

*Мину и Дилану — настойчиво призывавшим меня
прислушиваться к внутренним чувствам.*

*Моему наставнику Джону Уолшу,
пробудившему интерес к коммуникации между мозгом
и пищеварительным трактом*

A collection of various microscopic organisms, including bacteria, fungi, and viruses, rendered in a stylized, grey-toned illustration. They are scattered across the top and left sides of the cover, creating a sense of a diverse microbial world.

THE Mind - Gut CONNECTION

How the Hidden Conversation Within Our Bodies
Impacts Our Mood, Our Choices,
and Our Overall Health

DR. EMERAN MAYER



HARPER WAVE

An Imprint of HarperCollinsPublishers



ВТОРОЙ МОЗГ

Как микробы в кишечнике
управляют нашим настроением,
решениями и здоровьем

ДОКТОР ЭМЕРАН МАЙЕР

Перевод с английского

АНО
АЛЬПИНА НОН-ФИКШН

Москва
2018

УДК 612.326.3
ББК 52.64
М14

Переводчик Владимир Егоров
Научный редактор Елизавета Хиразова
Редактор Владимир Потапов

Майер Э.

М14 Второй мозг: Как микробы в кишечнике управляют нашим настроением, решениями и здоровьем / Эмеран Майер ; Пер. с англ. — М.: Альпина нон-фикшн, 2018. — 348 с.

ISBN 978-5-91671-885-0

Могут ли микробы влиять на наши эмоции и поступки? Оказывается, они способны не только на это, но и на многое другое! Доктор медицинских наук Эмеран Майер представляет в своей книге революционный взгляд на устройство человеческого организма и на то, какую роль в нем играет взаимодействие между головным мозгом и желудочно-кишечным трактом. Триллионы микроорганизмов, обитающих в кишечнике, находятся в постоянной связи друг с другом и с головным мозгом, и именно от нее во многом зависит и наше общее состояние, и даже принятие жизненных решений. Кроме того, сбои в этом взаимодействии ведут к развитию депрессии, аутизма, деменции и болезни Паркинсона. Автор убедительно показывает, что здоровье организма и борьба с серьезными хроническими заболеваниями невозможны без налаживания правильного диалога со своими микробами.

УДК 612.326.3
ББК 52.64

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети интернет и в корпоративных сетях, а также запись в память ЭВМ для частного или публичного использования, без письменного разрешения владельца авторских прав. По вопросу организации доступа к электронной библиотеке издательства обратитесь по адресу mylib@alpina.ru.

ISBN 978-5-91671-885-0 (рус.)
ISBN 978-0-06-237655-8 (англ.)

© 2016 by Dr. Emeran Mayer
© Издание на русском языке, перевод, оформление.
ООО «Альпина нон-фикшн», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть I

НАШЕ ТЕЛО — РАЗУМНЫЙ СУПЕРКОМПЬЮТЕР

- Глава 1. Разум и тело действительно взаимодействуют друг с другом 9
- Глава 2. Как головной мозг общается с пищеварительным трактом..... 37
- Глава 3. Как пищеварительный тракт общается с головным мозгом..... 61
- Глава 4. Разговор микроорганизмов — важный компонент общения между головным мозгом и пищеварительным трактом..... 85

Часть II

ИНТУИЦИЯ И ВНУТРЕННИЕ ЧУВСТВА

- Глава 5. Негативные воспоминания: влияние раннего жизненного опыта на диалог между головным мозгом и пищеварительным трактом 119

Глава 6. Новое понимание природы эмоций	152
Глава 7. Понимание сущности интуитивно принимаемых решений	182

ЧАСТЬ III
КАК ОПТИМИЗИРОВАТЬ ЗДОРОВЬЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА
И ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА

Глава 8. Роль еды: уроки охотников и собирателей.....	215
Глава 9. Натиск американской диеты: чего не предусмотрела эволюция	244
Глава 10. Простой путь к оздоровлению и оптимальному здоровью.....	285
Благодарности	315
Список рекомендуемой литературы.....	317
Предметно-именной указатель.....	333

ЧАСТЬ

I

**НАШЕ ТЕЛО —
РАЗУМНЫЙ
СУПЕРКОМПЬЮТЕР**

1

ГЛАВА

РАЗУМ И ТЕЛО ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ ДРУГ С ДРУГОМ

Когда в 1970 г. я начинал изучать медицину, врачи относились к человеку как к сложной машине, состоящей из конечного числа независимо работающих узлов. Считалось, что эта машина прослужит примерно 75 лет, если о ней нормально заботиться и заправлять подходящим топливом. Как любой автомобиль высокого класса, она хорошо ездит, если только не попадала в аварии, не получала серьезных повреждений или тем более ее части не ломалась. Все, что нужно делать, чтобы избежать неприятных неожиданностей с машиной нашего организма, — проходить регулярные осмотры. А для устранения таких неотложных проблем, как инфекционные заболевания, случайные травмы или болезни сердца, у медицины в целом и хирургии в частности есть в наличии мощные инструменты.

Однако за последние 40–50 лет с нашим здоровьем стало твориться что-то неладное, причем на глубинном уровне, и поэтому прежняя модель здоровья, по всей видимости, уже не мо-

жет ни объяснить причин кардинальных сбоев, ни тем более подсказать, как с ними справиться. Происходящее с организмом уже нельзя объяснить только неправильной работой одного органа или гена. Мы начинаем понимать, что на сложные регуляторные механизмы, помогающие нашему телу и мозгу адаптироваться к динамично меняющейся среде, влияют перемены в образе жизни. Эти механизмы не функционируют независимо друг от друга, а работают как части единого целого, образуя систему. Они регулируют потребление нами пищи, обмен веществ и вес, работу иммунной системы, а также развитие и здоровье головного мозга*. Только сейчас мы начинаем понимать, что желудочно-кишечный (ЖКТ, пищеварительный) тракт с живущими в нем микроорганизмами и сигнальными молекулами, которые они производят из своих генов, является одним из основных компонентов этих систем.

В этой книге я познакомлю вас с новым, революционным взглядом на то, как мозг, ЖКТ и триллионы обитающих в нем микроорганизмов (микробиота/микробиом**) взаимодействуют друг с другом, образуя условную ось. Особое внимание будет уделено роли этого взаимодействия в сохранении здоровья мозга и пищеварительной системы. Также будут показаны негативные последствия для здоровья этих двух органов, возникающие при нарушениях взаимодействия между ними, и предложены способы достижения оптимального здоровья за счет восстановления и оптимизации связей между мозгом и пищеварительным трактом.

Уже на студенческой скамье меня не устраивали доминирующие традиционные подходы к медицине. Изучая системы, органы и механизмы заболеваний, я не переставал удивляться

* Далее под мозгом (brain) подразумевается головной мозг (спинной и кишечный, или маленький, мозг, о которых говорит автор книги, всегда называются полностью). — *Прим. пер.*

** Микробиом — современное расширенное понятие микробиоты и совокупности генов составляющих ее микроорганизмов. В дальнейшем термины «микробиота» и «микробиом» используются как синонимы. — *Прим. пер.*

тому, что головной мозг и его возможная роль в возникновении таких распространенных заболеваний, как язва желудка, гипертония или хронические боли, упоминались крайне редко. Во время врачебных обходов в больнице я видел многих пациентов, у кого даже самые тщательные диагностические исследования не помогли выявить причины возникновения симптомов. В основном они проявлялись как хронические боли — в животе, тазовой области и грудной клетке. Поэтому на третьем году обучения я решил, что буду писать дипломную работу по биологии взаимодействия головного мозга с организмом, надеясь, что это поможет мне лучше разобраться в причинах многих распространенных заболеваний. В течение нескольких месяцев я задавал вопросы профессорам, которые специализировались в лечении таких болезней. «Мистер Майер, — сказал мне как-то Карл, профессор кафедры внутренних болезней моего университета, — мы все знаем, насколько важную роль в хроническом заболевании играет психика. Но у нас нет ни одного научного способа, который позволил бы изучить это явление клинически. Поймите, у вас нет шансов написать дипломную работу на эту тему».

Модель болезни, которой следовал профессор Карл и остальные представители традиционной системы медицины, была хорошо приспособлена для описания механизма ряда острых заболеваний. Такие болезни возникали внезапно и/или продолжались недолго, как это случается при инфекциях, сердечных приступах или неотложных состояниях, требующих операций, например при воспалении аппендикса. Благодаря успехам в лечении таких болезней вера представителей современной медицины в традиционную модель только крепла. В тот период едва ли оставалось какое-нибудь инфекционное заболевание, которое нельзя было бы вылечить набиравшими мощностю антибиотиками. Считалось что новые хирургические методы могут справиться со многими болезнями: пришедшие в негодность части организма можно было удалить или заменить. Оставалось только выяснить оставшиеся, в том числе малейшие, де-

тали общей конструкции машины нашего организма, которые обеспечивали функционирование ее отдельных узлов. Американская система здравоохранения, все больше и больше зависящая от развития новых технологий, активно поддерживала всеобщий оптимизм и веру в то, что в конце концов нам удастся справиться даже со смертельно опасными хроническими заболеваниями, в том числе с таким бичом человечества, как рак.

Когда президент Ричард Никсон в 1971 г. подписал закон о Национальной программе борьбы с раком (National Cancer Act of 1971), западная медицина вышла на очередные рубежи и стала пользоваться новой метафорой — из военной области. Рак стал врагом нации, а организм человека — полем битвы. Чтобы избавить организм от болезни, врачи взяли на вооружение стратегию выжженной земли: теперь они использовали токсичные химические вещества, назначали смертельно опасные дозы радиации и проводили хирургические операции, чтобы наносить по раковым клеткам все более мощные удары. До этого медицина успешно использовала подобную стратегию в борьбе с инфекционными заболеваниями, предлагая широкий спектр антибиотиков, причем таких, которые могли убивать многие виды полезных бактерий, чтобы в конце концов уничтожить болезнетворные. Пока победа в целом была на стороне медиков, сопутствующий ущерб стал считаться приемлемым риском.

В течение многих десятилетий именно эта механистическая и милитаристская модель болезни определяла главное направление медицинских исследований: считалось, что, если можно чинить поврежденные части машины, значит, проблема рано или поздно будет решена. При таком подходе не было никакой необходимости разбираться в первопричине сбоя. Эта философия привела к методам лечения высокого кровяного давления с использованием бета-блокаторов и антагонистов кальция, чтобы блокировать aberrантные (неверные) сигналы, идущие от мозга к сердцу и кровеносным сосудам, и к ингибиторам протонной помпы, которыми лечат язвы желудка и из-

жогу, подавляя избыточную выработку соляной кислоты в желудке. При этом ни лечащие врачи, ни исследователи никогда не обращали внимания на сбой в функционировании головного мозга, который как раз и является главной причиной всех этих проблем. Иногда подход не срабатывал, и тогда в качестве последнего средства медики прибегали к еще более радикальным воздействиям. Если, например, ингибитор протонного насоса не мог подавить язву, всегда можно было вырезать и весь блуждающий нерв — мощный пучок нервных волокон, который соединяет головной мозг с пищеварительным трактом.

Безусловно, некоторые из этих приемов терапии были очень успешными, поэтому на протяжении многих лет казалось, что ни медицинской системе, ни фармацевтической промышленности не нужно изменять свой подход к лечению. В те годы медицина не предпринимала особых попыток по-новому влиять на пациента, чтобы предупредить возникновение и развитие болезни. Например, сложилось мнение, что не нужно изучать роль головного мозга и сигналов, которые он посылает организму в период стресса или тяжелого душевного состояния. Первоначально использовавшиеся для лечения высокого кровяного давления, болезней сердца и язвы желудка средства постепенно были заменены гораздо более эффективными методами лечения, которые помогали спасать жизнь больных, ослабляли их страдания и к тому же обогащали фармацевтическую отрасль.

Однако в наше время прежние механистические подходы и выражающие их метафоры начинают давать сбой. И это легко объяснить. Транспортные средства сорокалетней давности (автомобили, корабли и самолеты), на аналогии с которыми опиралась традиционная модель болезни, не имели современных компьютеров, которые в наши дни играют ведущую роль в работе машин. Даже у космических кораблей «Аполлон», летавших на Луну, на борту были примитивные вычислительные устройства, в миллионы раз менее мощные, чем у нынешних айфонов. ЭВМ на ракетах тех лет можно сравнить с калькулятором компании Texas Instruments 1980-х го-

дов! Неудивительно, что общепринятые тогда механистические модели болезни не подразумевали серьезного использования вычислительных возможностей — основы интеллекта. Иначе говоря, в этих моделях болезни не принимали во внимание головной мозг.

Однако параллельно с технологическими изменениями стали меняться и модели, которыми мы пользуемся для объяснения работы организма человека. Вычислительная мощность компьютеров росла в геометрической прогрессии. Автомобили фактически превратились в мобильные компьютеры на колесах, контролирующие и регулирующие работу узлов таким образом, чтобы обеспечить их правильное функционирование. В скором времени машины будут ездить вообще без участия человека. Наш прежний повышенный интерес к механике и двигателям уступил место новому увлечению — сбору и обработке информации. Машинная модель действительно послужила медицине в разработке способов лечения некоторых заболеваний. Но, когда дело доходит до понимания сущности хронических заболеваний и работы головного мозга, такая модель больше не может служить нам помощником.

Цена машинной модели

Традиционный взгляд на болезнь как на поломку отдельных частей сложного механического устройства, которую можно устранить с помощью лекарственного или хирургического вмешательства, вел к постоянному и значительному расширению масштабов отрасли здравоохранения. Начиная с 1970 г. в США расходы на здравоохранение в расчете на душу населения возросли более чем на 2000%. Оплата деятельности этой гигантской сферы эквивалентна 20% стоимости всех товаров, производимых в экономике США за год.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в важном докладе, опубликованном в 2000 г., отметила, что аме-

риканская система здравоохранения является самой затратной. По уровню эффективности она заняла разочаровывающе низкое — 37-е место — в рейтинге ВОЗ, а по общему состоянию здоровья населения — 72-е место среди исследованных 191 стран. Немного более высокой оказалась оценка и в последующем докладе Фонда Британского Содружества: по оценке Фонда, система здравоохранения США является самой дорогостоящей в расчете на душу населения среди 11 развитых стран Запада. Она почти вдвое дороже всех вместе взятых систем здравоохранения, исследованных этим Фондом, при этом по общему состоянию здоровья Соединенные Штаты оказались в этом рейтинге на последнем месте. Эти данные свидетельствуют об очень неприятном факте: несмотря на постоянно растущие расходы на здравоохранение, мы добились весьма незначительного прогресса в лечении такого хронического заболевания, связанного с головным мозгом и ЖКТ, как синдром раздраженного кишечника (СРК), или некоторых психических заболеваний — клинической депрессии, тревожно-депрессивного синдрома и нейродегенеративных заболеваний. Не объясняются ли неудачи в этой области тем, что модели, используемые для объяснения работы человеческого организма, устарели? С этим допущением соглашается все больше специалистов интегративной (холистической) медицины, специалистов медицины функциональных расстройств и даже ученых с традиционными взглядами. На горизонте явно обозначились перемены.

Загадочное ухудшение здоровья

Неспособность эффективно справляться со многими хроническими заболеваниями, включая синдром раздраженного кишечника, хронические боли и депрессии, — не единственный недостаток традиционной модели медицины, основанной на лечении отдельных болезней. С 1970-х гг. мы являемся

свидетелями появления новых проблем со здоровьем — стремительного увеличения случаев ожирения и связанных с ним расстройств обмена веществ, роста числа таких аутоиммунных заболеваний, как воспалительные заболевания кишечника, астма и аллергии, а также заболеваний развивающегося и стареющего головного мозга — аутизма, болезней Альцгеймера и Паркинсона.

К примеру, уровень ожирения в США поднялся с 13% (1972 г.) до 35% населения (2012 г.). В настоящее время 154,7 млн взрослых американцев имеют избыточный вес или страдают ожирением, в том числе 17% юных американцев в возрасте от 2 до 19 лет (каждый шестой). Каждый год из-за избыточного веса или ожирения в США умирают не менее 2,8 млн человек. Если рассматривать эту проблему в глобальном масштабе, то с избыточным весом и ожирением в мире связаны 44% случаев диабета, 23% случаев ишемической болезни сердца и от 7 до 41% случаев некоторых видов рака. Если эпидемия ожирения продолжится, расходы на лечение людей, страдающих от болезней, связанных с ожирением, возрастут, по прогнозам, до ошеломляющей цифры — \$620 млрд в год.

Мы все еще ищем причины внезапного обострения этих проблем со здоровьем, для большинства из них пока нет эффективных решений. Хотя продолжительность жизни в Соединенных Штатах, как и во многих других развитых странах, растет, мы далеко отстаем от государств-лидеров по показателям физического и психического здоровья людей, особенно в последние десятилетия их жизни. За общее увеличение числа прожитых лет мы расплачиваемся снижением качества жизни в пожилом возрасте.

Эти острые вызовы показали, что пришло время обновить доминирующую модель работы человеческого организма, чтобы понять, как он на самом деле функционирует, как обеспечить его оптимальную работу и как безопасно и эффективно устранять возникающие сбои и неполадки. Мы больше не можем соглашаться с такой высокой ценой и долгосрочным

ущербом, который приносит следование устаревшей модели лечения болезней.

До сих пор мы в основном игнорировали критическую роль двух самых сложных и важных, если говорить о поддержании общего состояния здоровья, систем нашего организма: желудочно-кишечной (пищеварительной) и центральной нервной (головного мозга). Связь между работой мозга и тела — совсем не миф, это биологический факт и важное звено, необходимое для понимания того, как поддерживать здоровье организма в целом.

Пищеварительная система как суперкомпьютер

На протяжении десятилетий наше понимание механизма работы пищеварительной системы было основано на механистической модели: весь организм считали чем-то вроде машины, а кишечник в основном рассматривали как старомодное устройство, которое работало по принципам парового двигателя XIX в. В соответствии с этой моделью мы ели — жевали и глотали пищу, затем в желудке она дробилась на части при помощи механического измельчителя, которому помогала соляная кислота в составе желудочного сока. После этого гомогенизированная пища поступала в тонкую кишку, в которой из нее извлекались калории и питательные вещества, а непереваренная часть отправлялась в толстую кишку, которая распоряжалась тем, что оставалось. В конце концов остатки выводились из организма. Эта понятная всем метафора промышленного века влияла на представления о медицине многих поколений врачей, включая современных гастроэнтерологов и хирургов. Считалось, что неправильно функционирующие части пищеварительного тракта можно легко обойти или удалить, а некоторые даже поменять местами (перекомпоновать), что приведет к снижению веса. Мы стали искусными мастерами в выпол-

нении таких операций, теперь их уже делают через эндоскоп, не прибегая к традиционным хирургическим приемам.

Как теперь выясняется, это слишком упрощенная модель: медики по-прежнему считают пищеварительную систему частью организма, которая в значительной степени не зависит от головного мозга. Однако стало известно, что эти два органа неразрывно связаны друг с другом. Такое понимание нашло отражение в концепции оси, соединяющей желудочно-кишечный тракт с головным мозгом. Если исходить из этой концепции, наша пищеварительная система — гораздо более тонкий, сложный и мощный механизм, чем мы полагали прежде. Новейшие исследования позволяют предположить, что благодаря тесному взаимодействию микроорганизмов желудочно-кишечный тракт может влиять на наши эмоции, восприятие боли, социальные контакты и на многие наши решения, не ограничиваясь вопросами пищевых предпочтений и размерами поглощаемой порции. Верность бытовых выражений вроде «нутром чуют» подтверждается нейробиологическими данными. Сложные связи между ЖКТ и головным мозгом, как выяснилось, играют важную роль в принятии и других, в том числе важнейших, жизненных решений.

Связь между пищеварительной системой и мозгом должна быть предметом изучения не только психологов, поскольку она проявляется не только «в головах» людей. Ось взаимодействия образуют анатомические соединения, к тому же биологические сигналы передаются через кровоток. Однако прежде чем углубиться в эти материи, давайте сделаем шаг назад и внимательно приглядимся к нашей пищеварительной системе (она же ЖКТ), которая устроена гораздо сложнее, чем просто машины для переработки пищи.

Желудочно-кишечный тракт обладает возможностями, превосходящими показатели работы всех других органов нашего тела, он может даже соперничать с головным мозгом. В ЖКТ есть собственная нервная система (энтеральная, ЭНС), которую в популярных статьях нередко называют «вторым мозгом».

Она состоит из 50–100 млн нервных клеток, что примерно равно числу клеток спинного мозга.

Находящиеся в ЖКТ иммунные клетки — это значительная часть иммунной системы человека. Для сравнения: в стенке пищеварительного тракта их больше, чем в крови или в костном мозге. Есть весома причина, объясняющая такое скопление иммунных клеток в этом месте: желудочно-кишечный тракт первым подвергается воздействию потенциально смертельных микроорганизмов, содержащихся в продуктах, которые мы едим. Иммунная система, сосредоточенная в ЖКТ, способна обнаруживать и уничтожать отдельные виды опасных бактерий, попадающих в пищеварительную систему с загрязненной пищей или водой. Интересно, что этот редут обороны защищает нас, выявляя небольшое количество потенциально смертоносных бактерий из невероятного множества — триллиона — полезных микроорганизмов, которые живут в ЖКТ и образуют его микробиоту. Постоянное выполнение этой сложной функции иммунными клетками гарантирует нам жизнь в полной гармонии с микробиотой ЖКТ.

Оболочка пищеварительного тракта выстлана огромным числом специализированных эндокринных клеток. Они содержат до 20 различных типов гормонов, которые при необходимости могут быть выпущены в кровоток. Если собрать эти клетки вместе, их вес превысил бы вес всех остальных эндокринных органов — половых желез, щитовидной железы, гипофиза и надпочечников — вместе взятых.

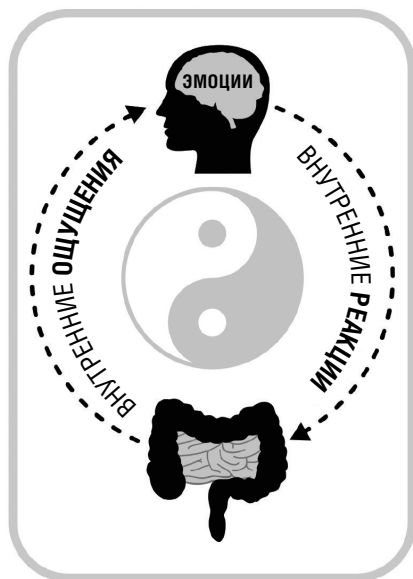
Желудочно-кишечный тракт также является крупнейшим хранилищем серотонина: в нем сосредоточено 95% этого важного гормона, имеющегося в организме.

Серотонин — сигнальная молекула, играющая важную роль во взаимодействии мозга и ЖКТ. Серотонин нужен не только для нормальной работы ЖКТ, например для его скоординированных сокращений, продвигающих пищу по пищеварительному тракту, но и для осуществления таких жизненно важных функций, как сон, аппетит, болевая чувствительность и даже

настроение и общее самочувствие. Эта активно участвующая в регулировании нескольких систем головного мозга сигнальная молекула является основной мишенью для большого класса антидепрессантов — ингибиторов обратного захвата серотонина.

Но если единственная функция ЖКТ состоит в управлении пищеварением, тогда зачем в составе его тканей имеется уникальная совокупность специализированных клеток и сигнальных систем? Один из вариантов ответа на этот вопрос может подсказать не слишком пока известная функция ЖКТ — он представляет собой огромный сенсорный орган, имеющий самую большую из всех органов тела поверхность. Если развернуть пищеварительный тракт, он будет размером с баскетбольную площадку, и эта поверхность усеяна тысячами датчиков, которые обрабатывают огромный объем информации, содержащейся в пище. Они делают это при помощи сигнальных молекул, распознающих свойства пищи — сладкая она или горькая, горячая или холодная, острая или нейтральная на вкус.

Пищеварительная система соединена с головным мозгом толстыми пучками нервов, по которым информация может передаваться в обоих направлениях, а также каналами связи через кровоток: гормоны и воспалительные сигнальные молекулы, создаваемые в ЖКТ, доводят сигналы до мозга, а гормоны, вырабатываемые мозгом, передают сигналы различным клеткам ЖКТ — гладким мышцам, нервам и иммунным клеткам, меняя характер их функционирования. Сигналы, поступающие из пищеварительного тракта в головной мозг, не только создают в нем разные ощущения, вроде насыщения после плотной еды, тошноты, дискомфорта и чувства удовлетворения, но и вызывают ответные реакции головного мозга — сигналы, которые мозг отправляет обратно в ЖКТ, чтобы тот отреагировал определенным образом. При этом сам мозг эти ощущения не забывает. В его обширных базах данных хранятся внутренние висцеральные ощущения, к которым впоследствии при принятии решений может быть обеспечен доступ. В конеч-



ЖКТ и головной мозг тесно связаны друг с другом направленными в обе стороны сигнальными путями, которые включают нервы, гормоны и воспалительные молекулы. Обширная сенсорная информация, образующаяся в ЖКТ (внутренние ощущения), достигает головного мозга, а он посылает сигналы обратно в пищеварительный тракт, корректируя его работу (внутренние реакции). Взаимодействуя, эти пути играют решающую роль в возникновении эмоций и обеспечивают оптимальную работу пищеварительного тракта. Они неразрывно связаны.

РИС. 1. ДВУСТОРОННИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ГОЛОВНЫМ МОЗГОМ И ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

ном счете то, что ощущает наш желудочно-кишечный тракт, влияет не только на принимаемые решения: что нам есть, пить и с кем проводить время, но и на то, как мы оцениваем важную информацию, выступая в роли работников, членов жюри и руководителей.

В китайской философии есть концепция инь и ян, согласно которой противодействующие или противоположные силы можно рассматривать как дополняющие и взаимосвязанные, из взаимодействия которых появляется единое целое. Изучая связи мозга с пищеварительным трактом, можно рассматривать внутренние ощущения как инь, а внутренние реакции — как ян. Связь мозга с ЖКТ подобна связи между инь и ян — они являются двумя взаимодополняющими сторонами одной сущности. И внутренние ощущения, и внутренние реакции — различные аспекты одной и той же действующей в обоих на-

правлениях сети, которую составляют головной мозг и пищеварительный тракт. Она чрезвычайно важна для нашего самочувствия, эмоций и способности принимать интуитивные решения.

Открытие кишечного микробиома

На протяжении нескольких десятилетий мало кто следил за изучением взаимодействия между мозгом и ЖКТ, однако в последние годы такие исследования заняли центральное место. Это смещение акцентов во многом можно объяснить экспоненциальным увеличением объема знаний и данных о бактериях, археобактериях (археях), то есть о сообществе древних микроорганизмов, грибов и вирусов, которые обитают внутри пищеварительного тракта и в совокупности называются кишечной микробиотой. Численность этих невидимых микроорганизмов огромна: в ЖКТ обитает в 100 000 раз больше микроорганизмов, чем людей на Земле. Мы узнали об их существовании около 300 лет назад, когда голландский ученый Антони ван Левенгук усовершенствовал устройство микроскопа. Взглянув в окуляр на соскобы, взятые с зубов, он увидел живые микроорганизмы. Левенгук назвал их микроскопическими организмами (парамециями, animalcules).

С тех пор прогресс принес огромные технологические изменения, позволяющие нам точнее выявлять и описывать такие микроорганизмы, и большая часть этих достижений выпала на последнее десятилетие. Главную роль в столь бурном прогрессе сыграл проект «Микробиом человека» (The Human Microbiome Project), выполнение которого началось в октябре 2007 г. по инициативе Национального института здравоохранения США (U. S. National Institute of Health) с целью определения и описания микроорганизмов, сосуществующих с людьми. Этот проект был призван выяснить состав микробных компонентов нашего генетического и метаболического ландшафта

и понять, как они способствуют поддержанию нормального состояния нашего организма и формированию предрасположенности к заболеваниям.

В последнее десятилетие микробиота ЖКТ стала объектом изучения почти во всех областях медицины, включая далекие друг от друга психиатрию и хирургию. В нашем мире невидимые сообщества микроорганизмов обитают повсюду — в растениях, животных, почве, жерлах глубоководных вулканов и верхних слоях атмосферы, поэтому ими увлеклись ученые, которые изучают микроорганизмы, живущие в океанах, почвах и лесах. Ажиотаж охватил даже Белый дом, который в 2015 г. собрал ученых со всего мира, чтобы они совместно изучили влияние микроорганизмов на климат, обеспечение продовольствием и здоровье человека. На момент написания этих строк президент США Барак Обама планировал 13 мая 2016 г. объявить о начале реализации национального проекта «Микробиомная инициатива» (Microbiome Initiative) — аналога запущенной в 2014 г. инициативы *BRAIN*^{*}, в рамках которой были выделены миллиарды долларов на исследования головного мозга человека.

Польза, которую кишечная микробиота приносит человеку, многообразна. Больше всего исследовано и подтверждено ее участие в переваривании компонентов пищи, с которыми кишечник не может справиться самостоятельно; в регулировании обмена веществ во внутренних органах, переработке и обезвреживании опасных веществ, попадающих в организм с пищей; в тренировке иммунной системы и регулировании ее деятельности; предотвращении вторжения и развития опасных биологических патогенов. С другой стороны, нарушения и изменения в кишечном микробиоме (микробиоте ЖКТ в совокупности с ее генами и геномами) оборачиваются широким спектром болезней (воспалительные заболевания кишечника,

^{*} *BRAIN* (*Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies*) — Изучение мозга с помощью новейших инновационных нейротехнологий. — *Прим. пер.*

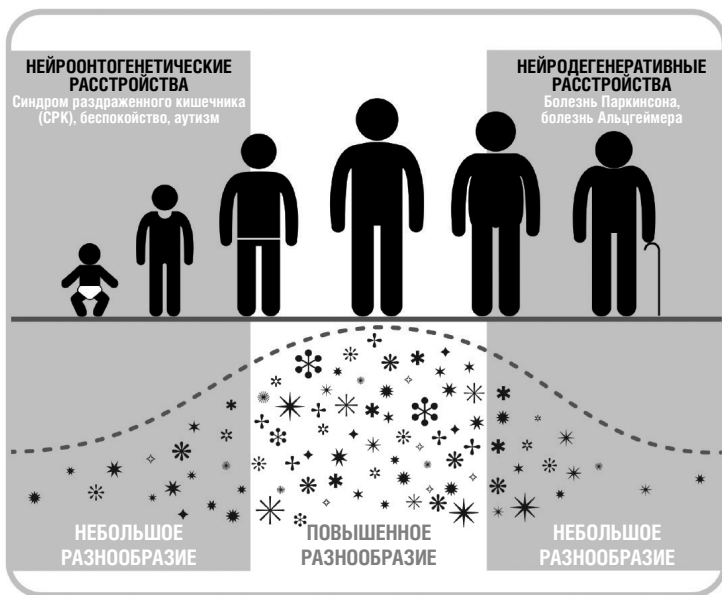


РИС. 2. СОСТАВ КИШЕЧНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ И ПОДВЕРЖЕННОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЗАБОЛЕВАНИЯМ

Разнообразие и масса микроорганизмов ЖКТ меняются на протяжении жизни человека. В первые три года жизни, когда стабильная кишечная микробиота только формируется, количество этих микроорганизмов невелико, у взрослых людей оно достигает максимума, а затем по мере старения снижается. Ранний период меньшего разнообразия микробиоты совпадает с окном уязвимости: когда оно открыто, появляется больше возможностей для развития таких неврозов развивающегося мозга, как аутизм и тревожность. Поздний период небольшого разнообразия совпадает со временем активного развития таких нейродегенеративных расстройств, как болезни Паркинсона и Альцгеймера. Можно предположить, что периоды снижения разнообразия микробиоты ЖКТ являются факторами риска, которые способствуют развитию указанных заболеваний.

вызванная приемом антибиотиков диарея, астма). Такие сбои даже могут повлиять на возникновение расстройств аутистического типа и таких нейродегенеративных заболеваний головного мозга, как болезнь Паркинсона.

С помощью новых технологий мы обнаруживаем и описываем различные популяции микроорганизмов, живущих

на коже, лице, в ноздрях, полости рта, на губах, веках и даже между зубами. Однако местом обитания самых крупных популяций микроорганизмов является желудочно-кишечный тракт, в частности толстая кишка. В почти лишенном кислорода пищеварительном тракте человека обитают более 100 трлн микроорганизмов — примерно столько же, сколько имеется всех клеток в организме человека, включая эритроциты. Это означает, что в нашем организме только 10% клеток являются собственно человеческими. (Если включить в эту категорию красные кровяные тельца, эритроциты, доля может оказаться выше — около 50%.) Если собрать вместе все кишечные микроорганизмы человека и представить их в виде одного органа тела, его вес составит 900–2700 г, что вполне сопоставимо с весом головного мозга (около 1200 г). Понятно, почему кишечный микробиом иногда называют «забытым органом». В его состав входят 1000 видов бактерий, имеющих более 7 млн генов — до 360 генов бактерий на каждый человеческий ген. Из этого следует, что к человеческим по своему происхождению относится менее 1% всех человеческих и микробных генов (так называемый хологеном, *hologenome*).

Все эти гены дают микроорганизмам не только огромный потенциал для производства молекул, посредством которых микробиом может взаимодействовать с нами, но и предоставляют впечатляющие возможности вариаций. Кишечная микробиота каждого человека уникальна, состав штаммов и видов составляющих микроорганизмов широко варьирует. То, какие микроорганизмы обитают в каждом конкретном пищеварительном тракте, зависит от многих факторов, в том числе от ваших генов, от микробиоты матери, которую человек в какой-то степени заимствует при рождении, от микроорганизмов, имеющих у других членов семьи, входящих в контакт с ребенком, от диеты, от работы головного мозга и состояния сознания конкретного человека.

Чтобы в полной мере осознать важнейшую роль, которую микроорганизмы играют в наших телах, следует помнить, от-

куда они пришли и как связаны с нами, людьми. Об истории этой эволюции в своей книге «Пропавшие микроорганизмы» (Missing Microbes) прекрасно рассказывает Мартин Блейзер.

На протяжении примерно трех миллиардов лет единственными живыми обитателями на Земле были бактерии. Они заполняли собой каждый клочок земли, каплю воздуха и воды и способствовали осуществлению химических реакций, результаты которых создавали условия для эволюции многоклеточной жизни. Медленно, путем проб и ошибок в течение необъятного по продолжительности времени они изобрели сложные и надежные системы обратной связи, в том числе и наиболее эффективный язык, который до сих пор опосредует всю жизнь на Земле.

Все, что мы уже знаем о микробиоте кишечника, ставит под сомнение ряд традиционных научных воззрений. Это одна из причин того интереса и споров, которые эта тема породила в академической среде и в средствах массовой информации. Эти сомнения и дискуссии в свою очередь стали причиной того, почему некоторые люди задают в настоящее время более серьезные, философские вопросы о влиянии микробиома на жизнь человека. Не является ли наш организм всего лишь транспортным средством для живущих в нем микроорганизмов? Не манипулируют ли они нашим мозгом, заставляя нас искать и потреблять продукты, которые лучше всего подходят для них? Может ли тот факт, что численность нечеловеческих клеток превосходит число живущих на Земле людей, изменить нашу концепцию человеческой личности?

На кого-то подобные философские рассуждения, безусловно, производят впечатление, но современная наука их не поддерживает. Что, однако, не делает менее серьезными последствия открытий, которые сделали ученые, занимающиеся человеческим микробиомом, за последнее десятилетие. Хотя мы находимся в самом начале пути, открывающегося в результате этих

исследований, мы больше не можем считать себя единственным интеллектуальным продуктом эволюции, отличающимся от всех других живых существ на планете. Подобно тому как революция Коперника в XVI в. коренным образом изменила понимание нашего положения в Солнечной системе, а революционная теория эволюции Дарвина в XIX в. навсегда изменила место людей в животном царстве, наука о микробиоме человека заставляет нас переосмыслить нашу позицию на планете. Согласно новой науке о микробиоме, мы, люди, фактически являемся суперорганизмами, состоящими из неотделимо связанных между собой человеческих и микробных компонентов, чье выживание напрямую зависит один от другого. Может быть, больше всего в этом открытии нас беспокоит тот факт, что микробные составляющие вносят гораздо более весомый вклад в функционирование этого суперорганизма, чем собственно человеческие. Поскольку наша микробная составляющая через общую биологическую систему тесно связана с различными микробиомами почвы, воздуха, океанов, а микроорганизмы живут в симбиозе почти со всеми другими живыми существами, мы оказываемся прочно и неразрывно вплетены в общую паутину жизни на Земле. Новая концепция микробного суперорганизма уже серьезно повлияла на понимание нашей роли на Земле и многих аспектов здоровья и болезни.

Когда связь между ЖКТ, микробиотой и мозгом выходит из равновесия

Здоровье любой экосистемы можно выразить через уровень ее устойчивости и гибкости (способности к самовосстановлению) при воздействии поражающих факторов и возникновении отклонений. Основными факторами, от которых зависит сохранение здоровья экосистемы, являются разнообразие и обилие составляющих ее организмов. То же самое верно в отношении экосистемы кишечной микробиоты. Появляется

все больше доказательств того, что развиваются расстройства сообщества кишечных микроорганизмов, которые выводят эту экосистему из здорового стабильного состояния, в результате чего возникают расстройства кишечника (состояние, называемое дисбиозом*). Так, сообщалось, что одно из самых серьезных и наиболее выраженных состояний дисбиоза наблюдалось у небольшого числа пациентов, которых в больницах лечили антибиотиками. После этого лечения у них начались сильная диарея и воспалительные поражения кишечника. Такие заболевания, как псевдомембранозные колиты, развиваются, когда лечение антибиотиком широкого спектра действия приводит к значительному снижению разнообразия и количества нормальной кишечной микробиоты, что облегчает вторжение в организм патогенной *Clostridium difficile* — разновидности анаэробных грамположительных бактерий рода *C. difficile*. Еще одним подтверждением важности разнообразия микроорганизмов для здоровья кишечника является наблюдение, согласно которому воспаление толстой кишки можно быстро вылечить, если восстановить нарушившуюся структуру микробиоты кишечника. Единственным доступным сейчас способом восстановить разнообразие микробиоты у таких пациентов является перенос неповрежденной фекальной микробиоты от здорового донора в кишечник пациента. Это лечение, известное под названием «трансплантация фекальной микробиоты», приводит к почти чудесному восстановлению собственного состава микробиоты. Подробнее об этом новом типе лечения мы расскажем несколько позже.

В то же время гораздо меньше стали понятны степень влияния и истинная роль состояния дисбиоза в возникновении патофизиологии других хронических заболеваний пищеварительного тракта (неспецифический язвенный колит, болезнь Крона, синдром раздраженного кишечника), относящихся

* Дисбиоз — более широкое понятие, чем дисбактериоз; включает не только бактерии, но, например, и грибы. — Прим. пер.

к расстройствам связи между головным мозгом и ЖКТ. Здесь еще много неясного. В мире от выраженного СРК, нарушений функций кишечника, болей и дискомфорта в животе страдает около 15% населения. Ряд исследований показывает, что у части пациентов наблюдаются изменения в сообществах микроорганизмов в ЖКТ, но пока не ясно, какие из доступных методов восстановления баланса кишечной микробиоты (прием антибиотиков, пробиотиков, специальная диета или трансплантация фекальной микробиоты) лучше всего подходят конкретным пациентам.

Растущая роль микроорганизмов

Еще несколько лет назад все рассказанное выше было бы воспринято как научная фантастика. Однако новые открытия ученых подтверждают, что наш мозг, ЖКТ и населяющие его микроорганизмы общаются друг с другом на общем биологическом языке. Но как эти невидимые существа могут что-то нам говорить? Как мы можем их услышать, как вообще возможно такое общение?

Микроорганизмы обитают не только в содержимом нашего кишечника, многие из них располагаются в тончайших слоях слизи и клеток, которые выстилают внутреннюю оболочку ЖКТ. В этой уникальной среде обитания микроорганизмы почти неотделимы от иммунных клеток пищеварительной системы и многочисленных клеточных датчиков, которые декодируют ощущения, возникающие в ЖКТ. Другими словами, эти микроорганизмы живут в тесном контакте с основными системами сбора информации в организме. Такое расположение позволяет им вслушиваться в сигналы головного мозга, которые он посылает пищеварительному тракту: например, о том, насколько глубоко вы переживаете стресс или, наоборот, чувство счастья, испытываете ли вы беспокойство или гнев, причем даже тогда, когда вы сами не в полной мере осознаете свое

эмоциональное состояние. Но микроорганизмы не ограничиваются прослушиванием этой информации. Это кажется невероятным, но они занимают позицию, позволяющую влиять на наши эмоции, генерируя и модулируя сигналы из ЖКТ и посылая их обратно в головной мозг. То, что начинается в мозге как эмоции, влияет на ЖКТ и генерируемые его микробиотой сигналы, и эти видоизмененные сигналы вновь направляются в мозг, усиливая, а иногда продлевая какое-то эмоциональное состояние.

Когда около десяти лет назад в научной литературе появились первые публикации на эту тему — в основном связанные с исследованиями на животных, — я был настроен скептически и по поводу их результатов, и по поводу их перспектив. Эти результаты тогда казались мне слишком далекими — они выходили за пределы общепринятой в то время точки зрения. Однако после того как наша исследовательская группа в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе под руководством Кирстен Тиллич завершила собственное исследование здоровых людей, мы смогли подтвердить результаты исследований на животных. После этого я решил глубже изучить вопрос о том, может ли взаимодействие между микробиотой ЖКТ и мозгом влиять на фоновые эмоции, социальные отношения и даже на нашу способность принимать решения. Неужели именно правильный баланс микроорганизмов является условием психического здоровья? Не вызывает ли нарушение связей между мозгом и ЖКТ риск развития хронических заболеваний головного мозга? Эти вопросы волнуют не только исследователей, но и далеких от науки людей, ведь заболевания головного мозга — это человеческие страдания и высокие расходы на здравоохранение, вот почему важно глубже разобраться в связях между ЖКТ и мозгом.

Статистика показывает, что в настоящее время быстро растет число расстройств аутистического спектра (РАС) — с 4,5 случая на 10 000 детей в 1966 г. до 1 на 68 детей в возрасте 8 лет в 2010 г. По данным National Health Interview Survey за 2014 г.,