

*

Человеческое тело и снаружи, и изнутри представляет собой сложный ландшафт, включающий множество сред обитания — таких же разнообразных, как климатические зоны Земли. Подобно тому как экосистемы нашей планеты населены разными видами растений и животных, различные области человеческого тела дают приют совершенно разным микробным сообществам. Как и у всех многоклеточных животных, наше тело представляет собой сложно устроенную трубку. В один конец этой трубы входит пища, а из другого выходят ее остатки. Мы привыкли считать своим наружным покровом кожу, однако внутренняя поверхность нашей «трубы» — тоже, если вдуматься, «наружный» покров, и она сходным образом подвергается воздействию среды. Подобно тому как слои кожи защищают нас от стихий, вторжения микробов и вредных веществ, клетки внутри пищеварительного тракта также призваны нас охранять. Так что наши настоящие «внутренности» — это отнюдь не пищеварительный тракт, а ткани и органы, мышцы и кости, которые скрыты между внутренней и внешней поверхностями нашего трубкообразного тела.

[<<< Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>](http://kniga.biz.ua)

Итак, поверхность человеческого тела — это не только его кожа, но и изгибы, повороты, борозды и складки проходящей внутри его полости-трубки. Если рассматривать тело под этим углом, то даже легкие, влагалище и мочеиспускательный канал можно отнести к внешним покровам — частям поверхности. Неважно, внешние это покровы или внутренние: вся эта поверхность служит потенциальным местом жительства для микробов. Разные места и участки обладают для симбионтов различной ценностью: наиболее густонаселенные, напоминающие мегаполисы сообщества возникают в лучших, самых плодородных — богатых пищевыми ресурсами — местах вроде кишечника, а сравнительно малочисленные группы других видов обосновываются в более бедной ресурсами или в более агрессивной среде обитания — вроде легких или желудка. Проект «Микробиом человека» призван составить полное описание всех этих поселений на основе микробных проб из восемнадцати различных мест на внутренних и внешних покровах человеческого тела. Пробы взяли у сотен добровольных участников эксперимента.

В течение пяти лет работы над ПМЧ молекулярные микробиологи пережили некое подобие золотого века, вроде того, что случился в классической натуралистике: тогда, в XVIII и XIX веках, ученые открывали множество видов птиц и млекопитающих и присваивали им научные названия, заполняя консервированными в формалине тушками шкафы и целые кабинеты. Теперь оказалось, что человеческое тело — целая сокровищница новых, доселе неведомых науке штаммов и видов, причем многие из них обнаруживались лишь в организме одного-двух добровольцев из всех, кто участвовал в эксперименте. Выяснилось, что не существует какого-то постоянного, единого для всех набора микробов: напротив, лишь очень немногочисленные штаммы бактерий являются общими для всех людей. Сообщество микробов у каждого человека так же уникально, как отпечатки пальцев.

[<<< Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>](http://kniga.biz.ua)

Хотя у штаммов внутри каждого из нас есть свои неповторимые особенности, по большому счету это одни и те же микробы. При этом бактерии вашего кишечника имеют куда больше сходства с бактериями в кишечнике вашего соседа, чем с вашими собственными, но живущими, скажем, на пальцах. Кроме того, несмотря на различия между нашими микробными сообществами, они выполняют одни и те же функции. То, что для вас делает бактерия А, для вашего лучшего друга может делать бактерия Б.

От прохладных засушливых равнин кожи на предплечьях до теплых и влажных лесов в паху и кислотной, бедной кислородом среды в желудке — все части нашего тела предлагают жилье тем микробам, которые способны там выжить. Даже в пределах одной среды обитания в разных ее нишах поселяются разные скопления видов. Наша кожа — общей площадью два квадратных метра — содержит столько же сообществ организмов, сколько ландшафты Северной и Южной Америки, только в миниатюре. Биоценоз богатой салом кожи лица и спины отличается от биоценоза сухой и огрубелой кожи локтей не меньше, чем тропические леса Панамы — от скал Большого каньона. Если кожу лица и спины населяют в основном виды, принадлежащие к роду пропионобактерий (*Propionibacterium*), которые питаются жиром, выделяемым из тесно расположенных сальных желез, то для кожи локтей и предплечий характерны куда более пестрые сообщества микробов. «Сырые» зоны, включая пупок, подмышки и промежность, становятся домом для видов коринебактерий (*Corynebacterium*) и стафилококков (*Staphylococcus*), которые любят повышенную влажность и питаются азотистыми соединениями из потовой жидкости.

Эта вторая, «микробная кожа» служит дополнительным защитным слоем для внутренних органов, укрепляя санитарный кордон, образованный клетками собственно кожи. Бактерии-чужаки, имеющие, возможно, недобрые намерения, стремятся проникнуть в эти тщательно охраняемые приграничные

[<< Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>](http://kniga.biz.ua)

области нашего тела — но стоит им лишь попытаться это сделать, как их атакуют химическим оружием отряды местных пограничников. Пожалуй, наиболее уязвимы для вражеского вторжения мягкие ткани рта: им приходится противостоять слишком многочисленным войскам захватчиков, которые коварно пробираются внутрь с пищевой или воздухом.

Исследователи, работавшие над проектом «Микробиом человека», взяли из ротовых полостей добровольцев не по одной пробе микробов, а по девять — из разных мест. Эти девять участков, часть из которых находилась всего в паре сантиметров друг от друга, оказались заселены заметно различавшимися между собой сообществами микробов; всего во рту было обнаружено около 800 видов бактерий, среди которых преобладали стрептококки, а также представители нескольких других групп. Стрептококки имеют дурную славу, потому что многие их виды являются возбудителями болезней — от «стрептококкового воспаления» горла, или острого фарингита, до некротического фасциита, поражающего поверхностные и подкожные ткани. Однако другие виды стрептококков способны приносить пользу, прогоняя злонамеренных чужаков прочь от уязвимого входа в организм. Конечно, нам расстояния между разными местами обитания микробов во рту могут показаться ничтожными, но не стоит забывать, что для самих микробов это широкие равнины и высокие горные хребты, и климат их различается так же, как, например, климат севера Шотландии и юга Франции.

Представьте себе резкий климатический перепад между ртом и ноздрями. Вязкое озерцо из слюны на грубой подстилающей породе сменяется щетинистым лесом с почвой из слизи и пыли. Ноздри — как можно догадаться, вспомнив об их функции «ворот» в легкие, — служат убежищем для самых разнообразных групп бактерий, насчитывающих около 900 видов, среди которых многочисленные колонии пропионобактерий, коринебактерий, стафилококков и моракселл (*Moraxella*).

[<<< Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>](http://kniga.biz.ua)

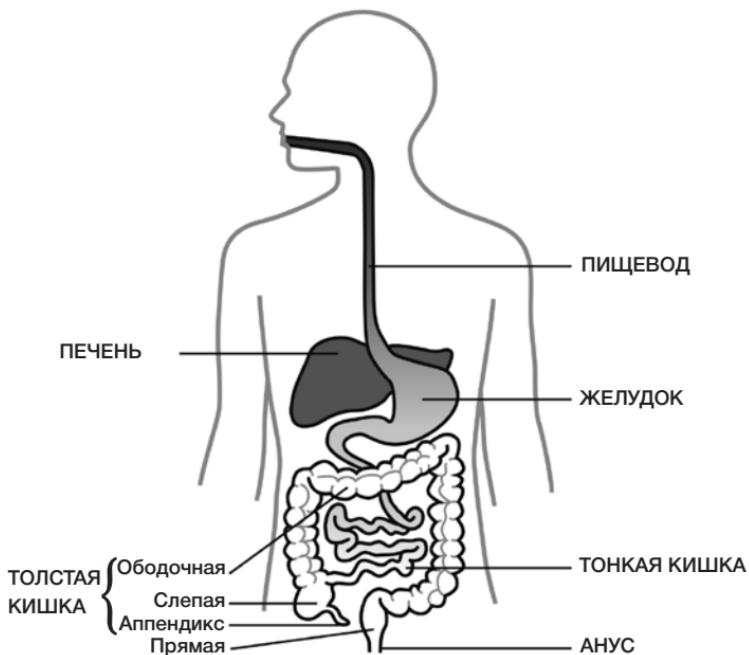
Если продвинуться от горла дальше, к желудку, то здесь огромное разнообразие видов, проживающих во рту, внезапно сходит на нет. Чрезвычайно кислая среда желудка убивает многих микробов, попадающих туда вместе с пищей, и нам точно известно только об одном-единственном виде бактерий, который постоянно живет там у некоторых людей, а именно — хеликобактер пилори (*Helicobacter pylori*), чье присутствие способно стать как благословлением, так и проклятьем. Дальнейшая экспедиция вглубь пищеварительного тракта обнаруживает все более высокую плотность и большее разнообразие микробов. За желудком начинается тонкая кишка, где пища быстро переваривается при помощи наших собственных ферментов и всасывается в кровоток. Впрочем, там обитает немало микробов; в начале этого семиметрового «шланга» на каждый миллилитр содержимого кишечника приходится около десяти тысяч особей, а в конце — там, где тонкая кишка переходит в толстую, — их число вырастает аж до десяти миллионов на миллилитр.

Прямо за стеной питомника, обустроенного в аппендицесе, располагается самая густонаселенная метрополия микробов. Это заповедный уголок микробного ландшафта внутри человеческого организма — похожая на теннисный мячик слепая кишка, придатком которой и является аппендицес. Здесь находится эпицентр микробной жизни, где триллионы микроскопических особей, относящихся как минимум к 4000 разных видов, благоденствуют на частично переваренной пище, которая уже прошла одну стадию экстракции питательных веществ в тонкой кишке. Теперь твердые кусочки — растительные волокна — достаются микробам, чтобы те осуществили второй этап процесса.

В ободочной кишке (она составляет большую часть длины толстой кишки и поднимается вверх вдоль правого бока нашего туловища, затем поворачивает и проходит поперек под грудной клеткой, после чего уходит вниз вдоль левого бока), плотность микробов насчитывает уже триллион особей на

[<<> Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>](http://kniga.biz.ua)

миллилитр, и все они живут в складках и ямках кишечных стенок. Здесь они подбирают кусочки съеденной нами пищи и преобразуют их в энергию, а продукты жизнедеятельности микробов всасываются в клетки, образующие стенки ободочной кишки. Не будь кишечных микробов, эти клетки просто истощались бы и отмирали — и если большинство клеток нашего тела питается сахаром, разносимым кровью, то основным источником питания для клеток ободочной кишки служат именно продукты жизнедеятельности микрофлоры. Влажная, теплая, «болотистая» среда внутри ободочной кишки, местами полностью лишенная кислорода, не только снабжает живущих там микробов остатками нашей пищи, но и образует слой слизи, богатый питательными веществами, которые могут прокормить микробов в голодные времена.



Пищеварительный тракт человека

[<<< Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>](http://kniga.biz.ua)

Чтобы не пришлось вскрывать животы подопытным добровольцам, ради получения образцов микробов из различных зон кишечника, исследователи из ПМЧ выбрали другой, гораздо более гуманный способ сбора информации о кишечных жителях: они решили секвенировать ДНК микробов, обнаруженных в стуле. Проходя через пищеварительный тракт, большая часть съеденной нами пищи переваривается и усваивается — и нами, и нашими микробами, так что остается небольшая масса, которая затем удаляется через задний проход. Испражнения — это уже не столько остатки нашей пищи, сколько бактерии, причем как мертвые, так и живые. Около 75% веса фекалий — это бактерии; на долю растительных волокон приходится всего 17%.

В каждый момент времени наш кишечник содержит около 1,5 кг бактерий — это примерно столько же, сколько весит человеческая печень. При этом продолжительность жизни отдельных особей — считаные дни или недели. 4000 видов бактерий, обнаруженных в экскрементах, говорят о индивидуальном организме больше, чем виды, обнаруженные во всех других местах, вместе взятых. Эти бактерии точно отражают наше состояние здоровья и пищевые пристрастия, не только характеризуя нас как биологический вид, но и указывая на наше общественное положение и личные привычки. Самой многочисленной (с большим отрывом от остальных) группой бактерий, содержащихся в стуле, являются виды рода бактероидес (*Bacteroides*), но, поскольку наши кишечные бактерии питаются тем же, чем мы сами, бактериальные сообщества, обитающие в кишечнике, у всех людей разные.

Впрочем, кишечные микробы — не просто мусорщики, питающиеся объедками с нашего стола. Мы тоже эксплуатируем их — потому что для выполнения некоторых функций организму приходится обращаться к сторонней помощи: это выгоднее, чем эволюционировать самим. Зачем заводить собственный ген для белка, синтезирующего

[<u>Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>](http://kniga.biz.ua)

витамин B_{12} , необходимый для работы мозга, если это уже умеет клебсиелла (*Klebsiella*)? И кому нужны особые гены, формирующие стенки кишечника, если эти гены имеются у бактероидов? Однако, как мы еще увидим, роль микробов, живущих в кишечнике, вовсе не ограничивается синтезом витаминов.

Проект «Микробиом человека» начал исследования с микрофлоры здоровых людей. Установив такие рамки, ученые из ПМЧ через некоторое время задались вопросом: насколько иной будет картина у людей с неважным здоровьем? Не являются ли современные болезни следствием этих различий? И если это так, то что именно наносит вред здоровью? Может быть, кожные проблемы вроде угревой сыпи, псориаза и дерматита сигнализируют о нарушении баланса в микробных сообществах, населяющих кожу? Что, если воспалительные процессы в кишечнике, различные виды рака пищеварительного тракта и даже ожирение вызываются изменениями в составе живущих в этом тракте микробных сообществ? И, что самое интересное, не могут ли расстройства, на первый взгляд не связанные симбиотическими микроорганизмами, — например, аллергии, аутоиммунные болезни и даже психические заболевания — возникать вследствие нарушений в составе микрофлоры?

Победа Ли Роуэн в «научном тотализаторе» в Колд-Спринг-Харбore стала предзнаменованием гораздо более важного открытия. Мы не одиночка — и наши микробы-«билетчики», как выяснилось, всегда играли гораздо большую роль в развитии нашей человеческой природы, чем мы предполагали. Профессор Джейфри Гордон говорит об этом так:

Изучение микробной составляющей организма позволяет нам совершенно по-новому взглянуть на себя. Мы получили новое ощущение взаимосвязи с миром микробов, ощущение преемственности наших

[<<> Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>](http://kniga.biz.ua)

личных связей с семьей и со средой, окружающей нас с первых дней жизни. Это заставляет задуматься — и подводит к мысли, что в человеческой эволюции, возможно, имелось еще одно измерение.

Мы стали зависеть от своих микробов, и, не будь их, каждый из нас был бы не таким, как сейчас, а лишь малой частью себя нынешнего. Так что же значит быть человеком лишь на 10%?