры остаются неизменными. В процессе метилирования, например, происходит присоединение дополнительных химических групп, но основную последовательность ДНК это принципиально не меняет. (Здесь и далее примечания научного редактора, если не указано иное.)

Основной единицей наследования является хромосома. Хромосома – это организованный пакет ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты), находящийся в ядре каждой клетки. Разные организмы имеют разное количество хромосом. У людей 23 пары хромосом: 22 пары пронумерованных, называемых аутосомами, и одна пара половых – X и Y. У женщин набор хромосом записывается как XX, у мужчин – XY⁸.

Каждый ребенок получает половину своих хромосом от матери и половину от отца⁹.

Геном – это полный набор ДНК в клетке. От 25 000 до 35 000 генов в геноме человека составляют всего 5 % всего генома. Все остальное – переключатели и длинные участки некодирующей ДНК (то есть не производящей белки). Эти области между генами долгое время называли мусорной ДНК. Недавно ученые узнали, что области между генами являются переключателями, которые играют жизненно важную роль в функциях клеток. Мутации в этих областях ДНК могут серьезно повлиять на здоровье человека.

Роберт Сапольски, профессор биологии, неврологии и нейрохирургии из Стэнфордского университета, в своей книге «Почему у зебр не бывает инфаркта. Психология стресса» говоря о геноме человека, приводит следующее сравнение: «Представьте, что у вас есть книга на 100 страниц¹⁰, из которых 95 – это инструкция к тому, как читать оставшиеся 5».

В своем основополагающем труде «О происхождении видов» Дарвин писал¹¹, что эволюционные изменения происходят в течение миллионов лет естественного отбора. Следуя по стопам Дарвина¹², генетики добились невероятных успехов в выявлении отдельных генов с вариациями, которые приводят к простым менделевским признакам и заболеваниям, таким как фенилкетонурия, серповидноклеточная анемия, болезнь Тея – Сакса и муковисцидоз. Однако стоит отметить, что болезни с простыми менделевскими схемами наследования встречаются редко, в то время как большинство заболеваний человека, таких как рак, диабет, шизофрения, алкогольная зависимость, или личностные черты и поведение являются результатом взаимодействия множества генетических, психо-социально-экономических и культурных элементов и, следовательно, считаются сложными и многофакторными.

Обложки журнала Time часто отражают доминирующие культурные, политические или научные феномены, и именно поэтому на обложке выпуска от 25 октября 2004 года была изображена молящаяся женщина с надписью «ГЕН БОГА». Фотография отсылала к статье, в которой выдвигалась гипотеза о наличии в геноме некоего гена Бога. Разумеется, это утверждение далеко от истины.

Не существует ни гена Бога, ни гена гнева, ни гена эгоизма, ни гена шизофрении. Требуется множество генов, чтобы у человека развилась болезнь или появилась та или иная черта личности. Точно так же различные комбинации одних и тех же генов могут создать высокий интеллект, музыкальные способности, дальновидность и другие положительные качества. Исследователи из Женевского университета сообщают, что генетические вариации в одной геномной позиции¹³ влияют на множество отдельных генов. Если меняется один элемент, это влечет за собой изменение всей системы.

⁸ Существуют состояния, связанные с отсутствием одной из половых хромосом или, напротив, с увеличением их количества, при этом фенотипически мы будем определять людей как женщин и мужчин.

⁹ Помимо основного набора хромосом от матери и отца в зиготу попадают клеточные органеллы – митохондрии, обеспечивающие клетку энергией и имеющие свою собственную ДНК (митохондриальная ДНК). Таким образом, количество генетической информации, получаемой от обоих родителей, превышает половинный набор хромосом.

¹⁰ «Представьте, что у вас есть книга на 100 страниц»: Sapolsky, Robert. Why Zebras Don't Get Ulcers (New York. Henry Holt & Company, 2004).

¹¹ Дарвин писал: Дарвин, Чарлз. Происхождение видов (Лондон: Джон Мюррей, 1859).

¹² Следуя по стопам Дарвина: Risch, N. J. (2000). Nature, 405(6788), 847–856; Botstein, D. and Risch, N. (2003). «Discovering genotypes underlying human phenotypes: past successes for mendelian disease, future approaches for complex disease.» Nature Genetics, 33, 228–237.

¹³ Генетические вариации в одной геномной позиции: Dermitzakis, Emmanouil T., et al. (2015). «Population Variation and

Гены преподают нам важнейший жизненный урок¹⁴: все взаимосвязано.

Показательным примером является открытие того, что изменения личности могут повлиять на форму и движения тела¹⁵, по крайней мере у рыбок данио-рерио, что недавно продемонстрировало исследование, проведенное в Университете штата Северная Каролина. Исследователи вывели две группы рыб: одни были смелыми, другие – пугливыми. У смелых рыбок данио-рерио была более изящная форма тела, а также способность быстрее реагировать при возникновении опасности, чем у пугливых. Это исследование подтверждает предположение о том, что такие черты, как индивидуальность или темперамент, могут быть генетически связаны с другими чертами – например, с формой тела¹⁶. Тело – это сложная экосистема, в которой все перестраивается даже при малейшем изменении, создавая эффект домино.

Функционирование генома зависит от его внутриклеточной среды (среды в клетке, окружающей ядро) и его взаимосвязи с внеклеточной, включая гормоны и нейромедиаторы. Внеклеточная среда, представляющая собой ткани и органы организма, в свою очередь, подвержена влиянию окружающей среды индивида – например, доступности пищи или уровня социальных взаимодействий¹⁷. Следовательно, мы неосознанно приспособливаем свою жизнь ко всему, что происходит внутри и снаружи нас. Замечательно, что наше тело может делать это самостоятельно и нам не приходится думать об этом большую часть времени.

За некоторыми исключениями, каждый тип клеток многоклеточного организма несет в себе один и тот же набор генетических инструкций, закодированных в его геноме. Тем не менее каждый тип клеток экспрессирует (активирует) только те гены, которые необходимы для выполнения его конкретной функции. Белки, которые упаковывают гены в клеточном ядре, называются гистонами. Гистоны действуют как катушки, вокруг которых наматывается ДНК, и играют важную роль в регуляции работы генов. Подробнее об этом мы поговорим в следующем разделе.

В научном сообществе принято считать, что вся информация, передаваемая от одного поколения к следующему, хранится в ДНК организма. Совсем недавно клеточный биолог Энтони Хосе выдвинул революционную теоретическую концепцию наследственности¹⁸. Хосе оспаривает общепринятое мнение, упомянутое выше, и утверждает, что ДНК – это всего лишь список ингредиентов, а не набор инструкций, используемых для создания и поддержания живого организма. Инструкции, по его словам, намного сложнее и хранятся в молекулах, которые регулируют ДНК клетки. Новая структура Хосе преобразует наследственность в сложную сетевую информационную систему, в которой все регуляторные молекулы, помогающие клетке функционировать, могут составлять хранилище наследственной информации.

**СТРУКТУРА ХОСЕ ПОМОГАЕТ ПОНЯТЬ, КАК НА ПРОТЯЖЕНИИ
ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ УСЛОЖНЯЛОСЬ ХРАНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ, ТЕПЕРЬ
В ДОПОЛНЕНИЕ К ЯДРУ ЗАДЕЙСТВУЮЩЕЕ ЕЩЕ И ЦИТОПЛАЗМУ И
КЛЕТОЧНУЮ МЕМБРАНУ.**

Genetic Control of Modular Chromatin Architecture in Humans.» *Cell*, 162(5), 1039–1050.

¹⁴ Гены преподают нам важнейший жизненный урок: Meaney, M. J. (2001). «Maternal care, gene expression, and the transmission of individual differences in stress reactivity across generations.» *Annual Review of Neuroscience*, 24, 1161–1192.

¹⁵ Изменения личности могут повлиять на форму и движения тела: Kern, Elizabeth M.A., Robinson, Detric, et al. (2016). «Correlated evolution of personality, morphology and performance.» *Animal Behavior*, 117, doi:10.1016/j.anbehav.2016.04.007.

¹⁶ Важно отметить, что результаты, полученные на одних моделях (например, на рыбах), далеко не всегда справедливы для других организмов (например, для людей).

¹⁷ В то же время одной из ключевых характеристик живого организма является его стабильность, способность поддерживать гомеостаз – внутреннее постоянство. Это обеспечивается множеством систем организма, поэтому говорить о высокой изменчивости вследствие действия факторов внешней среды было бы преувеличением.

¹⁸ Теоретическую концепцию наследственности: Jose, A. M. (2020). «Heritable Epigenetic Changes Alter Transgenerational Waveforms Maintained by Cycling Stores of Information.» *BioEssays*. doi:10.1002/bies.201900254.

Эта теория вновь подчеркивает необходимость отказа от устаревших концепций центрального механизма управления и введения концепций сетей и контуров обратной связи. Взгляды генетиков начала XX века на наследственность заключались в том, что развитие организма – это односторонний поток информации от ядерной ДНК к РНК-посреднику и производству белка. Однако данная модель, также известная как центральная догма генетики, кажется несостоятельной на фоне недавних достижений эпигенетики. Как мы увидим, эта наука концентрируется на том, как внешние факторы взаимодействуют с генами, вызывая изменения в организме индивида.

Эпигенетика

На другой обложке журнала Time, выпущенного в начале января 2010 года, также изображали двойную спираль ДНК, представив ее в виде гигантской молнии поперек обложки: ее блестящий золотой бегунок был частично опущен, как будто расстегивал настоящую нить ДНК. Заголовок гласил: «Почему ваша ДНК – это не приговор: Новая наука под названием „эпигенетика“ показывает, как выбор, который вы делаете, может изменить ваши гены и гены ваших детей»¹⁹. На этот раз журнал Time оказался на верном пути.

Работа Дарвина определяла эволюцию как процесс случайных мутаций между поколениями и выживание наиболее приспособленных особей, однако эпигенетика гораздо ближе к сильно раскритикованной теории французского биолога Жана-Батиста Ламарка, который предположил, что организм может передать своему потомству характеристики, приобретенные в течение жизни.

Эпигенетика – это изучение изменений в активности генов, которые не трансформируют сами гены, но все равно передаются по крайней мере одному последующему поколению. Паттерны экспрессии генов регулируются эпигеномом – совокупностью всех молекулярных меток, регулирующих экспрессию генов, но не меняющих их структуру. Он находится над геномом, сразу за его пределами (отсюда и приставка «эпи-», которая означает «выше»). Ключевой компонент генетики – это метилирование, при котором химическая группа (метил) присоединяется к частям ДНК²⁰. Этот процесс действует как регулятор функции генов в ответ на физические и психосоциальные факторы. Эпигенетические «переключатели» включают или выключают гены, а также все промежуточные точки.

Метилирование – это динамический процесс, и уровни метилирования могут меняться в течение жизни в зависимости от внешнего и внутреннего опыта человека. Противоположным ему процессом является ацетилирование. Метилирование останавливает или полностью прекращает работу гена, в то время как ацетилирование частично или полностью включает ген.

Именно благодаря эпигенетическим переключениям факторы окружающей среды, такие как пренатальное питание, стресс и послеродовое поведение матери, могут влиять на экспрессию генов, которые передаются ребенку. Эпигенетические изменения представляют собой биологическую реакцию на один или несколько факторов окружающей среды, которые могут быть позитивными и жизнеутверждающими или, напротив, негативными и опасными для жизни. Эпигенетические изменения выполняют важную функцию во время беременности, биологически подготавливая потомство к среде, в которой оно родится.

ГЕНЕТИКУ МОЖНО СРАВНИТЬ С АППАРАТНЫМ
ОБЕСПЕЧЕНИЕМ, А ЭПИГЕНЕТИКУ – С ПРОГРАММНЫМ
ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ВАШЕГО КОМПЬЮТЕРА.

¹⁹ Сами гены не изменяются, меняется их способность к реализации.

²⁰ Метилирование не считается изменением генома, поскольку нуклеотидная часть ДНК остается прежней.

Одной из основных задач эпигенетики является изучение передачи данных от одного поколения к следующему биологическими, а не психологическими средствами. Биологическое наследование говорит о том, что окружающая среда влияет на половые клетки (сперматозоиды и яйцеклетки) и что эти изменения в геноме затем передаются потомству. Эпигенетика предлагает нам знания и средства, с помощью которых мы можем улучшить физическое и психическое здоровье как наших потомков, так и свое собственное.

Соединение сперматозоида и яйцеклетки, как я уже упоминал, приводит к образованию зиготы (оплодотворенной яйцеклетки). Эта крошечная клетка будет содержать полный набор инструкций по созданию целостного человеческого существа. Я задался вопросом, ограничивается ли информация только архитектурными планами построения тела или также включает данные, которые будут влиять на разум? Прежде чем мы перейдем к рассмотрению этого вопроса, следует упомянуть три других биологических способа обмена информацией между людьми, которые не связаны с зародышевыми клетками.

Недавно ученые обнаружили, что некоторые из переносимых кровью клеток, которые передаются ребенку во время беременности, остаются в теле матери. Кроме того, несколько клеток от предыдущих беременностей сохраняются в организме матери в течение многих лет. Этот процесс называется микрохимеризмом²¹. В результате исследований на людях и животных ученые выявили клетки эмбрионального происхождения в коже, кровотоке и во всех основных органах матери, включая сердце. Эти исследования показывают, что каждый из нас несет в себе две разные популяции клеток: одну – свою собственную и еще одну – от матери. Женщины, вынашивавшие ребенка, хранят в организме по меньшей мере три уникальных популяции клеток: свои собственные, своей матери и ребенка²².

Аналогичным образом переливание крови и пересадка органов могут на клеточном уровне передавать человеку информацию о доноре. Если моя гипотеза о клеточной памяти верна, то эти донорские клетки могут, как и в случае микрохимеризма, влиять на разум и тело своих реципиентов способами, которые мы только начинаем исследовать.

Экологическая эпигенетика

В этом разделе мы обсудим, как физические факторы, такие как пища, никотин или запахи, влияют на геном.

Статья 1988 года, опубликованная Джоном Кэрнсом²³ в издании *Nature* – одном из самых известных научных журналов, положила начало тектоническому сдвигу в генетике. В статье описывался эксперимент, в ходе которого определенный штамм бактерий кишечной палочки (*E. coli*), который не мог усваивать лактозу²⁴, поместили в лактозную среду²⁵. Вместо того чтобы голодать – что, согласно классической теории Дарвина, и должно было случиться, – бактерии вскоре претерпели генетические изменения и, научившись переваривать лактозу, сумели выжить. Кэрнс сообщил, что, по крайней мере, в некоторых случаях избирательное давление может направлять мутации организмов. Прощай, дарвинистская ортодоксальность.

²¹ Микрохимеризм: Yan, Z., Lambert N. C., Guthrie, K. A., Porter, A. J., Nelson, J. L., et al. (2005). «Male microchimerism in women without sons: Quantitative assessment and correlation with pregnancy history.» *American Journal of Medicine.*, 118(8), 899–906; Chan, W. F., Gurnot, C., Montine, T. J., Nelson, J. L., et al. (2012). «Male microchimerism in the human female brain.» *PLoS One*, 7(9), doi: 10.1371/journal.pone.0045592.

²² Свои собственные, своей матери и ребенка: Rowland, Katherine (2018). «We Are Multitudes.» *Aeon Magazine*. <https://aeon.co/essays/microchimerism-how-pregnancy-changes-the-mothers-very-dna>.

²³ Статья 1988 года, опубликованная Джоном Кэрнсом: Cairns, John, Overbaugh, Julie, and Miller, Stephan (1988). «The origin of mutants.» *Nature*, 335, 142–145.

²⁴ Сахар, содержащийся в молочных продуктах. – *Прим. авт.*

²⁵ Научный термин для пищи, на которой растут бактерии, обычно в чашке Петри. – *Прим. авт.*

Кэрнс «нагло», как говорили некоторые критики, поднял вопрос о возможных наследственных механизмах Ламарка – в 1988 году это казалось исключительным вероломством. В том же номере журнала *Nature* Франклин Шталь, почетный профессор биологии Орегонского университета, одобрил выводы Кэрнса и представил свою собственную модель того, как могут происходить «направленные мутации»²⁶.

Сегодня Кэрнс является профессором микробиологии в больнице Рэдклиффа, что входит в состав Оксфордского университета, и остается ведущим специалистом в области мутационной теории. Его статья 1988 года является одной из наиболее часто цитируемых работ в этой области и положила начало совершенно новой сфере исследований.

Примерно в то же время, когда Кэрнс проводил свои эксперименты, доктор Ларс Олов Байгрэн из Университета Умео в Швеции задался вопросом: «Может ли опыт родителей, полученный ими в раннем возрасте, повлиять на черты, которые они передадут своим потомкам?» Байгрэн, как и многие другие ученые, собрал множество исторических свидетельств, доказывающих, что неблагоприятные условия окружающей среды (например, угроза смерти от голода) могут оставить отпечаток на генетическом материале яйцеклеток и сперматозоидов, который повлияет на эволюцию, передав новые черты²⁷ следующему поколению.

Спустя 10 лет после публикации статьи Кэрнса профессор биологии Университета Индианы П. Л. Фостер написал: «Многие последующие исследования показали, что частота мутаций может варьироваться и что их количество увеличивается во время определенных стрессов, таких как недостаток пищи». Это явление получило название «адаптивная мутация»²⁸. Сегодня исследование адаптивных мутаций трансформировалось в эпигенетику, и ими заинтересовалась едва ли не каждая университетская лаборатория²⁹.

Любимое животное генетиков для изучения – *C. elegans* – примитивный червь длиной около 1 мм, обитающий в почве. В период с октября 1994 по январь 1995 года в международных журналах о нем появилось 73 научные статьи. *C. elegans*³⁰ является привлекательным и эффективным модельным организмом для исследований, потому что с ним легко работать в лаборатории, он почти не требует пищи и в течение нескольких дней производит большое количество потомства путем самооплодотворения.

Червь понимается как отдельный организм, который подвергается сложному процессу морфогенеза³¹. У него есть нервная система с «мозгом» (кольцом окологлоточного нерва), он демонстрирует определенное упорядоченное поведение, способен к элементарному обучению, а также производит сперму и яйцеклетки, благодаря чему спаривается и размножается. Все 959 соматических клеток его прозрачного тела видны под микроскопом, а средняя продолжительность его жизни составляет всего 2–3 недели. Важно отметить, что у червей и людей совпадает до 80 % генов³². Неудивительно, что примерно половину всех известных генов, задей-

²⁶ Направленные мутации: Stahl, F. W. (1988) «Bacterial genetics. A unicorn in the garden.» *Nature*, 335, 112.

²⁷ Повлияет на эволюцию, передав новые черты: Bygren, L. O., Kaati, G., and Edvinsson, S.: (2001) «Longevity determined by ancestors' overnutrition during their slow growth period.» *Acta Biotheoretica*, 49, 53–59; Bygren, Olov (2010) in Kaati, G., Bygren, L. O., Edvinsson, S. (2002). «Cardiovascular and diabetes mortality determined by nutrition during parents' and grandparents' slow growth period.» *European Journal of Human Genetics*, 10, 682–688.

²⁸ Адаптивная мутация: Foster, P.L. (1999). «Mechanisms of stationary phase mutation: a decade of adaptive mutation.» *Annual Review of Genetics*, 33, 57–88.

²⁹ Мутации – это процесс, затрагивающий саму структуру генетического кода, последовательность генов в ДНК. Эпигенетические изменения структуры ДНК не меняют.

³⁰ Научные статьи о *C. elegans*: CBS C-elegans (<http://cbs.umn.edu/cgc/what-c-elegans>).

³¹ Морфогенез – формирование организма посредством эмбриологических процессов дифференцировки клеток, тканей и органов и развития систем органов в соответствии с генетическим «планом» потенциального организма и условиями окружающей среды. <https://www.britannica.com/science/morphogenesis>.

³² Совпадает до 80 % генов: Gebauer, Juliane, Gentsch, Christoph, and Kaleta, Christoph, et al. (2016). «A Genome-Scale Database and Reconstruction of *Caenorhabditis elegans* Metabolism.» *Cell Systems*, 2(5), 312.

ствованных в болезнях человека, также можно обнаружить и у *C. elegans*, а потому ученые с удовольствием экспериментируют над этим существом³³.

Например, ученые из Университета Дьюка провели исследование, посвященное последствиям голодания³⁴. Они заставили голодать одну группу червей *C. elegans* в течение одного дня, а другую группу – в течение восьми дней на первой стадии личиночного развития. Когда подача пищи возобновлялась, черви, которых дольше морили голодом, росли медленнее и в итоге достигали меньших размеров и вырастали менее плодовитыми. Они также оказались более восприимчивыми ко второму приступу голода. Их потомство, унаследовав отличительные признаки родителей, родилось меньшим по размерам и численности и менее плодовитым, однако их дети и внуки оказались более устойчивыми к голоду, как будто пытаясь защититься от того, что навредило их предкам.

Эпигенетика завоевала доверие научного сообщества, когда несколько десятилетий назад исследователи изучали детей, выношенных в период голода в конце Второй мировой войны в Нидерландах³⁵. Исследователи обнаружили на одном из генов детей определенную химическую метку (или, как ее еще называют, эпигенетическую сигнатуру). Исследователи связали это открытие с различиями в состоянии здоровья детей: они росли хуже, чем дети других возрастов, и имели массу тела выше средней. Их дети также были меньше ростом и более восприимчивы к диабету, ожирению и сердечно-сосудистым заболеваниям, и эти изменения были заметны в течение трех последующих поколений.

Не только недостаток пищи может подобным образом повлиять на потомство: как показало британское исследование, проведенное в Бристольском университете, это может быть связано и с бедностью³⁶. Исследователи отобрали 40 мужчин, родившихся в 1958 году: одна половина выросла в богатых семьях, а другая – в бедных. В исследовании испытуемых выбрали из верхних и нижних 20 % общества в соответствии с социально-экономическим статусом, чтобы убедиться, что будут представлены примеры обеих крайностей. Сосредоточив внимание на участках ДНК, называемых промоторными областями³⁷, что переводится как «включатели», команда исследовала более 20 000 участков по всему геному.

Почти на одной и той же трети участков у представителей групп получились совершенно разные модели. Что наиболее характерно, уровни метилирования резко отличались: 1252 участка у мужчин из бедных семей и лишь 545 участков у мужчин из богатых семей. Поскольку образцы брали в среднем возрасте, исследователи не могли точно сказать, когда добавились или исчезли эпигенетические метильные группы. Хотя возможно, что гены изменились в младенчестве, детстве или даже в зрелом возрасте, ученые, проводившие эксперименты, придерживались мнения, что эпигенетические изменения, которые они наблюдали в ДНК взрослого человека, стали в значительной степени результатом раннего жизненного опыта.

Сегодня наиболее распространенной хирургической процедурой у фертильных женщин является родоразрешение путем планового кесарева сечения. Однако беременные женщины

³³ Что тем не менее не означает, что данные, полученные на этих червях, могут быть прямо экстраполированы на человека.

³⁴ Последствиям голодания: Jobson, M. A., Jordan, J. M., Sandrof, M. A., Baugh, L. R., et al. (2015). «Transgenerational Effects of Early Life Starvation on Growth, Reproduction and Stress Resistance in *Caenorhabditis elegans*.» *Genetics*, 201(1), 201–212.

³⁵ Период голода в конце Второй мировой войны в Нидерландах: Tobi, Elmar W., Slieker, Roderick C., Xu, Kate M., et al. (2018). «DNA methylation as a mediator of the association between prenatal adversity and risk factors for metabolic disease in adulthood.» *Science Advances*, 4(1).

³⁶ Это может быть связано и с бедностью: Pembrey, M., Saffery, R. and Bygren, L. O. (2015) «Network in Epigenetic Epidemiology. Human transgenerational responses to early-life experience: potential impact on development, health and biomedical research.» *Journal of Medical Genetics*, 51, 563–572.

³⁷ Промоторными областями: Borghol, N., Suderman, M., McArdle, W., Racine, A., Hallett, M., Pembrey, M., Szyf, M., et al. (2012). «Associations with early-life socio-economic position in adult DNA methylation.» *International Journal of Epidemiology*, 41(1), 62–74.

или те, кто планирует создать семью, должны знать о следующих результатах многочисленных исследований: дети, рожденные путем кесарева сечения, подвергаются повышенному риску развития астмы, диабета первого типа, ожирения, целиакии, рака и подавления иммунного ответа³⁸.

Исследуя это явление, молекулярные и клеточные биологи из известного Каролинского института в Швеции изучили эпигенетические изменения в пуповинной крови, взятой у детей, родившихся в срок после планового кесарева сечения и посредством вагинальных родов. В стволовых клетках крови младенцев из первой группы нашли больше метилированных участков ДНК, чем у младенцев, родившихся вагинально. Исследователи обнаружили специфические эпигенетические различия между группами в 343 областях ДНК, включая гены, которые, как известно, участвуют в процессах, контролирующих метаболизм и иммунодефицит. Эти исследования ясно показывают, что эпигеном младенца чувствителен к внутриутробной среде³⁹ и опыту рождения.

Во время недавней пандемии COVID-19 ученые заметили, что, попадая в организм человека, вирус вел себя по-разному: у одних становился триггером серьезного заболевания, а у других не вызывал никаких симптомов. Описанное здесь ослабление иммунной системы, передавшееся через несколько поколений, может быть одним из непризнанных факторов, наряду с социально-экономическими, которые вызывают физический и психический стресс, что объясняет яркие различия при реакции на вирус.

Распространенность сложных заболеваний, таких как рак, диабет, ожирение, аутизм и врожденные дефекты, растет темпами, которые невозможно объяснить классической генетикой. Исследования на людях и животных убедительно свидетельствуют о том, что за это могут отвечать эпигенетические механизмы.

Социальная эпигенетика

Используя мышей в качестве модели для изучения рака молочной железы у человека, исследователи продемонстрировали, что негативный социальный опыт⁴⁰ (в данном случае – изоляция) вызывает усиленный рост опухоли. Полученные результаты также подтверждают предыдущие эпидемиологические исследования, предполагающие, что социальная изоляция приводит к росту смертности среди пациентов, страдающих хроническими заболеваниями, а клинические исследования доказали, что социальная поддержка улучшает результаты лечения больных раком. Присутствие сострадательных и заботливых людей⁴¹ может изменить уровень экспрессии генов в самых разных тканях, включая мозг. Впрочем, недавний опыт борьбы с COVID-19 и без исследований убедил нас в истинности человеческой потребности во взаимодействии и общении.

Одним из самых красивых и творческих экспериментов, с которыми я сталкивался в своей профессиональной деятельности, является «Исследование перекрестного воспита-

³⁸ Причины этого до сих пор активно изучаются и могут быть связаны не с самим фактом кесарева сечения, а, например, с влиянием микробиома.

³⁹ Эпигеном младенца чувствителен к внутриутробной среде: Almgren, Malin, Schlinzig, Titus, Gomez-Cabrero, David, Ekström, Tomas J., et al. (2014). «Cesarean delivery and hematopoietic stem cell epigenetics in the newborn infant – implications for future health?» *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 211(5), 502.e1-502.e8; Schlinzig, T., Johansson, S., Gunnar, A., Ekström, T. J., Norman, M. (2009). «Epigenetic modulation at birth – altered DNA-methylation in white blood cells after Caesarean section.» *Acta Pædiatrica*, 98, 1096–1099.

⁴⁰ Социальная изоляция: Conzen, Suzanne (2009). «Social isolation worsens cancer.» *Institute for Genomics and Systems Biology*. <http://www.igsb.org/news/igsb-fellow-suzanne-d.-conzen-social-isolation-in-mice-worsens-breast-cancer>.

⁴¹ Сострадательных и заботливых людей: Slavich, G. M. and Cole, S. W. (2013). «The emerging field of human social genomics.» *Clinical Psychological Science*, 1(3), 331–348.

ния»⁴² (Kidnapping-and-Cross-Fostering Study), разработанное Джином Робинсоном, директором Института геномной биологии Иллинойского университета. Робинсон отобрал около 250 молодых пчел из двух ульев африканских пчел («пчел-убийц») и двух ульев европейских пчел (неопасных пчел) и нарисовал метки на спинах особей (не сам, разумеется, – аспиранты), чтобы невооруженным глазом определять их происхождение. Как только насекомые обзавелись потомством, его забрали и поместили в улей другого подвида⁴³. Европейские медоносные пчелы, выращенные среди более агрессивных африканских пчел, не только стали такими же воинственными, как и их новые соседи по улью, – они стали генетически похожими на них. И наоборот. Этот эксперимент убедительно доказывает, что социальная среда может радикально изменить экспрессию генов и поведение за очень короткий срок.

Дэвид Клейтон, нейробиолог и коллега Джина Робинсона из Иллинойского университета, обнаружил, что, если самец зебрового зяблика услышит, как поблизости поет другой самец⁴⁴ его вида, экспрессия определенного гена в переднем мозге птицы будет стимулироваться и это будет происходить по-разному в зависимости от того, звучал ли другой зяблик незнакомо и угрожающе или знакомо и безопасно. Певчие птицы продемонстрировали массовые, широко распространенные изменения в экспрессии генов всего за пятнадцать минут.

Реакции мозга на социальные стимулы могут быть масштабными, включающими сотни, иногда тысячи генов. Еще 20 лет назад ни один уважающий себя генетик или нейробиолог не мог и вообразить, что социальный опыт приводит к изменениям в поведении и экспрессии генов в мозге. Однако именно это мы и наблюдаем.

Трансгенерационное наследование через одно поколение (F1)

Термин «трансгенерационная эпигенетика F1» описывает влияние материнских или отцовских генетических факторов на ребенка. Ученые обозначают его как фактор F1.

В тот или иной момент, я уверен, все мы задавались вопросом, почему некоторые люди всегда спокойны, несмотря ни на что, а другие начинают волноваться по любому поводу. Недавние исследования на крысах дают ключ к разгадке. Крысы-матери, по-видимому, делятся на две группы: представители одной тратят много времени на вылизывание, кормление и уход за своими детьми, а другой – просто игнорируют потомство. Правильно воспитанные крысята, как правило, вырастают спокойными взрослыми крысами, в то время как крысята, лишённые родительской заботы, вырастают тревожными. Заботливое поведение матери-крысы в течение первой недели жизни формирует эпигеном ее детенышей, и этот паттерн имеет тенденцию сохраняться даже после того, как крысята становятся взрослыми. Разница между спокойной и встревоженной крысой⁴⁵ не генетическая, а эпигенетическая⁴⁶.

Эти данные указывают на то, что более высокий уровень материнской заботы в течение первой недели жизни приводит к формированию поведения, которое характеризуется устой-

⁴² Исследование перекрестного воспитания: Zayed, Amro and Robinson, Gene E. (2012). «Understanding the Relationship Between Brain Gene Expression and Social Behavior: Lessons from the Honey Bee.» *Annual Review of Genetics*, 46, 591–615.

⁴³ Относительно предвзятости «двух ульев африканских пчел („пчел-убийц“) и двух ульев европейских пчел (неопасных пчел)». Пожалуйста, я никого здесь не пытаюсь обидеть. Исследование посвящено пчелам, а не людям.

⁴⁴ Если самец зебрового зяблика услышит, как поблизости поет другой самец: Clayton, D. F. and London, S. E. (2014). «Advancing avian behavioral neuroendocrinology through genomics.» *Frontiers in Neuroendocrinology*, 35(1), 58–71.

⁴⁵ Разница между спокойной и встревоженной крысой: Weaver, I.C.G., Cervoni, N., Champagne, F. A., Meaney, M. J., et al. (2004). «Epigenetic programming by maternal behavior.» *Nature Neuroscience*, 7, 847–854.

⁴⁶ В то же время описаны гены, вероятно связанные с развитием тревожных состояний; таким образом, на мой взгляд, автор преувеличивает вклад одной только эпигенетики, преуменьшая вместе с тем влияние генетических факторов.

чивостью к стрессу и повышенной заботой о своем потомстве. В данном случае то, что верно для крыс, относится и к людям⁴⁷. Будущие родители, пожалуйста, примите это к сведению.

В 2011 году группа из Делавэрского университета решила изучить, влияют ли невзгоды в раннем возрасте на экспрессию генов. Они подвергали крысят воздействию жестоких воспитателей в течение 30 минут ежедневно на протяжении первых семи дней жизни. Ученые провоцировали жестокое обращение крыс-матерей с детьми, помещая их в незнакомую среду и ограниченное пространство. В результате воспитатели начали топтать, ронять, таскать, активно отвергать и грубо обращаться со своими детенышами. Такое обращение, естественно, вызывало у младенцев дистресс-реакции⁴⁸.

Нейротрофический фактор головного мозга (brain-derived neurotrophic factor, BDNF) регулирует выживание и рост нейронов, влияя на синаптическую эффективность и пластичность. У подвергшихся жестокому обращению крысят⁴⁹ ученые обнаружили значительное снижение экспрессии гена BDNF, что соответствовало предыдущим выводам о влиянии раннего жизненного опыта и о последующем пагубном изменении личности и поведения. Этот неэффективный ген сохранялся на протяжении всего развития и во взрослом возрасте.

ИЗВЕСТНО, ЧТО ЖЕСТОКИЕ И НЕБРЕЖНЫЕ ВОСПИТАТЕЛИ ДЕЛАЮТ ДЕТЕЙ ОСОБЕННО ВОСПРИИМЧИВЫМИ К КОГНИТИВНОЙ И ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИЯМ.

Жестокое обращение в детстве⁵⁰ в значительной степени вызывает более позднее диагностирование глубокой депрессии в подростковом и взрослом возрасте, а также позднее обнаружение шизофрении, пограничного расстройства личности и посттравматического стрессового расстройства.

Деликатный уход тоже имеет огромную ценность для ребенка. Например, нейробиолог Регина Салливан из Медицинской школы Нью-Йоркского университета обнаружила, что у крысят, испытывающих боль, несколько сотен генов активнее, чем у крысят, с ней не знакомых. Однако в присутствии их матерей менее ста генов аналогичным образом экспрессировались (активировались). Салливан успешно продемонстрировала, что мать, успокаивающая своего ребенка во время боли, изменяет активность генов в части мозга, отвечающей за эмоции (миндалевидное тело), и таким образом вызывает положительную краткосрочную поведенческую реакцию у ребенка⁵¹.

Это имеет важные последствия для понимания биологии привязанности и связи в послеродовой период. Каждое проявление материнской привязанности изменяет активность генов в мозге ее ребенка, что приводит к постепенному развитию у младенца ответной привязанности. Улыбка ребенка, в свою очередь, вызывает эпигенетические изменения у матери, а повторение

⁴⁷ Смелая экстраполяция в отношении такого сложного процесса, как регуляция поведения.

⁴⁸ Вызывало у младенцев дистресс-реакции: Roth, T. L., Lubin, F. D., Funk, A. J., and Sweatt, J. D. (2009). «Lasting epigenetic influence of early-life adversity on the BDNF gene.» *Biological Psychiatry*, 65(9), 760–769.

⁴⁹ У подвергшихся жестокому обращению крысят: Roth, Tania L. and Sweatt, J. David (2011). «Epigenetic mechanisms and environmental shaping of the brain during sensitive periods of development.» *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52(4), 398–408; Roth, Tania L. and Sweatt, J. David (2011). «Epigenetic marking of the BDNF gene by early-life adverse experiences.» *Hormones and Behavior, Special Issue: Behavioral Epigenetics*, 59(3), 315–320.

⁵⁰ Жестокое обращение в детстве: Bremner, J. D. (2003). «Long-term effects of childhood abuse on brain and neurobiology.» *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 12, 271–292; Heim, C. and Nemeroff, C. B. (2003). «The role of childhood trauma in the neurobiology of mood and anxiety disorders: preclinical and clinical studies.» *Biological Psychiatry*, 49, 1023–1039; Kaufman, J., Plotsky, P. M., Nemeroff, C. B., and Charney, D. S. (2000). «Effects of early adverse experiences on brain structure and function: clinical implications.» *Biological Psychiatry*, 48, 778–790; Schore, A. N. (2002). «Dysregulation of the right brain: a fundamental mechanism of traumatic attachment and the psychopathogenesis of posttraumatic stress disorder.» *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 36, 9–30.

⁵¹ Положительную краткосрочную поведенческую реакцию у ребенка: Sullivan, Regina. NYU Langone Medical Center / New York University School of Medicine. «Mother's soothing presence makes pain go away, changes gene activity in infant brain.» *ScienceDaily*, November 18, www.sciencedaily.com/releases/2014/11/141118125432.htm.

этого взаимодействия с течением времени в конечном счете способствует развитию взаимной любви.

Трансгенерационное наследование через два и три поколения (F2 и F3)

F2 и F3 используются, чтобы обозначить влияние родительского поведения, стресса или травмы на внуков и правнуков⁵². Эти эффекты часто зависят от пола.

Я восхищаюсь исследованием, проведенным в Эморийском университете. Оно очень простое и прямолинейное. Исследователи проверили, как определенные запахи, которым подвергались родители⁵³, могут влиять на поведение и мозг их потомков в разных поколениях. Ученые поражали лабораторных мышей-самцов электрическим током каждый раз, когда они подвергались воздействию запаха ацетофенона – химического вещества, используемого в парфюмерии. В результате этого классического метода воздействия мыши стали беспокоиться при одном только запахе ацетофенона. Их дети тоже стали бояться этого запаха, хотя никогда и не подвергались подобному влиянию.

Мыши не проявляли никакой реакции на другие запахи и не испытывали страха при звуках или различных типах предупреждений. Чтобы подтвердить это, ученые даже взяли сперму у первой группы мышей, а затем использовали метод экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) для имплантации спермы в самок из другой лаборатории. Беременных мышей выращивали изолированно, вдали от любых контактов с другими мышами, и все же их дети по-прежнему демонстрировали повышенную чувствительность к исходному запаху.

Аналогичные результаты получили австралийские исследователи, изучавшие мышей, зараженных паразитом, вызывающим токсоплазмоз. Они обнаружили, что сперма инфицированных отцов несла измененную эпигенетическую сигнатуру, которая влияла на мозг будущего потомства. Молекулы в сперме, так называемые микроРНК⁵⁴, по-видимому, влияют на развитие мозга и поведение потомства (подробнее о микроРНК см. на стр. 41). Трансгенерационное наследование подобных эпигенетических модификаций было связано с нервно-психическими расстройствами у детей и внуков этих мышей.

Другие исследователи изучили влияние стресса на четыре поколения крыс⁵⁵ и обнаружили, что однократное воздействие стресса на беременных матерей увеличивает риск преждевременных родов и негативно сказывается на их потомстве во многих областях. Ученые подчеркнули, что причины многих сложных заболеваний, скорее всего, коренятся в опыте наших предков.

Воздействие никотина и других компонентов сигаретного дыма на матерей признано значительным фактором риска развития поведенческих расстройств, включая синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) у многих поколений потомков. Чтобы выяснить, относится ли то же самое к отцам, исследователи из Университета штата Флорида в Таллахасси подвергали мышей-самцов воздействию низких доз никотина⁵⁶ в питьевой воде на этапе жизни, когда мыши производят сперму.

⁵² Вновь подчеркну, что эпигенетические изменения динамичны, поэтому вопрос о возможности передачи их так далеко спорен.

⁵³ Определенные запахи, которым подвергались родители: Dias, B. G., Maddox, S. A., Klengel, T., and Ressler, K. J. (2015). «Epigenetic mechanisms underlying learning and the inheritance of learned behaviors.» *Trends in Neurosciences*, 38(2), 96–107.

⁵⁴ Молекулы в сперме, так называемые микроРНК: Morgan, Christopher P. and Bale, Tracy L. (2011). «Early prenatal stress epigenetically programs dysmasculinization in second-generation offspring via the paternal lineage.» *Journal of Neuroscience*, 31(33), 11748–11755.

⁵⁵ Влияние стресса на четыре поколения крыс: Yao, Y., Robinson, A. M., Metz, G. A., et al. (2014). «Ancestral exposure to stress epigenetically programs preterm birth risk and adverse maternal and newborn outcomes.» *BMC Medicine*, 12(1), 121.

⁵⁶ Подвергали мышей-самцов воздействию низких доз никотина: McCarthy, Deirdre M., Morgan, Thomas J., Bhidé, Pradeep G., et al. (2018). «Nicotine exposure of male mice produces behavioral impairment in multiple generations of descendants.» *PLoS*

Затем они скрестили этих мышей с самками, которым никогда не давали никотин. В то время как отцы вели себя нормально, дети обоих полов проявляли гиперактивность, дефицит внимания и когнитивную ригидность. Когда самок мышей из этого поколения скрестили с самцами, никогда не получавшими никотин, у потомства мужского пола наблюдался меньший, но все же значительный дефицит когнитивной гибкости⁵⁷. Анализ сперматозоидов от самцов, изначально подвергнутых воздействию никотина, показал, что несколько генов изменились эпигенетически, включая ген рецептора дофамина D2, участвующего в развитии мозга и обучении. Такой результат предполагал, что эти изменения способствовали возникновению когнитивных нарушений у потомства, но обращал внимание на необходимость проведения дополнительных исследований того, как на здоровье детей влияет курения отца⁵⁸.

Как насчет бабушек и дедушек, которые курят? Что ж, у нас тоже есть исследование по этому поводу. Проанализировав данные о более чем 14 500 детях, родившихся в Соединенном Королевстве в 1990-х годах, эпидемиологи из Бристольского университета обнаружили, что у людей, у которых бабушки по материнской линии курили во время беременности, риск развития аутизма повышался на 53 %. Исследование также показало, что девочки, чьи бабушки по материнской линии курили⁵⁹ во время беременности, на 67 % чаще имели черты, связанные с аутизмом. Исследователи продемонстрировали, что по двум признакам (социальное общение и патологически циклические действия) внучки пострадали гораздо больше, чем внуки.

Сегодня в большинстве стран мира марихуана воспринимается как безвредная или, по крайней мере, менее вредная, чем алкоголь. Исследователи из Университета Дьюка доказали, что это убеждение необоснованно. Они проанализировали различия между спермой мужчин, которые курили или употребляли марихуану⁶⁰ другими способами, и контрольной группы, не имевшей такого опыта. Исследователи выявили значительное гипометилирование в сперме мужчин, употреблявших марихуану, в гене, который связан с аутизмом, шизофренией и посттравматическим стрессовым расстройством, однако не нашли того же у представителей контрольной группы. Это гипометилированное состояние также обнаружили в области переднего мозга крыс, рожденных от отцов, подвергшихся воздействию ТГК⁶¹, что приводило к когнитивному дефициту.

Исследователи из Медицинской школы Маунт-Синай⁶² в Нью-Йорке, решив изучить больше психологических проблем с далеко идущими последствиями, подвергли взрослых мышей-самцов хроническому стрессу от социального поражения⁶³. Затем они скрестили мышей, переживших стресс, и контрольную группу мышей-самцов с нормальными мышами-самками. Как только родилось потомство, мышат оценили с помощью различных стандартных

Biology, 16(10), e2006497.

⁵⁷ Когнитивная гибкость – это способность переключать внимание между наборами задач, атрибутами стимула, реакциями, перспективами или стратегиями. См. статью: Perone, S., Almy, B., and Zelazo, P. D. «Toward an understanding of the neural basis of executive function development.» в книге *The Neurobiology of Brain and Behavioral Development* (291–314). (Cambridge, Mass.: Academic Press, 2018).

⁵⁸ В то же время никотин и другие компоненты сигаретного дыма имеют мутагенный эффект, то есть действие на гены тоже нельзя исключать.

⁵⁹ Девочки, чьи бабушки по материнской линии курили: Golding, Jean, Ellis, Genette, Pembrey, Marcus, et al. (2017). «Grand-maternal smoking in pregnancy and grandchild's autistic traits and diagnosed autism.» *Scientific Reports*, 7, article number 46179.

⁶⁰ Спермой мужчин, которые курили или употребляли марихуану: Schrott, R., Acharya, K., Murphy, S. K., et al. (2020). «Cannabis use is associated with potentially heritable widespread changes in autism candidate gene DLGAP2 DNA methylation in sperm.» *Epigenetics*, 15(1–2), 161–173.

⁶¹ Тетрагидроканнабинол, ТГК, – вещество, содержащееся в конопле. – *Прим. ред.*

⁶² Исследователи из Медицинской школы Маунт-Синай: Dietz, D. M., LaPlant, Q., Watts, E. L., Hodes, G. E., Russo, S. J., Feng, J., et al. (2011). «Paternal transmission of stress-induced pathologies.» *Biological Psychiatry*, 70, 408–414.

⁶³ Социальное поражение – ситуация проигрыша в некоей конфронтации, часто встречающейся и у людей, и у многих социальных животных.

тестов на наличие симптомов депрессии и тревожности. Также в двух группах новорожденных мышей измерили уровни кортикостерона и фактора роста эндотелия сосудов в плазме крови.

Отпрыски как мужского, так и женского пола от отцов, подверженных хроническому стрессу, демонстрировали ярко выраженное депрессивное и тревожное поведение. У них также наблюдались повышенные базальные уровни кортикостерона в плазме крови и сниженные уровни фактора роста эндотелия сосудов, оба из которых тесно связаны с депрессией. Подобные результаты, полученные в экспериментах на мышах, показывают, что часть индивидуального риска развития клинической депрессии или других расстройств, связанных со стрессом, может определяться воздействием стресса на протяжении всей жизни отца ребенка.

Исследования, проведенные многими ведущими исследовательскими институтами, подтверждают, что интенсивные переживания, с которыми сталкиваются родители при жизни, могут с помощью механизма трансгенерационного наследования влиять на физическое и психическое здоровье их детей на протяжении бесчисленных поколений. Хотя в настоящее время это и трудно доказать, растущая волна подтверждающих исследований, похоже, продвигает гипотезу о том, что многие случаи необъяснимых фобий, тревог, расстройств настроения или личностных черт также связаны с трансгенерационным наследованием.

Травма

Давайте перейдем к часто обсуждаемой в наши дни теме – к травме. Ее обычно определяют как событие, которое вызывает сильный страх, беспомощность или ужас. Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) – это особый тип травмы. По сути, оно возникает, когда человек чувствует себя подавленным и беспомощным в опасной для жизни ситуации. Как засвидетельствовали многие ветераны, ПТСР имеет длительные и часто изнурительные последствия.

За последние 50 лет ученые написали более 500 статей о передаче травмы от поколения к поколению. Многие исследования ставят под сомнение эту концепцию, другие поддерживают ее. Детский психоаналитик Анна Фрейд впервые описала трансгенерационную передачу травмы⁶⁴ в 1942 году. В том же году Дороти Берлингем, детский психоаналитик, педагог, давний друг и партнер Анны Фрейд, упомянула о бессознательных сообщениях, передаваемых между матерями и детьми во время немецкой бомбардировки Лондона в ходе Второй мировой войны.

Маргарет Малер, детский психоаналитик из Соединенных Штатов, в 1968 году заметила, что мать и ее ребенок, находящийся в младенческом возрасте, с психологической точки зрения функционируют почти как единое целое. Она считала, что психические границы матери и ребенка⁶⁵ гибки. Два десятилетия спустя профессор социальных наук из племени коренных американцев лакота по имени Мария Желтая Лошадь Храброе Сердце придумала термин «историческая травма»⁶⁶. Под ним подразумевался «совокупный эмоциональный и психологический ущерб, наносимый на протяжении всей жизни и передающийся из поколения в поколение».

Как показала приведенная выше краткая ретроспектива, в прошлом психологи и психиатры рассматривали передачу травмы из поколения в поколение как чисто психологический феномен. Согласно этой теории, начиная с момента зачатия беспокойство матери, бессозна-

⁶⁴ Трансгенерационную передачу травмы: Freud, A., and Burlingham, D. *War and Children* (New York: International University Press, 1942).

⁶⁵ Психические границы матери и ребенка: Mahler, M. S. (1968.) «On Human Symbiosis and the Vicissitudes of Individuation». *Journal of the American Psychoanalytic Association*. doi:10.1177/000306516701500401.

⁶⁶ «Историческая травма»: Brave Heart, M.Y.H., Chase, J., Elkins, J., and Altschul, D. B. (2011). «Historical trauma among indigenous peoples of the Americas: Concepts, research, and clinical considerations.» *Journal of Psychoactive Drugs*, 43(4), 282–290.

тельные фантазии, восприятие и ожидания передаются разуму и телу ребенка посредством вербальных и невербальных сигналов. Родители, пережившие травму, могут постоянно говорить или, что бывает чаще, никогда не говорить об этом вовсе. Просто проживание с человеком, страдающим от ПТСР, может быть травмирующим. Дети в таких семьях испытывают свое собственное ПТСР, «осторожничая» с родителями⁶⁷, задаваясь вопросом, что те скрывают.

Идея о том, что родительский травмирующий опыт может передаться последующим поколениям, получила признание в научных кругах в конце 1970-х и начале 1980-х годов.

С середины 1980-х контролируемые исследования детей, переживших холокост⁶⁸ (к тому моменту уже взрослых), показали повышенную подверженность ПТСР, недоверие к миру, нарушение родительских функций, склонность к хронической меланхолии, неспособность выражать чувства, предрасположенность к постоянному страху опасности, тревоге от разлуки, пограничным проблемам и другим психическим расстройствам.

Сегодня мы знаем, что высказанные или невысказанные мысли родителей с ПТСР могут повлиять на ребенка как на биологическом, так и на психологическом уровне. Точно так же, как родители передают генетические характеристики своим детям, они передают все виды приобретенных, то есть эпигенетических, характеристик, особенно если те возникли в результате сильных эмоциональных переживаний, таких как голод, насилие или трагическая потеря близких⁶⁹. Подобные травмирующие события оставляют отпечаток на генетическом материале в половых клетках отдельных людей и могут передаваться их детям, внукам и так далее.

Рэйчел Йегуда, профессор психиатрии и неврологии из Медицинской школы Маунт-Синай, взялась изучать детей тех, кто пережил холокост. Она обнаружила, что у них в три раза чаще развивалось посттравматическое стрессовое расстройство, когда они подвергались травмирующему событию, чем у демографически сопоставимых родителей и их детей из контрольных групп. Кроме того, у этих детей были те же нейроэндокринные (гормональные) отклонения⁷⁰, которые наблюдались у переживших холокост и лиц с посттравматическим стрессовым расстройством⁷¹.

После террористических атак 11 сентября 2001 года Йегуда и ее коллеги провели проспективное исследование 38 женщин, которые были беременны 11 сентября⁷² и находились либо во Всемирном торговом центре, либо рядом с ним во время нападения. Дети женщин, получивших травму в результате теракта, впоследствии проявляли повышенную реакцию на

⁶⁷ «Осторожничая» с родителями: Volkan, Vamik, D. (1998). «Transgenerational Transmissions and Chosen Traumas.» Вступительное слово XIII Международного конгресса. Международная ассоциация групповой психотерапии. <http://www.vamikvolkan.com/Transgenerational-Transmissions-and-Chosen-Traumas.php>.

⁶⁸ Исследования детей, переживших холокост: Barocas, H. A. and Barocas, C. B. (1979). «Wounds of the fathers: The next generation of Holocaust victims.» *International Review of Psycho-Analysis*; Freyberg, J. T. (1980). «Difficulties in separation-individuation as experienced by holocaust survivors.» *American Journal of Orthopsychiatry*, 50(1), 87–95; Fogelman, E. and Savran, B. (1980). «Brief group therapy with offspring of Holocaust survivors: Leaders' reactions.» *American Journal of Orthopsychiatry*, 50(1), 96.

⁶⁹ Эпигенетические показатели динамичны, поэтому передать ВСЕ набор характеристик было бы довольно сложно.

⁷⁰ Нейроэндокринные (гормональные) отклонения: Sorscher, N. and Cohen, L. J. (1997). «Trauma in children of Holocaust survivors: Transgenerational effects.» *American Journal of Orthopsychiatry*, 67(3), 493; Yehuda, R., Halligan, S. L., and Grossman, R. (2001). «Childhood trauma and risk for PTSD: relationship to intergenerational effects of trauma, parental PTSD, and cortisol excretion.» *Development and Psychopathology*, 13(3), 733–753; Yehuda, Rachel, Daskalakis, Nikolaos P., Binder, Elisabeth B., et al. (2016). «Holocaust Exposure Induced Intergenerational Effects on FKBP5 Methylation.» *Biological Psychiatry*, 80(5), doi: 10.1016/j.biopsych.2015.08.005.

⁷¹ Лиц с посттравматическим стрессовым расстройством: Yehuda, R., Daskalakis, N. P., Lehrner, A., Desarnaud, F., Bader, H. N., Makotkine, I., et al. (2014). «Influences of maternal and paternal PTSD on epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor gene in Holocaust survivor offspring.» *American Journal of Psychiatry*, 171(8), 872–doi: 10.1176/appi.ajp.2014.13121571.

⁷² Исследование 38 женщин, которые были беременны 11 сентября: Yehuda, R., et al. (2005). «Transgenerational Effects of Posttraumatic Stress Disorder in Babies of Mothers Exposed to the World Trade Center Attacks during Pregnancy.» *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. doi: 10.1210/jc.2005–0550.

стресс при появлении новых стимулов. Дети с сильнейшей реакцией на бедствие родились у матерей, которые на момент нападения находились на втором или третьем триместре⁷³.

Нейробиологи из Цюрихского университета исследовали влияние ранней травмы, искусственно отлучая мышей-самцов от их матерей⁷⁴ в случайный момент в первые две недели жизни. Когда эти мыши стали взрослыми, они с большим опасением относились к открытым пространствам и ярко освещенным помещениям, чем мыши, которых не разлучали с матерями. Если бы они были людьми, мы бы считали их невротиками. Эти изменения в поведении присутствовали у потомства мышей, которое также проявляло изменения в метаболизме, и у детей их детей. Это исследование впервые успешно продемонстрировало, что травматические переживания влияют на обмен веществ и что эти изменения являются наследственными.

Многочисленные исследования грызунов и приматов⁷⁵ также показали, что ранняя травма вызывает длительные изменения в нервных функциях и поведении⁷⁶. Одним из медиаторов этого процесса может быть вышеупомянутый белок BDNF, который вызывает изменения в одноименном гене.

Как передаются эпигенетические изменения

Большая часть исследований в области эпигенетики были сосредоточены на эпигенетических механизмах, связанных с ДНК и определенными молекулами (метильными и ацетильными группами), которые присоединяются к ДНК. Среди генетиков ведется много дискуссий о том, как эпигенетические изменения передаются через сперматозоиды и яйцеклетки. Классический генетический код – это не единственный код, участвующий в регуляции клеточной дифференцировки и поведения многоклеточных организмов. Существует второй уровень контроля, который способствует регуляции активности генов, и он основан на химических модификациях гистоновых белков. Я кратко упомянул гистоны в начале этой главы. До сих пор они привлекали относительно мало внимания. Гистоны отличаются от ДНК, но соединяются с ней во время формирования клетки, действуя в каком-то смысле как катушка, вокруг которой наматывается ДНК.

В ходе совместной работы Макгиллского университета и швейцарских исследователей было обнаружено, что гистоны являются частью содержимого сперматозоидов, передаваемого при оплодотворении. Исследователи вывели мышей, у которых слегка изменили биохимическую информацию о гистонах во время образования сперматозоидов, и на два поколения их потомства⁷⁷ это оказало негативное влияние как с точки зрения развития, так и со стороны выживания.

⁷³ Находились на втором или третьем триместре: Sarapas, C., et al. (2011). «Genetic markers for PTSD risk and resilience among survivors of the World Trade Center attacks.» *Disease Markers*, 30(2–3), 101–110.

⁷⁴ Искусственно отлучая мышей-самцов от их матерей: Gapp, Katharina, Bohacek, Johannes, Mansuy, Isabelle M., et al. (2016). «Potential of Environmental Enrichment to Prevent Transgenerational Effects of Paternal Trauma.» *Neuropsychopharmacology*, 41(11), 2749–2758 Gapp, Katharina, Jawaid, Ali, Sarkies, Peter, Mansuy, Isabelle M., et al. (2014). «Implication of sperm RNAs in transgenerational inheritance of the effects of early trauma in mice.» *Nature Neuroscience*, 17, 667-doi: 10.1038/nn.3695.

⁷⁵ Многочисленные исследования грызунов и приматов: Branchi, I., Francia, N., and Alleva, E. (2004). «Epigenetic control of neurobehavioral plasticity: the role of neurotrophins.» *Behavioral Pharmacology*, 15, 353–362; Roth, T. L., Lubin, F. D., Funk, A. J., and Sweatt, J. D. (2009). «Lasting epigenetic influence of early-life adversity on the BDNF gene.» *Biological Psychiatry*, 65(9), 760–769.

⁷⁶ Длительные изменения в нервных функциях и поведении: Korosi, A. and Baram, T. Z. (2009). «The pathways from mother's love to baby's future.» *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. Epub ahead of print September 24, 2009; Pryce, C. R. and Feldon, J. (2003). «Long-term neurobehavioral impact of postnatal environment in rats: manipulations, effects and mediating mechanisms.» *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 27, 57–71; Sanchez, M. M. (2006). «The impact of early adverse care on HPA axis development: Nonhuman primate models.» *Hormones and Behavior*, 50, 623–631.

⁷⁷ На два поколения их потомства: Gapp, Katharina, Bohacek, Johannes, Mansuy, Isabelle M., et al. (2016). «Potential of Environmental Enrichment to Prevent Transgenerational Effects of Paternal Trauma.» *Neuropsychopharmacology*, 41(11), 2749-doi:

Эти результаты весьма примечательны, поскольку они указывают на то, что не только ДНК участвует в наследуемости. В исследовании подчеркивается важнейшее влияние отцов на здоровье⁷⁸ их детей и даже внуков.

Другой предлагаемый механизм регуляции генов включает небольшие некодирующие РНК, называемые микроРНК⁷⁹, обнаруженные во многих типах клеток млекопитающих, включая сперму. Около 60 % генов человека и других млекопитающих, по-видимому, являются мишенями микроРНК. МикроРНК представляют собой недавно открытый тип генного регулятора⁸⁰: каждая из них контролирует отдельный набор генов. МикроРНК оказываются главными регуляторами практически всех клеточных процессов, контролируя множество из них, в частности клеточный цикл, передачу сигналов и энергетический метаболизм⁸¹.

В исследовании Медицинской школы Университета Тафтса⁸² самцы мышей, подвергавшиеся хроническому стрессу из-за социальной нестабильности в подростковом возрасте, передавали связанное со стрессом поведение потомкам женского пола по крайней мере через три поколения, даже если те никогда не испытывали значительного стресса или не взаимодействовали с предками по мужской линии. Ученые обнаружили, что одной из составных частей этого эффекта являются микроРНК сперматозоидов.

Известно, что на экспрессию микроРНК сперматозоидов у людей влияют факторы окружающей среды, такие как курение и ожирение. Однако группа ученых из Делавэрского университета первой продемонстрировала изменения микроРНК сперматозоидов в ответ на стресс у людей и заговорила о вероятности того, что микроРНК сперматозоидов могут служить биомаркером раннего жестокого обращения, а также повышенной восприимчивости потомства к психическим расстройствам.

МикроРНК играют важную роль в защите организма от вторжений вирусов⁸³, что мы осознали, когда разразился кризис, вызванный COVID-Они делают это, захватывая и разрезая РНК-материал вируса. Одна из причин того, что вирус COVID-19 оказал такое разрушительное воздействие на пожилых людей и людей с сопутствующими болезнями, заключается в том, что по мере старения и развития хронических заболеваний количество микроРНК уменьшается, из-за чего снижается способность уничтожать вторгающиеся в организм вирусы.

Новые подробности о микроРНК успешно выяснили нейробиологи из Мэрилендского университета, изучающие внеклеточные везикулы⁸⁴. Мужской репродуктивный орган – придаток яичка, в котором созревает сперма, – это место, откуда происходят эти крошечные везикулы, наполненные микроРНК. Везикулы сливаются со сперматозоидом, чтобы изменить

10.1038/npp.2016.87; Gapp, Katharina, Jawaaid, Ali, Sarkies, Peter, Mansuy, Isabelle M., et al. (2014). «Implication of sperm RNAs in transgenerational inheritance of the effects of early trauma in mice.» *Nature Neuroscience*, 17, 667-doi: 10.1038/nn.3695.

⁷⁸ Важнейшее влияние отцов на здоровье: Siklenka, Keith, Erkek, Serap, Kimmins, Sarah, et al. (2015). «Disruption of histone methylation in developing sperm impairs offspring health transgenerationally.» *Science*, 350(6261).

⁷⁹ Небольшие некодирующие РНК, называемые микроРНК: Ebert, M. S. and Sharp, P. A. (2012) «Roles for microRNAs in conferring robustness to biological processes.» *Cell*, 149, 515–524; Biggar, K. K. and Storey, K. B. (2011) «The emerging roles of microRNAs in the molecular responses of metabolic rate depression.» *Journal of Molecular Cell Biology*, 3, 167–175.

⁸⁰ Недавно открытый тип генного регулятора: Morgan, Christopher P. and Bale, Tracy L. (2011). «Early prenatal stress epigenetically programs dysmasculinization in second-generation offspring via the paternal lineage.» *Journal of Neuroscience*, 31(33), 11748–11755.

⁸¹ Нельзя назвать их «главными» регуляторами. Эту же роль играют белки (транскрипционные факторы), некоторые другие виды РНК.

⁸² В исследовании Медицинской школы Университета Тафтса: Gapp, Katharina, Jawaaid, Ali, Sarkies, Peter, Mansuy, Isabelle M., et al. (2014). «Implication of sperm RNAs in transgenerational inheritance of the effects of early trauma in mice.» *Nature Neuroscience*, 17, 667-doi: 10.1038/nn.3695.

⁸³ В защите организма от вторжений вирусов: Sadanand, Fulzele, Bikash, Sahay, Carlos, M. Isales, et al. (2020). «COVID-19 Virulence in Aged Patients Might Be Impacted by the Host Cellular MicroRNAs Abundance/Profile.» *Aging and Disease*, 11(3), 509–522.

⁸⁴ Внеклеточные везикулы – это крошечные внеклеточные пузырьки, которые выделяют клетки различных тканей или органов в окружающую их среду. – Прим. пер.

полезный груз, доставляемый яйцеклетке. Придаток яичка реагирует на стресс отца изменением содержимого этих везикул.

Внеклеточные везикулы стали важными посредниками в межклеточной коммуникации, то есть они участвуют в передаче биологических сигналов между клетками. Было установлено, что они регулируют широкий спектр биологических процессов, воздействие стресса, а также приводят к развитию инфекций, рака и нейродегенеративных заболеваний. Внеклеточные везикулы помогают передавать информацию между клетками и от родителей к потомству. В важном отступлении от прошлых предположений ученые, ведущие исследование в Мэрилендском университете, приняли идею о том, что сперма может быть подвержена влиянию факторов окружающей среды⁸⁵.

Аналогичным образом накапливаются доказательства⁸⁶ того, что предшествующее зачатию воздействие определенных факторов образа жизни, таких как питание, физическая активность и курение, влияет на развитие следующего поколения посредством изменений эпигенома сперматозоидов.

Связанное с этим исследование, проведенное в Медицинской школе Массачусетского университета⁸⁷, показало, что эмбрионы, оплодотворенные спермой из отдаленной части придатка яичка, где сперматозоиды еще не набрали полезную нагрузку регуляторных РНК, демонстрируют нарушение регуляции генов на ранних стадиях развития, что мешает им эффективно имплантироваться в эндометрий матки. Иначе говоря, микроРНК в сперме необходимы для здоровой беременности.

В последнее десятилетие ученые установили, что небольшие молекулы РНК можно обнаружить вне клеток – в крови, моче, слезах, спинномозговой жидкости, грудном молоке, амниотической жидкости, семенной жидкости и др. Более того, ученые обнаружили, что небольшие фрагменты циркулирующей РНК могут отражать определенные состояния, такие как наличие раковой опухоли или расстройств, возникающих во время беременности.

В то время как некоторые ученые по-прежнему скептически относятся к мнению, что внеклеточная РНК и ДНК представляют собой нечто большее, чем мусор, объединенная команда нейрогенетиков из Оксфордского университета и Массачусетской больницы общего профиля рассматривает их как недавно открытую форму связи между клетками⁸⁸, которая сильно влияет на здоровье человека. Например, многочисленные исследования предполагают, что микроРНК действуют, как инструкции, которые помогают координировать иммунный ответ.

Я полностью согласен с Маркусом Пембри, почетным профессором детской генетики из Университетского колледжа Лондона, который уже более 10 лет отстаивает идею эпигенетического наследования. Пембри сказал: «Исследователям общественного здравоохранения давно пора⁸⁹ серьезно отнестись к реакциям людей на трансгенерационные переносы». Я подозреваю, что мы не сумеем понять причину роста распространенности нейропсихиатрических рас-

⁸⁵ Сперма может быть подвержена влиянию факторов окружающей среды: Morgan, Christopher P. and Bale, Tracy L. (2011). «Early prenatal stress epigenetically programs dysmasculinization in second-generation offspring via the paternal lineage.» *Journal of Neuroscience*, 31(33), 11748–11755.

⁸⁶ Накапливаются доказательства: Donkin, I. and Barrès, R. (2018). «Sperm epigenetics and influence of environmental factors.» *Molecular Metabolism*, 14, 1–11.

⁸⁷ Связанное с этим исследование, проведенное в Медицинской школе Массачусетского университета: Conine, C. C., Sun, F., Rando, O. J., et al. (2018). «Small RNAs gained during epididymal transit of sperm are essential for embryonic development in mice.» *Developmental Cell*, 46(4), 470–480.

⁸⁸ Недавно открытую форму связи между клетками: Andaloussi, S. E., Mäger, I., Breakefield, X. O., and Wood, M. J. (2013). «Extracellular vesicles: biology and emerging therapeutic opportunities.» *Nature Reviews Drug Discovery*, 12(5), 347–357.

⁸⁹ «Исследователям общественного здравоохранения давно пора»: Griffin, Matthew (August 29, 2016) «Researchers Find Evidence That Ancestors' Memories Are Passed Down in DNA.» *Enhanced Humans and Biotech*. <https://www.311institute.com/researchers-find-evidence-that-ancestors-memories-are-passed-down-in-dna/>.

стройств, ожирения, диабета и нарушений обмена веществ без применения подхода, при котором рассматриваются сразу несколько поколений.

Личная эпигенетика

В течение долгого времени мы знали, что разум влияет на тело, а тело – на разум. Например, люди, находящиеся в состоянии стресса, чаще заболевают, а люди, болеющие гриппом, часто чувствуют себя подавленными и даже впадают в депрессию⁹⁰. С другой стороны, занятия деятельностью, которая вас привлекает и удовлетворяет, поиск смысла вне себя, наличие друзей, супруга и близости – все это тесно связано со счастьем, которое, в свою очередь, связано с хорошим здоровьем.

На медицинском языке взаимный процесс называется психосоматической медициной, или медициной тела и разума.

Другой способ, при помощи которого разум может воздействовать на тело, – это широко распространенная практика медитации. Согласно исследованию, проведенному в Висконсине, восьмичасовая медитация на внимательность, альтруистическую любовь и сострадание вызывает серьезные эпигенетические изменения.

Исследователи обнаружили, что, по сравнению с контрольной группой, члены которой не медитировали, но занимались досугом в той же обстановке, медитирующие оказались более устойчивы к инфекциям и болезням в целом. Медитирующие достигли положительной, полезной⁹¹ эпигенетической трансформации путем саморегуляции. Я думаю, нам всем пошло бы на пользу пойти по стопам медитирующей группы.

Давайте посмотрим на другое исследование, посвященное саморегуляции. Исследователи разделили 84 гостиничных горничных в Нью-Йорке на две группы⁹². Одной группе сказали, что работа, которую они выполняют, является хорошим упражнением и соответствует рекомендациям по активному образу жизни. Эта информация стала эквивалентом плацебо. Другой (контрольной) группе данную информацию не предоставили. Хотя фактическое поведение не изменилось, через четыре недели после начала эксперимента информированная группа почувствовала, что наблюдает значительно больше физических изменений, чем раньше. По сравнению с контрольной группой у них наблюдалось снижение веса, артериального давления, жировых отложений, соотношения талии и бедер и индекса массы тела. Женщины в экспериментальной группе работали не усерднее, чем представительницы контрольной, но их система убеждений фактически изменила то, как функционировали их тела.

Рассматривая эти исследования в совокупности, можно сказать: они ясно показывают, что наши мысли и чувства гораздо сильнее, чем мы предполагаем. Мысль – это набор запускаемых нейронов, которые посредством сложной мозговой проводки активируют множество пересекающихся путей: эмоциональные и болевые центры, воспоминания, автономную нервную систему, геном и другие части телесного разума. Геном равно реагирует как на внешние стимулы (окружающую среду), так и на внутренние (мысли, чувства, настроение).

⁹⁰ Что, например, хорошо объясняется теорией о нейроэндокринных взаимодействиях и эффектами эндокринной системы на иммунную.

⁹¹ Эпигенетической трансформации путем саморегуляции: Kaliman, Perla, Alvarez-Lopez, Maria Jesus, Davidson, Richard J., et al. (2014). «Rapid changes in histone deacetylases and inflammatory gene expression in expert meditators.» *Psychoneuroendocrinology*, 40, 96–107.

⁹² Разделили 84 гостиничных горничных в Нью-Йорке на две группы: Crum, Alia J. and Langer, Ellen J. (2007). «Mind-Set Matters: Exercise and the Placebo Effect.» *Psychological Science*, 18(2), 165–171.

Хорошие новости

Согласно новому исследованию, проведенному в Хельсинкском университете, у любителей классической музыки во время прослушивания Концерта для скрипки № 3 соль мажор Моцарта⁹³ повышается активность генов, участвующих в секреции и транспортировке дофамина, синаптической нейротрансмиссии, обучении и памяти, а также понижается активность генов, опосредующих разрушение нейронов. Все это идет на пользу организму, что означает лишь одно: нечто приятное может изменить экспрессию генов.

То, как мы проживаем свою жизнь, может оказать существенное влияние на процессы старения и развития болезней, включая рак. Что касается физической стороны вопроса, то исследователи из Базельского университета обнаружили, что аспирин и заместительная гормональная терапия⁹⁴ снижают скорость метилирования генов, связанных с раком толстой кишки, в то время как курение и высокий индекс массы тела (ИМТ) повышают ее.

Стив Коул, профессор медицины, психиатрии и поведенческих наук из Медицинской школы Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, написал много работ на тему саморегуляции. Он считает – и я полностью с ним согласен, – что мы являемся архитекторами своих жизней⁹⁵ в большей степени, чем привыкли считать.

Наш субъективный опыт обладает большей силой, чем объективная ситуация.

Если мы будем хорошо к себе относиться, то заметим не только улучшение самочувствия, но и отношений с другими людьми. Другие будут любить и уважать нас, что, в свою очередь, заставит нас чувствовать себя еще лучше. Таким образом, мы создаем самоусиливающуюся систему вознаграждения, основанную на эпигенетике.

Тщательный обзор медицинской литературы для определения силы связи между оптимизмом и физическим здоровьем⁹⁶ показал, что оптимизм является важным предиктором положительной динамики при сердечно-сосудистых заболеваниях, а также влияет на иммунную функцию, рак, осложнения, связанные с беременностью, и физические симптомы, такие как боль. Люди, которые полны энтузиазма и надежды и радуются жизни⁹⁷ – то, что психологи называют позитивным мышлением, – с меньшей вероятностью будут испытывать возрастное нарушение памяти. Это не означает, что они никогда не заболеют (психически или физически), но оптимисты, у которых диагностировано биполярное расстройство⁹⁸

⁹³ Во время прослушивания Концерта для скрипки № 3 соль мажор Моцарта: Kanduri, Chakravarthi, Raijas, Pirre, Järvelä, Irma (2015). «The effect of listening to music on human transcriptome.» *PeerJ*, 23, edoi: 10.7717/peerj.830.

⁹⁴ Аспирин и заместительная гормональная терапия: Noreen, Faiza, Röösli, Martin, Gaj, Pawel, et al. (2014). «Modulation of Age- and Cancer-Associated DNA Methylation Change in the Healthy Colon by Aspirin and Lifestyle.» *Journal of the National Cancer Institute*, 07/2014, 106(7).

⁹⁵ Мы являемся архитекторами своих жизней: Cole, Steve W. (2009). «Social Regulation of Human Gene Expression.» *Current Directions in Psychological Science*, 18(3), 132–137.

⁹⁶ Связи между оптимизмом и физическим здоровьем: Rasmussen, H. N., Scheier, M. F., and Greenhouse, J. B. (2009). «Optimism and physical health: A meta-analytic review.» *Annals of Behavioral Medicine*, 37(3), 239–256.

⁹⁷ Люди, которые испытывают энтузиазм и надежду и радуются жизни: Hittner, E. F., Stephens, J. E., Turiano, N. A., Gerstorf, D., Lachman, M. E., and Haase, C. M. (2020). «Positive Affect Is Associated With Less Memory Decline: Evidence From a 9-Year Longitudinal Study.» *Psychological Science*, 31(11), 1386–doi: 10.1177/0956797620953883.

⁹⁸ Биполярное расстройство: Ossola, Paolo, Garrett, Neil, Sharot, Tali, and Marchesi, Carlo (2020). «Belief updating in bipolar disorder predicts time of recurrence.» *eLife*, 9.

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.