

ОТЗЫВ СПЕЦИАЛИСТА

Книга дает общее, но подробное представление о пищеварительном тракте человека, его строении, функционировании, как в целом разных его отделов, так и их связей между собой. Приводятся нестандартные сравнения: «юркий пищевод», «кособокий кишечник» и т.д. Даются объяснения нарушений функции пищеварительной системы, такие как рвота или очень «популярный» запор, которые сопровождаются рекомендациями, как с ними справляться. Описаны важные заболевания (аллергия, целиакия, глютеновая непереносимость, лактозная недостаточность и непереносимость фруктозы).

Несомненный интерес представляют такие главы, как «Нервная система кишечника» и «О переваривании полученной информации, или мозг и кишечник». Важно, что описано такое непростое заболевание, как синдром раздраженного кишечника. Завершает книгу очень актуальная в медицинских кругах тема «Мир микробов», изложенная почти на профессиональном уровне. Книга хотя и относится к разряду популярных, дает представление о том, насколько сложна система пищеварения, как она зависит от состояния центральной нервной системы, представителей микрофлоры и паразитов, населяющих ее различные отделы, и о многом другом.

Заслуженный деятель науки РФ,
доктор медицинских наук,
профессор С.И. Раппопорт

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие от Раппопорта 5

Предисловие 11

1. Очаровательный кишечник 17

**Как мы какаем... и почему стоит
поговорить серьезно на несерьезную,
казалось бы, тему 20**

Правильно сидеть на унитазе — почему это
важно? 26

На входе в кишечную трубку 31

Строение желудочно-кишечного тракта 45

Юркий пищевод 46

Кособокий желудок 49

Извивающийся тонкий кишечник 51

Бесполезная слепая кишка (аппендикс)
и пышный толстый кишечник 59

Что мы едим на самом деле 66

Аллергии и непереносимости 79

Целиакия (глютеновая непереносимость),
или Кишечный инфантилизм 80

Лактозная и фруктозная непереносимость 84

2. Нервная система кишечника 101

О переносе пищи в организме 103

Глаза 103

Нос 103

Рот 105

Глотка 106

Пищевод 106

Желудок 109

Тонкий кишечник 111

Толстый кишечник 115

Изжога и отрыжка кислым 118

Рвота 125

Природа рвоты и методы ее устранения 127

Запоры 135

О слабительных 143

Правило трех дней 151

О переваривании полученной информации, или мозг и кишечник) 152

О влиянии кишечника на работу
головного мозга 156

Синдром раздраженного кишечника,
стрессы и депрессии 162

О формировании собственного «я» 173



Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>

3. Мир микробов 177

Человек как экосистема 179

Микрофлора и иммунитет 184

Формирование микрофлоры кишечника 192

Микрофлора кишечника взрослого человека 201

Генофонд наших бактерий 207

Три типа кишечника 210

Роль микрофлоры 218

Микрофлора кишечника и избыточный вес:
три гипотезы 224

Холестерин и микрофлора кишечника 231

Вредители: плохие бактерии и паразиты 236

Сальмонеллы в шляпках 236

Хеликобактер пилори — самое древнее
домашнее животное в организме человека 243

Токсоплазма — бесстрашный кошачий
пассажир 255

Острицы 266

О чистоте и хороших бактериях 270

Чистота в повседневности 273

Антибиотики 283

Пробиотики 293

Пребиотики 309

Благодарности 321

Часто задаваемые вопросы 322

Указатель 327

ПРЕДИСЛОВИЕ

Я появилась на свет в результате кесарева сечения и вскармливалась искусственным путем. Классический случай XXI века — ребенок с дефектно сформированным кишечником. Если бы на тот момент я знала больше о строении и работе желудочно-кишечного тракта, я могла бы со 100%-й вероятностью предсказать список тех диагнозов, которые мне будут поставлены в будущем. Началось все с лактозной непереносимости. Но меня ничуть не удивило, когда в возрасте чуть старше пяти лет я внезапно снова смогла пить молоко. В какие-то периоды я толстела. В какие-то — худела. Достаточно длительное время я себя хорошо чувствовала, пока не образовалась первая ранка...

Когда мне было 17, на правой ноге ни с того ни с сего образовалась мелкая ранка. Она долго не заживала, и через месяц мне пришлось обратиться к врачу. Специалисты не смогли поставить точный диагноз и прописали какую-то мазь. Через три недели язвами была поражена уже вся нога. Вскоре процесс распространился на другую ногу, руки и спину, изъязвления затронули даже лицо. К счастью, была зима, и окружающие думали, что у меня герпес, а на лбу — ссадина.

Врачи разводили руками и все как один ставили диагноз нейродермит¹, некоторые из них предполагали, что при-

¹ Хроническое заболевание кожи невrogenно-аллергического характера. — *Прим. ред.*

чина в стрессовом состоянии и психологической травме. Гормональное лечение кортизоном помогло, но сразу после отмены препарата состояние начинало вновь ухудшаться. Целый год, летом и зимой, я носила под брюками колготки, чтобы жидкость от мокнущих ран не просачивалась через ткань брюк. Затем в какой-то момент я взяла себя в руки и включила собственные мозги. Совершенно случайно я нашла информацию об очень похожей кожной патологии. Речь шла о мужчине, у которого первые проявления похожего заболевания были отмечены после приема антибиотиков. И я вспомнила, что за пару недель до появления первой язвы я тоже пропила курс антибактериальных препаратов!

С этого момента я перестала считать свое состояние кожным заболеванием, а увидела его скорее как последствие нарушений со стороны кишечника. Поэтому я отказалась от молочных продуктов и тех, что содержали клейковину, принимала различные бактерии, полезные для микрофлоры кишечника, — в общем, придерживалась правильного питания. В этот период я ставила над собой самые безумные эксперименты...

Если бы на тот момент я была уже студенткой медицинского факультета и обладала хоть какими-то знаниями, в половину из этих пищевых авантур я бы просто не ввязалась. Однажды в течение нескольких недель я принимала цинк в ударных дозировках, после чего несколько месяцев обостренно реагировала на запахи.

Но с помощью некоторых уловок мне, наконец, **удалось взять верх над своей болезнью**. Это стало победой, и на примере своего тела я почувствовала, что знание — это действительно сила. И тогда я решила поступить на медфак. В первом семестре на одной из вечеринок я сидела рядом с молодым человеком, у которого ощущался очень резкий неприятный запах изо рта. Это был своеобразный запах, непохожий ни на типичный для возрастного дяди в состоянии

постоянного стресса запах ацетона, ни на сладковато-гнилостный аромат злоупотребляющей сладостями тети, а какой-то другой. На следующий день после вечеринки я узнала, что он мертв. Молодой человек покончил жизнь самоубийством. Я потом очень часто вспоминала этого юношу. **Могут ли серьезные изменения кишечника стать причиной появления столь неприятного запаха и даже повлиять на психическое состояние человека?**

Через неделю я решила поделиться своими предположениями с близкой подругой. Двумя месяцами позже подруга подцепила ротавирусную инфекцию. Заболевание протекало в очень тяжелой форме. Когда мы встретились после ее выздоровления, она отметила, что в моих суждениях действительно есть рациональное зерно. Она рассказала, что уже давно не чувствовала себя настолько подавленной психологически, как в период болезни кишечным гриппом. С этого момента я решила глубже заняться данной проблематикой — и познакомилась с масштабным исследованием, предметом которого была взаимосвязь кишечника и головного мозга.

В процессе изучения некоторых вопросов я отметила, что это новое, стремительно развивающееся направление в научных кругах. Если еще десять лет назад можно было встретить лишь единичные публикации по данной теме, то на сегодняшний день уже проведено несколько сотен научных исследований, посвященных влиянию кишечника на самочувствие человека, в том числе психическое. Это действительно одно из самых популярных научных направлений современности! Известный американский биохимик Роб Кнайт в журнале *Nature*¹ пишет, что данное направление столь же перспективно, как нашумевшее в свое время исследование стволовых клеток.

¹Международный научный журнал, основанный в 1896 году, <http://www.nature.com>. Информация предоставлена на английском языке.

С этого момента я с головой ушла в тему, которая меня просто заворожала.

Во время учебы на медицинском факультете я отметила, насколько скудно будущим врачам преподается именно данный раздел физиологии и патологии человека. А при всем при этом **кишечник — уникальный орган.**



Кишечник составляет 2/3 иммунной системы.

Именно в кишечнике происходит всасывание питательных веществ из хлеба или соевой колбасы, которые являются энергоресурсами для работы организма; в кишечнике даже синтезируется около 20 собственных гормонов! Многие будущие врачи в процессе обучения на медицинских факультетах не узнают об этом вовсе или получают на этот счет лишь поверхностные знания. В мае 2013 года я была на конгрессе «Микрофлора кишечника и здоровье», который проводился в Лиссабоне, и для себя отметила, что около половины слушателей были представителями таких крупных учреждений, как Гарвард, Оксфорд, Йельский университет, Гейдельбергский университет, — они могли бы себе позволить стать первопроходцами в разработках по данному направлению.

Меня поражает, что ученые за закрытыми дверями дискутируют о важных наработках, не информируя об этом общественность. Безусловно, иногда предусмотрительность лучше поспешных выводов.

Среди ученых давно известен тот факт, что у людей, страдающих определенными проблемами с пищеварением, часто отмечается нарушение деятельности собственной нервной системы кишечника. Их кишечник способен отправлять сигналы в определенную область головного мозга, которая отвечает за формирование негативных эмоций. Человек чувствует себя подавленно и никак не может

определить причину подобного состояния. Зачастую таких пациентов отправляют на консультацию к психоаналитику, однако данный подход, как вы понимаете, является малопродуктивным. Это лишь один из примеров того, почему новые знания и опыт, полученные учеными в данной области, должны как можно быстрее и шире внедряться в медицинскую практику.

Цель этой книги — обобщить уже имеющиеся научные знания и данные, которые скрываются за дверями специализированных конгрессов, и донести их до широкого круга читателей, которые тем временем ищут ответы на вопросы, уже давно разрешенные в мире ученых. Я предполагаю, что большое количество пациентов, страдающих расстройствами со стороны кишечника, уже давно разочаровались в официальной медицине. Однако я не продаю чудодейственное средство. Также я не утверждаю, что здоровый кишечник является панацеей для избавления от любой болезни.

Моя задача — в увлекательной форме рассказать читателю о его удивительном внутреннем органе, новых научных данных о кишечнике и как, имея в арсенале эти знания, можно улучшить качество своей повседневной жизни.

Моя учеба на медицинском факультете и защита докторской диссертации в Институте медицинской микробиологии очень помогли мне в оценке и сортировке имеющихся на сегодня сведений. Благодаря личному опыту мне удалось в доступной и интересной форме рассказать читателю о самых сложных механизмах, происходящих в кишечнике и влияющих на весь организм человека.

Моя сестра поддерживала меня на всех этапах написания этой книги, призывала не останавливаться перед возникающими сложностями и довести работу до финала.

2

НЕРВНАЯ СИСТЕМА КИШЕЧНИКА

Бывают моменты, когда сознательное граничит с неосознанным. Мы обедаем в гостиной и при этом не замечаем, что в паре метров от нас, за стеной, в соседней квартире, сидит человек и тоже кушает. Иногда мы слышим поскрипывание пола и вспоминаем, что за стеной еще кто-то есть. Так же и в нашем теле существуют отделы, которые мы не слышим и которых мы не видим. Наши органы работают круглосуточно, но мы не ощущаем их рабочего процесса. Мы съедаем кусок торта: во рту мы ощущаем его вкус и еще совсем чуть-чуть — его присутствие в глотке в начале глотания. А потом — буквально пару сантиметров и... еда отправляется в пищевод, и мы больше не ощущаем ее присутствия. С этого момента вся наша еда попадает во власть гладкой мускулатуры¹.

Работа гладкой мускулатуры регулируется неосознанно. Под микроскопом она выглядит иначе, чем мускулатура, работу которой мы контролируем, например бицепс. Бицепс плеча мы можем напрягать и расслаблять, как только

¹ Сократимая ткань, которая состоит из клеток и не имеет поперечной исчерченности. — *Прим. ред.*

мы того пожелаем. У мышц, которые поддаются контролю, мельчайшие волокна настолько структурированы, как будто начерчены по линейке.

Волокна гладкой мускулатуры представляют собой органично сплетенную сеть, за счет такого строения ее движения гармоничны и волнообразны.

Как вы думаете, почему большинство людей краснеет, когда им стыдно? Все дело в том, что стенка наших кровеносных сосудов сформирована гладкомышечной оболочкой.

Гладкая мускулатура растягивается при такой эмоции, как стыд, и сосудики лица расширяются. У многих людей в стрессовой ситуации гладкая мускулатура сокращается, сосуды сужаются, что является причиной повышения давления.

Стенка кишечника состоит из трех слоев гладкой мускулатуры, что обеспечивает ему невероятную подвижность в различных направлениях на любом участке. Дирижером этой мускулатуры является собственная **нервная система кишечника**. Она регулирует все процессы в пищеварительном канале и абсолютно автономна. В случае отключения связей с головным мозгом не происходит рассогласования в работе кишечного тракта — такой феномен можно наблюдать только в кишечнике. **Даже если ноги становятся бездвижными, легкие перестают работать, кишечник продолжает функционировать.** К сожалению, мы не можем сознательно контролировать подачу сигналов нервных волокон кишечника и, соответственно, такие явления, как отрыжка или выпускание газов. Кстати, та же отрыжка, может, и вызывает не самые приятные эмоции, но движения, которые в этот момент совершает кишечный тракт, изящны, как танец балерины. Все процессы в нашем организме происходят красиво и строго упорядоченно.

О переносе пищи в организме

Предлагаю вам отправиться в увлекательное путешествие по пищеварительной системе организма вслед за куском торта и посмотреть, что же происходит внутри и какие видоизменения претерпевает сладкий десерт.

Глаза

Световые блики, отражающиеся от поверхности торта, встречаются со зрительным нервом нашего глаза и активируют его. Это первое впечатление поступает в кору головного мозга, расположенную внутри головы, чуть ниже уровня высоко забранных в хвост волос. Здесь сигналы от зрительных нервных волокон головной мозг трансформирует в картинку — и вот только сейчас мы на самом деле видим кусок торта. Эта вкусная информация направляется дальше, на станцию слюноотделения и в ротовую полость, где уже выделяется слюна. Также наш желудок, ввиду перспективы получить что-то вкусненькое, уже начинает синтезировать соляную кислоту.

Нос


Если попробовать прощупать носовые ходы, то можно заметить, что чем выше, тем труднее пальцем пробраться глубже и каком-то месте это продвижение будет совсем невозможно. Именно там расположены обонятельные нервы, которые покрыты защитным слоем слизи. Все ароматические молекулы, которые попадают в наш нос, сначала растворяются в слизи и только потом передаются к обонятельному нерву.

Обонятельные нервы — это высококвалифицированные специалисты, каждый из которых мастер своего дела. Для каждого из многочисленных запахов имеется свой определенный рецептор. Иногда рецепторы могут несколько лет существовать без дела, прежде чем найдут себе занятие. И тогда ароматическая молекула ландыша фиксируется ожидающим ее рецептором, и он кричит головному мозгу: «Смотри, ландыш!» А потом, если ландыши больше не встречаются, рецептор может снова несколько лет находиться без дела.


Чтобы человек уловил запах торта, изначально сладкие молекулы должны рассеяться в окружающем воздухе и при вдохе попасть в дыхательные пути. Это могут быть ароматические вещества ванили, мельчайшие молекулы пласти-

ка от одноразовых вилок или испаряющийся запах алкоголя от ромового крема. Наш орган обоняния — это опытный химик и дегустатор. Чем ближе ко рту мы подносим вилку с кусочком торта, тем больше ароматических молекул устремляется в полость носа. И если в последний момент мы ощущаем запах алкоголя, рука может резко отдернуться, глаз — снова оценить содержимое тарелки и задать

вопрос рту: «Как думаешь, что это? Алкоголь в начинке или испорченный продукт?» Проанализировав все еще раз и получив заключение: «Все в порядке!» — рот открывается, вилка движется вперед, и начинается увлекательное путешествие.



Обонятельные нервы стоят на страже нашего здоровья днем и ночью. Возможность различать запахи предупреждает нас о просроченной пище или испорченном воздухе.



Рот

Именно во рту и начинается процесс пищеварения. Самой сильной мышцей нашего организма является мускулатура нижней челюсти, а самой подвижной поперечно-полосатой — язык. Вместе они способны не только превосходно измельчать пищу, но и ловко маневрировать. Надежным товарищем в этом союзе является **зубная эмаль** — самый прочный и твердый материал, синтезируемый человеческим организмом.


Если в пище встречаются очень плотные твердые частички, вся команда включается в процесс размельчения, прежде чем кусок пищи будет проглочен.

В ситуации с тортом больших усилий, однако, не требуется.


Во время жевания в игру включается тренер всей команды — язык. Если кусочек торта трусливо скрывается от игроков-жевателей, язык его находит и возвращает обратно на поле.

Язык впоследствии захватывает комочки торта размером до 20 мм и направляет их в сторону нёба, которое является кулисами перед выходом на сцену под названием пищевод. Этот процесс напоминает работу выключателя: как только язык, сокращаясь, прижимается к твердому нёбу, запускается программа глотания, в результате которой пищевой комок попадает в глотку, а уже потом — в пищевод, и концерт начинается.

Итак, пищеварение начинается во рту, где пища подвергается процессу дробления на мелкие частицы. Это помогает смешиванию слюны с пищей и позволяет пищеварительным сокам быстрее ее обработать. Жевание, или переже-



Наши челюсти в области корневых зубов могут выдерживать нагрузку до 80 кг. Вы только представьте себе, ведь это вес взрослого мужчины!



ывание, является единственным сознательным процессом при приеме пищи, а все остальные процессы совершаются на подсознательном уровне и зависят от качества процесса жевания. Одновременно с жеванием происходит выделение пищеварительного сока и его тщательное смешивание с пищей.

Глотка

Мягкое нёбо и мышцы-сжиматели глотки выполняют две функции: перекрывают сообщение глотки с носовой полостью и перемещают пищевой комок в глотку. Это движение достаточно громкое, и при проглатывании мы слышим щелчок. Голосовые связки в процессе глотания не могут «говорить» и смыкаются. Надгортанник поднимается и перекрывает доступ в дыхательные пути. Дно полости рта опускается, мышцы-сжиматели глотки сокращаются и проталкивают кусок торта в полость пищевода.

Процесс глотания — **рефлекторно-мышечный акт**, при котором в результате сокращения одних и расслабления других мышц пищевой комок попадает из глотки в пищевод.

Пищевод


Для прохождения по пищеводу пищевому комку из торта требуется 5–10 секунд. Пищевод при глотании совершает **волнообразное движение**. Когда в его полость поступает комок пищи, пищевод расширяется и следом за комком снова смыкается, за счет чего движение может осуществляться только в одну сторону.

Этот процесс происходит автоматически, и, даже стоя на голове или лежа на диване, мы все равно можем глотать.


Наш торт и в этом случае будет продвигаться в направлении желудка, невзирая на силу земного притяжения. Движения пищевода при проталкивании пищевого комка называются пропульсивным перистальтическим движением. Верхняя треть пищевода окутана поперечно-полосатой мускулатурой, поэтому мы осознанно можем ощущать движение пищевого комка на первых сантиметрах его полости. Путь, который наше сознание уже не замечает, начинается на уровне маленькой ямки, ограничивающей сверху грудину. С этого уровня стенки пищевода составляет исключительно гладкая мускулатура.

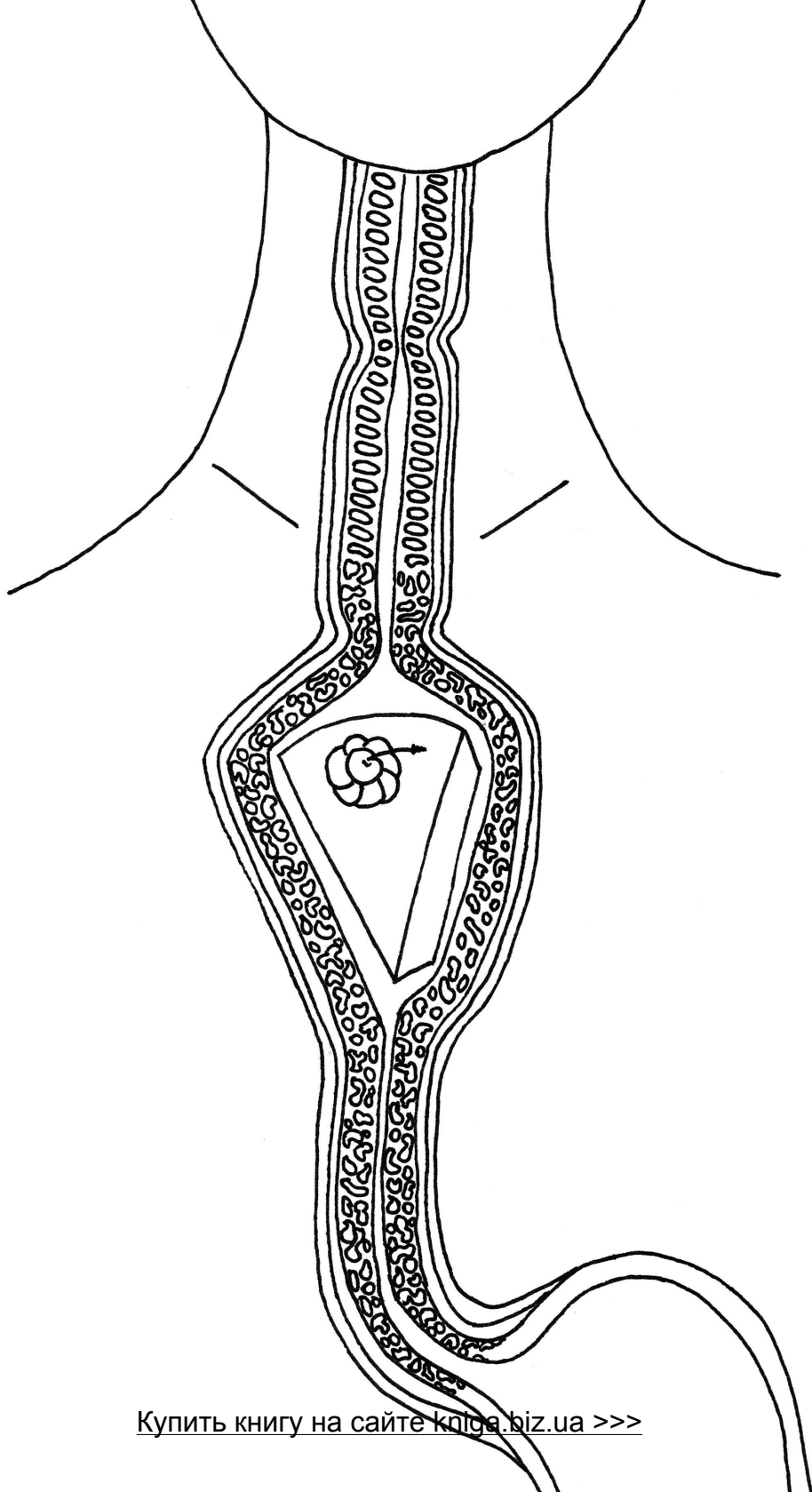
Нижний отрезок пищевода сформирован кольцевой мускулатурой, которая стимулируется при глотательном движении и расслабляется примерно на 8 секунд. В результате раскрывается проход из пищевода в желудок, и пищевой комок беспрепятственно продвигается дальше, затем мышца смыкается снова, и наверх поступает команда «можно продолжать дышать».

Путь от рта к желудку — это первый акт представления. Он требует максимальной сосредоточенности и слаженной игры всех артистов. Периферическая нервная система, работающая осознанно, и автономная нервная система, работающая неосознанно, вместе слаженно регулируют процесс глотания. Совместная партия должна быть хорошо разучена. Первые тренировки начинаются еще в животе мамы, где малыш учится глотать до полулитра околоплодных вод ежедневно. Если что-то не получается, то это вовсе не критично. Ребенок в утробе матери целиком и полностью пла-



Мышцы пищевода начинают свою работу только тогда, когда совершено глотательное движение. Если же положить пищевой комок непосредственно в пищевод, не глотая при этом, — пищевод работать не станет. Ему нужен специальный сигнал. И этот сигнал — глоток!





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


вает в жидкости, жидкостью заполнены и легкие, поэтому захлебнуться в общепринятом значении этого слова практически невозможно.

В нашей взрослой жизни каждый день мы совершаем 600–2000 глотательных движений. В акте глотания принимают участие 20 пар мышц, и в большинстве случаев все проходит гладко. Люди в старшем возрасте захлебываются и поперхиваются чаще. Координирующие мышцы уже не так хорошо справляются со своей работой, в результате мягкое нёбо уже не так точно «смотрит на часы», гортань может «проспать» и не подняться вовремя. Постучать по спине в таких случаях очень мило, но, по большому счету, пугать пожилые структуры глотки не имеет никакого смысла. Частота поперхиваний, которые так или иначе заканчиваются приступами сильного кашля, со временем увеличивается, поэтому лучше вовремя обратиться к врачу. Специалист поможет держать глотательную трупку в тонусе.

Желудок


Желудок — более подвижноеместилище, чем кажется на первый взгляд. Незадолго до поступления в него торта этот орган расслабляется и способен растягиваться все время, пока в него поступает пища. Он дает место всему, что требует места. Килограмм торта объемом с пакет молока оптимально впишется в растягивающийся гамак под названием желудок.

Как только торт попал в желудок, его стенки начинают интенсивно сокращаться и расслабляться. Пищевой комок запускается в противополож-



Некоторые эмоции, например страх или стрессовое состояние, могут затруднять растяжение гладкой мускулатуры желудка.

И тогда мы быстро насыщаемся, хотя съели совсем чуть-чуть.



ную стенку, ударяется об нее и возвращается обратно. Подобные движения в среде медиков носят название *ретропульсивной перистальтики*. Наверное, органы между собой называют это «посмотрим, как далеко полетит». Разбег, удар и отскакивание обратно сопровождаются типичными бурлящими звуками, которые можно услышать, прислонившись ухом к животу (в области треугольника, где сходятся вместе правая и левая реберные дуги). Как только желудок начинает активно раскачиваться, импульс движения передается всему кишечному тракту. И то, что на данный момент содержится в кишечнике, продвигается дальше, и высвобождается место для вновь прибывшего пищевого комка. Этим и объясняется желание посетить туалет после обильного приема пищи.

Попавший в желудок кусок торта будоражит все структуры пищеварительной системы. Желудок описанным способом раскачивает наш торт в течение двух часов. При этом пищевой комок разбивается на мелкие частицы. Большинство измельченных кусочков после пребывания в желудке имеют размеры менее 0,2 мм. При таких размерах крошки уже не ударяются о стенки кишечника, а пассивно сползают дальше через маленькое отверстие в нижней части желудка. В этой области находится другой запирательный механизм — **привратник желудка**. Он сторожит область на выходе из желудка и на входе в **двенадцатиперстную кишку**.

А вот сейчас — внимание!



Многие (практически все) считают желудок главным органом пищеварения. И ошибаются! Желудок действительно важный и необходимый орган пищеварительной системы организма, но все же основное переваривание пищи происходит не в нем, а в небольшой и менее известной двенадцатиперстной кишке.

Простые углеводы, такие как кекс, рис или макароны, быстрее выходят за пределы желудка. В тонком кишечнике они перевариваются дальше, всасываются и повышают уровень сахара в крови, насыщая организм энергией. Протеины и жиры задерживаются дольше в *пилорической части*¹ желудка. Кусок стейка может «качаться на качелях» в полости желудка в течение шести часов, прежде чем он окончательно попадет в тонкую кишку. Поэтому после основного обеда, состоящего из мяса или картофеля фри, нам часто хочется чего-нибудь сладкого на десерт — наш организм не может ждать так долго, пока поднимется уровень сахара в крови. **Десерт является быстрым и верным способом подачи глюкозы.**

Углеводы быстро насыщают организм энергией, но ощущение сытости не так продолжительно, как от расщепления белков или жиров.

Тонкий кишечник

Как только первая порция из желудка поступает в тонкий кишечник, начинается настоящее пищеварение. Месиво из торта в процессе своего путешествия по пищеварительному тракту практически полностью распределяется по стенкам тонкого кишечника. Тонкий кишечник мужественно поглощает весь торт. Он терзает кусок торта, долбит его во всех направлениях, ворсинки колышутся вокруг него, перемешивают массу дальше и продвигают вперед. Под микроскопом можно увидеть, как даже мельчайшие ворсинки участвуют в этом процессе. Они двигаются вверх-вниз, как тарелки ударного инструмента, и движение это непрерывно.

¹Часть органа, которая расположена ниже всех остальных его отделов и переходит непосредственно в двенадцатиперстную кишку. — *Прим. ред.*