

ТЕ
ЛО.
ИНСТРУКЦИЯ

РОЙ МИЛЗ

КОСТИ

ВНУТРИ
И СНАРУЖИ

МИФ Здоровый образ жизни

Рой Милз

Кости: внутри и снаружи

«Манн, Иванов и Фербер»

2020

УДК 611.71
ББК 28.706.981.3

Милз Р.

Кости: внутри и снаружи / Р. Милз — «Манн, Иванов и Фербер»,
2020 — (МИФ Здоровый образ жизни)

ISBN 978-5-00-169682-7

Эта книга – живой иллюстрированный рассказ о костях, краеугольном камне для понимания здоровья и человеческой культуры. Хирург-ортопед Рой Милз не только объясняет биологический состав и структуру костей, показывает, как они растут, ломаются и заживают, но и знакомит читателей с медицинскими инновациями в области ортопедии. Помимо этого, он прославляет кость в нашей истории и демонстрирует множество ролей, которые кости играли в жизни человечества на протяжении тысячелетий. Книга подготовлена в информационных целях. Перед применением приведенных рекомендаций обязательно проконсультируйтесь с врачом. На русском языке публикуется впервые.

УДК 611.71
ББК 28.706.981.3

ISBN 978-5-00-169682-7

© Милз Р., 2020
© Манн, Иванов и Фербер, 2020

Содержание

Введение	6
Часть первая. Скрытая кость	8
Глава 1. Уникальный состав кости и ее структура	8
Глава 2. Жизнь кости и ее родственники	27
Конец ознакомительного фрагмента.	36

Рой Милз

Кости. Внутри и снаружи

Оригинальное название: Bones: Inside and Out

Научные редакторы Вера Гулюкина, Константин Рыбаков, Мария Меньшикова

Издано с разрешения автора и The Van Lear Agency LLC c/o Agentstvo Van Lear LLC in conjunction with MacKenzie Wolf

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав

© Roy Meals, 2020

First published in the United States in 2020 by W.W. Norton and Company. Translation rights arranged by The Van Lear Agency LLC and MacKenzie Wolf. All rights reserved

© Перевод на русский язык, издание на русском языке, оформление. ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2021

* * *

Посвящается Сюзан, любовь, поддержка, безупречный вкус и добрые наставления которой делают мои книги и мою жизнь намного богаче

Введение



Давайте подумаем, какие недостатки имеются у популярных строительных материалов. Глина растекается, а после высыхания крошится. Известняк, гранит, бетон, кирпич и фарфор твердые, но хрупкие, а еще массивные, поэтому использовать их можно не везде, особенно когда надо сделать что-то подвижное. Металл годится для легких конструкций и пружинит, если его немного согнуть, – это хорошее качество. Однако если согнуть металл чуть сильнее, он останется в таком состоянии – и это не всегда плюс. Пластик вреден для окружающей среды. Дерево – прекрасный эластичный материал, легкий, биоразлагаемый. Деревянные детали легко соединять друг с другом. Тем не менее и у дерева есть недостатки: оно гниет и горит.

Материалы, которые используют живые организмы, тоже не идеальны. Раковины тяжелы, поэтому улитки и двусторчатые моллюски не могут быстро передвигаться. Ракообразные более подвижны, а жуки даже умеют летать, но их тонкий, легкий и хрупкий наружный скелет необходимо периодически сбрасывать, иначе его обладатель не будет расти.

Все это подводит нас к мысли о кости. Во-первых, кость «производится» прямо на месте эксплуатации (в организме живого существа). Во-вторых, она легкая, прочная и адаптируется к меняющимся условиям. Стальной мост не может удвоить свою длину или несущую способность, а кость и растет, и реагирует на нагрузки. Более того, кость сама себя чинит: ни разбитый кирпич, ни сломанная ложка из металла, пластика или дерева не обладают таким свойством. Кость – это не только лучший в мире конструкционный материал, но и большой банк, который вмещает жизненно важные элементы (в первую очередь кальций) и при необходимости отдает их организму.

При всем уважении к этому чуду природы мало кто видел (или хотел бы увидеть) живые кости – особенно собственные. Наделенные столь превосходными качествами, кости живут уединенно и не получают должного внимания. Какой образ возникает у вас в голове при мысли о кости? Картина Джорджии О'Кифф¹, на которой изображен коровий череп под палящим солнцем? Выбеленный, иссушенный, неподвластный времени череп посреди пустыни – такая ассоциация вовсе не подчеркивает достоинства этого материала. Мы испытываем раздражение и даже некое презрение к кости, когда снимаем последний кусочек мяса с бараньего ребрышка или говяжьего стейка. Мы торопимся приступить к десерту, даже не замечая костное кольцо в центре куска свинины, и не задумываемся, для чего у куриной ножки на концах имеются расширения и почему некоторые рыбы кости гибкие, а птичья вилочка такая хрупкая. Скептики, которые все еще не верят, что кость – лучший в мире материал, спросят: «Если кости такие расчудесные, почему же улитки и пчелы обходятся без них?» Я отвечу на эти и многие другие вопросы в своей книге по мере того, как мы будем знакомиться с историей кости.

Кость – широко распространенный и универсальный материал, однако живую кость мы видим редко, поэтому она кажется нам несколько загадочной. Зато когда кость отслужит своему владельцу, этот удивительный и таинственный материал получает шанс проявить себя в

¹ Джорджия О'Кифф (1887-1986) – американская художница, мастер магического реализма. Среди типичных мотивов О'Кифф – сельские дома, горы, скалы и дюны, источенные стихиями кости и черепа животных, а также цветы. *Здесь и далее, если не указано иное, примечания редактора.*

самых разных местах и предназначениях, иногда спустя сотни миллионов лет. Кость может многое рассказать нам об истории планеты и жизни животных на ней. Еще на заре цивилизации люди начали применять кость как орудие труда, использовать ее для защиты и даже для развлечения и вдохновения. Таким образом, обнаженная кость не менее интересна, чем скрытая, и к концу этого повествования вы будете уверены, что лучшего материала в мире не найти.

Часть первая. Скрытая кость

Глава 1. Уникальный состав кости и ее структура



Выдающийся греческий врач и философ Гален писал, что кость, судя по ее бледному цвету, сделана из семенной жидкости. Почти тысячу лет спустя Авиценна, персидский астроном, врач и автор множества научных трудов, пришел к выводу, что кость сотворена из земли, ведь она холодная и сухая. С тех времен миновала еще тысяча лет, и теперь в обществе преобладает иное мнение. Однако Авиценна заметил: чтобы понять скелет, лучше всего отделить его от остального тела. Именно так мы сейчас и поступаем.

Чтобы поближе познакомиться с костью, разложим ее вплоть до химических составляющих. Когда пять атомов углерода соединяются с двумя атомами кислорода, одним атомом азота и несколькими атомами водорода, образуется аминокислота пролин. Аминокислоты – незаменимые кирпичики жизни. Пролин синтезируется в организме человека, а также выделяется при расщеплении пищи в процессе ее переваривания. Из богатой пролином смеси аминокислот особые клетки собирают цепочки молекул коллагена – самого распространенного белка нашего организма. Сначала нить коллагена напоминает микроскопическую мягкую макаронину. Затем к молекулам пролина присоединяются дополнительные атомы водорода и кислорода. Из-за этого цепочка приобретает множественные резкие изгибы, и теперь «спагетти» выглядит как крохотная спиралька. Три такие молекулы группируются в одну молекулу коллагена. Даже на этом субмикроскопическом уровне молекула получается стабильная и прочная, поскольку гребни одной цепочки отлично подходят к впадинкам на других.

Синтезом молекул коллагена занимаются несколько видов клеток, в том числе остеобласты – клетки, которые образуют кость (название происходит от греческих слов «кость» и «росток»). Остеобласт выталкивает готовую молекулу коллагена – это чудо химии и механики – за пределы своей мембраны в узкое межклеточное пространство. Там молекулы коллагена соединяются друг с другом своими концами, а также по всей длине, образуя из множества нитей единое волокно. Молекулы коллагена такие тонкие, что, если каждую секунду класть их одна на другую, потребуется семнадцать часов, чтобы сделать стопку толщиной с эту страницу. И хотя в длину они гораздо больше, придется состыковать целых триста тысяч молекул коллагена, чтобы пересечь пространство внутри этой буквы «о».

Коллагеновые волокна сцеплены между собой и механическими (гребень – впадинка), и химическими связями (как липкие макароны). Чтобы оценить их прочность, представьте три ряда из кубиков лего, соединенных и склеенных суперклеем. Не пытайтесь их разорвать: эти аминокислотные цепочки прочнее, чем стальные нити такой же толщины.

Пока что это вся химия, которая нам нужна. Попробуем найти связь между английскими моряками, кожей для обуви, мебельным клеем и сладким желе. Помните водородно-кислородные добавки к молекулам пролина? Катализатором их присоединения выступает витамин С. Эти добавки необходимы для скручивания молекул в плотную спираль, вот почему дефицит витамина С ведет к нарушению выработки коллагена и вызывает цингу – болезнь, при которой кровоточат десны и возникают многочисленные кровоизлияния в органах и тканях. Раньше

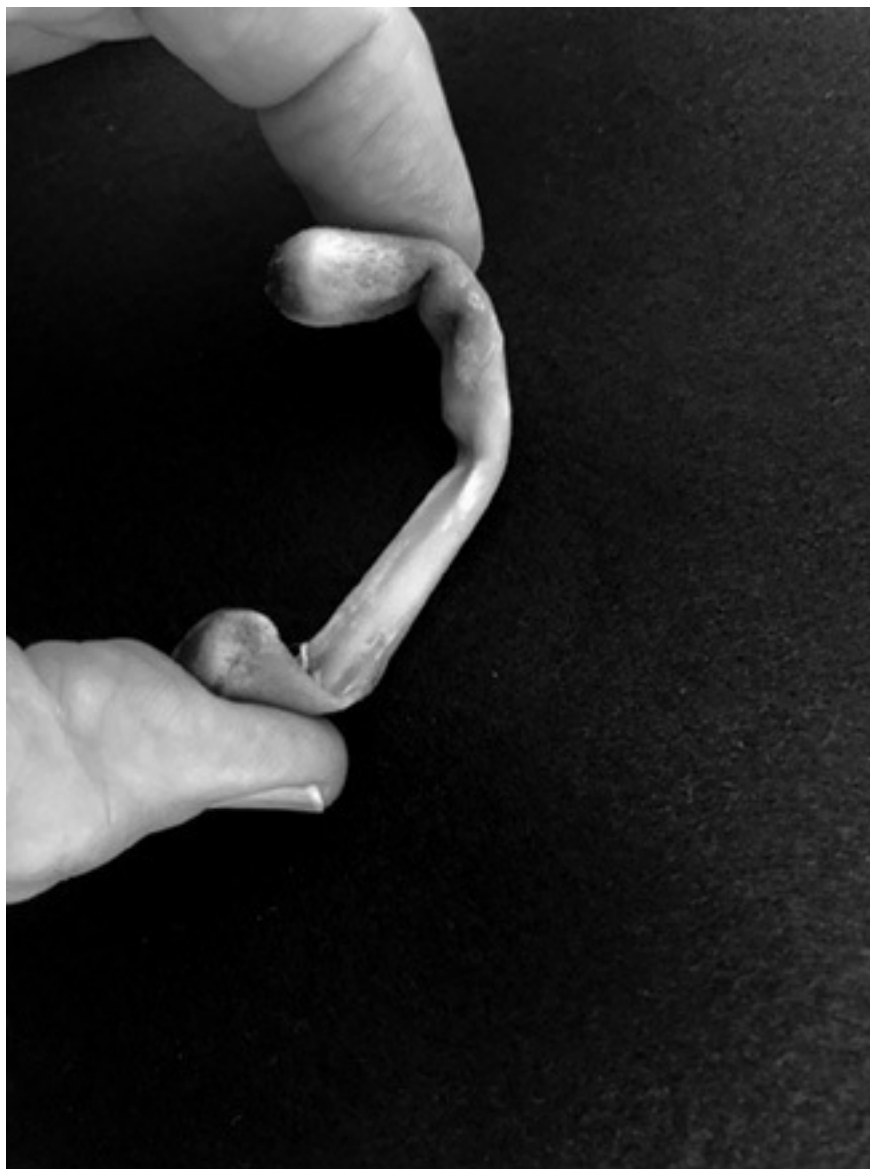
моряки месяцами находились в море, в их рационе почти не было свежих овощей и фруктов. Чтобы улучшить вкус тухлой питьевой воды, английские моряки начали добавлять в нее сок цитрусовых. В результате выработка коллагена возвращалась в норму – так, благодаря счастливой случайности, обнаружилось, что не только одно яблоко в день прогоняет докторов, но и один лайм не подпускает цингу.

Обувная кожа – еще одно воплощение коллагена. В процессе дубления кожи в чаны добавляют специальные химические вещества, которые повышают число связей между коллагеновыми волокнами коровьих шкур, поэтому кожа приобретает прочность. Что же касается шариков для пейнтбола, капсул с лекарствами, мебельного клея, желатиновых десертов и жевательных мишек, здесь другая история: все это делается из частично разрушенных волокон коллагена, которые получают путем вываривания побочных продуктов производства мяса и кожи. Существует даже поговорка «Отправить лошадь на клеевую фабрику» – так говорят о стареющих животных, поэтому лучше не читайте про производство желатина перед тем, как съесть кусочек зефира.

Коллаген устойчив к растяжению. Этот белок составляет основу сухожилий (они преобразуют мышечные сокращения в движения суставов) и связок (они удерживают суставы в правильном положении). Представьте, что вы встали на цыпочки. Если бы ахилловы сухожилия были чрезмерно эластичными, при сокращении икроножных мышц они растягивались бы как резинка, и пятки оставались бы на земле. Это плохо – вы не смогли бы прыгать. Или представьте, что вы подпираете рукой щеку и начинаете отгибать назад кончики пальцев. Если бы не прочные связки, ногти в конце концов коснулись бы тыльной стороны ладони – не самое приятное зрелище. Бывает, что связки очень растяжимы от природы. Такие «гуттаперчевые» люди, или «люди-змеи», иногда любят хвастаться своими способностями, вызывая у окружающих недоумение.

Кажется, что такое описание коллагена не имеет отношения к делу, ведь он прочный и не растягивается, да и кость, как мы знаем, тоже твердая. Кость сопротивляется сжатию (выражаясь научным языком), поскольку содержит кристаллы кальция, однако эти кристаллы находятся – как вы уже догадались – в сети коллагена. Конструкция напоминает покрытый штукатуркой деревянный каркас стены.

Чтобы в этом убедиться, купите упаковку куриных голеней. С пары куриных ножек снимите мясо, а кости положите на несколько недель в уксус. Мясо приготовьте на ужин, а кости, оставшиеся после трапезы, отправьте на два часа в духовку, разогретую до 120 °С. Кости, замоченные в уксусе, станут гибкими, как резина, поскольку уксус растворяет кальций. Кости из духовки окажутся хрупкими и ломкими, как мел, потому что высокая температура разрушает коллагеновые волокна.



Вымоченная в уксусе куриная кость потеряла жесткость, которую ей обеспечивали кристаллы кальция. Остался только гибкий коллагеновый каркас

В книгах по химии написано, что существуют разные виды кристаллов кальция: хлорид кальция (противогололедное средство), цитрат кальция (умягчитель воды и пищевая добавка), карбонат кальция (таблетки от изжоги, мел, кораллы, яичная скорлупа), сульфат кальция (гипс и алебастр) и гидроксид кальция (гашеная известь). Если при соответствующих условиях добавить к гидроксиду кальция фосфорное соединение, получится гидроксиапатит. Возможно, это новое для вас слово. Оно никак не связано ни с гидрой, ни с аппетитом (даже в случае зефира и других желатиновых вкусностей). Гидроксиапатит – это основной кальциевый кристалл костей. Если произнести это слово на вечеринке, можно показаться слегка ненормальным, однако именно благодаря гидроксиапатиту мы способны ходить на двух ногах, так что давайте поговорим об этом минерале.

В 1780-х годах один немецкий минералог выделил кристаллы апатита в отдельный вид – прежде их путали с другими минералами или каждый раз признавали новым видом. За такую обманчивую природу он и дал им название: немецкое *apatit* происходит от греческого «обман». Это вещество существует в различных формах, а его соединение с ионом воды дает гидроксиапатит.

Полезно знать, особенно если вы следите за своим весом, что кости составляют около пятнадцати процентов массы нашего тела. Примерно треть этого приходится на коллаген, а две трети – на соединения кальция и фосфора. Таким образом, у человека, вес которого составляет восемьдесят килограммов, двенадцать килограммов костей, из них четыре килограмма коллагена и восемь килограммов гидроксиапатита – хватит, чтобы набить чемодан на колесах (эта информация просто дает представление о костной массе человека, так что не пытайтесь проскользнуть с такой тележкой мимо охраны в аэропорту).

Представьте, что остеобласты плавают в форме для выпечки, наполненной питательным бульоном из воды и кислорода. Следуя своей генетической программе, они будут производить и выделять молекулы коллагена и гидроксиапатита, и – вуаля – кристаллы кальция отложатся в коллагеновой сети: так получается кость. В сущности, остеобласты замуровывают себя в костном коконе и превращаются в остециты – зрелые клетки костной ткани, которые поддерживают структуру кости, но не слишком активно участвуют в ее дальнейшем строительстве и разрушении. На усердие остеобластов влияют различные сигнальные молекулы (посредники), в основном гормоны гипофиза, щитовидной железы, половых желез (семенников и яичников). Близлежащие клетки тоже вырабатывают сигнальные молекулы, состоящие из аминокислотных цепочек. Эти вещества называют факторами роста: они могут подстегнуть остеобласты, чтобы те начали ускоренно наращивать кость, и при необходимости даже превращают некоторые другие виды клеток в клетки, формирующие костную ткань.

Когда остеобласты сделали свое дело и окружили себя коконами укрепленного коллагеном гидроксиапатита, питательный бульон в форме для выпечки становится очень твердым. По плотности и прочности он почти такой же, как кирпич-сырец. Но разве можно представить, как наши предки удирают от львов, имея кирпичные кости? А если бы у преследователей кости тоже были из схожего материала? Это была бы скучная погоня, как в замедленном кино. Конечно, эволюция выглядела совсем не так. Чтобы понять, как все происходило на самом деле, надо познакомиться с некоторыми принципами механики. Они объясняют, почему большинство плоских костей (например, череп и грудина) состоят из двух слоев компактной костной ткани, между которыми, как в сэндвиче, расположена губчатая сердцевина, а также почему длинные кости рук и ног цилиндрические, как трубки велосипедной рамы.

Давайте рассмотрим тонкие плоские кости: это кости черепа, который защищает головной мозг, а также грудина и ребра, которые закрывают сердце и легкие от прямых ударов. Внутренняя и внешняя поверхность этих костей твердая, плотная и гладкая, устойчивая к сгибанию и прокалыванию. Внутри эти кости пористые, как замороженная губка или гофрированный картон: вещество там легкое, но жесткое, оно и придает костной ткани прочность.

Теперь обратимся к трубчатым костям. Чтобы оценить изящность их структуры, нарисуйте в своем воображении трехметровую деревянную доску шириной сорок пять сантиметров и толщиной пять сантиметров. Такую доску можно перебросить через пропасть шириной два с половиной метра и благополучно перейти на другую сторону ущелья – возможно, доска будет немного пружинить, но ничего страшного. Чтобы убрать пружинистость, доску можно поставить на бок и перейти на цыпочках по пятисантиметровой грани: мостик получится намного уже, зато гораздо жестче. Размеры и физические свойства доски не изменились, однако во втором случае толщина вертикального слоя дерева составит целых сорок пять сантиметров (а не пять, как в первом примере), что уменьшает прогиб.

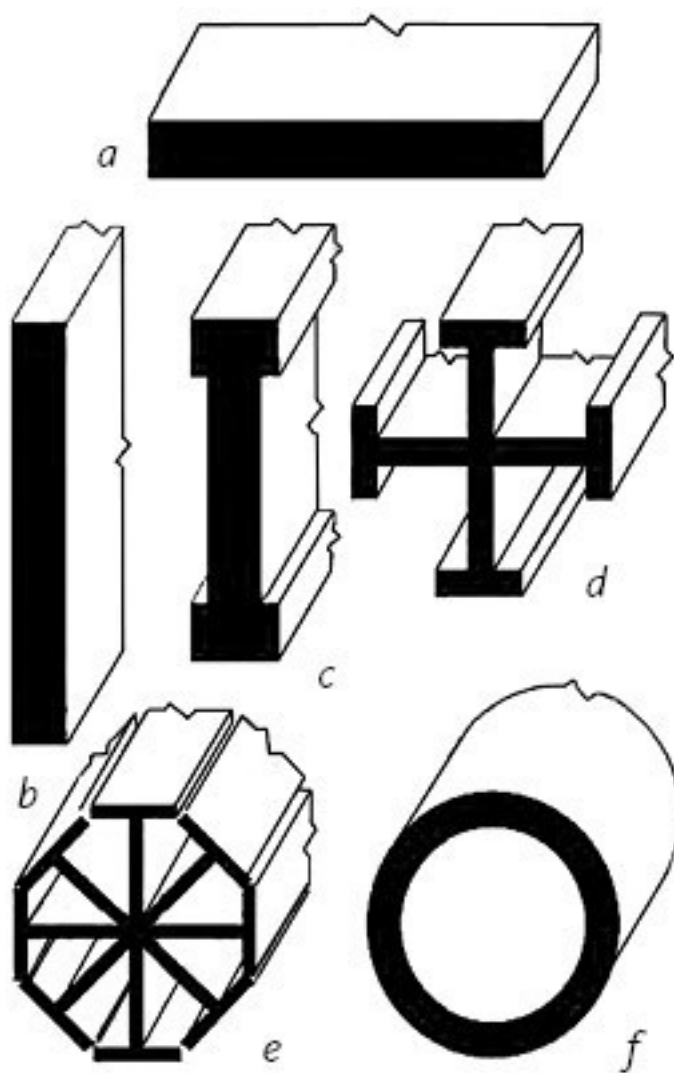
Именно поэтому лаги пола (поперечные балки) в деревянных каркасных домах ставят на ребро – иначе пол пружинил бы, как трамплин. Конечно, можно взять очень толстые доски и положить их плашмя, но тогда пол выйдет настолько тяжелым и дорогим, что проект рухнет и в физическом, и в финансовом смысле.

Как инженеры добиваются максимальной эффективности от работы балок и перекладин каркаса? Иначе говоря, как получить максимальную отдачу при минимальном расходе

ресурсов и с наименьшими усилиями? Для этого применяют двутавровые балки – если посмотреть на них с торца, они выглядят как заглавная буква *I*. Мы не будем углубляться в объяснение принципа их действия с формулами и греческими буквами, ограничимся безболезненным обзором. Наибольший вклад в жесткость балки вносят части, расположенные рядом с боковыми гранями: можно убрать часть материала с верхней и нижней поверхности обычной балки прямоугольного сечения, при этом прочность балки сохранится, а ее масса и стоимость снизятся.

Двутавровая балка хорошо сопротивляется изгибающему моменту под действием сил, направленных сверху вниз. Плохо то, что она не слишком устойчива, если силы скручивающие или боковые. Чтобы выдержать и вертикальное, и горизонтальное воздействие, балка должна напоминать нечто вроде тонкого железного креста. Однако если силу приложить под углом (например, два, пять, восемь или одиннадцать часов на условном циферблате), даже такая балка будет недостаточно прочной.

Конструкция, способная противостоять воздействию сил, направленных с разных сторон, получается из множества двутавровых балок, расположенных по кругу. Если соединить их наружные части, середину можно вообще убрать без особой потери прочности. Что останется? Цилиндр. Он устойчив к скручиванию и сгибанию во *всех* направлениях. Полая сердцевина позволяет облегчить конструкцию и сэкономить материал: сплошной стержень аналогичного размера был бы ненамного жестче. В этом и заключается изящество велосипедных рам, лыжных палок и – как вы уже догадались – костей. Наши длинные трубчатые кости, в сущности, представляют собой полые трубки, легкие и устойчивые к изгибам со всех сторон.



Все эти элементы содержат одинаковое количество материала при условии, что они имеют одинаковую длину. Плоская балка (*a*) пружинит под действием вертикально приложенных сил. Если поставить ее на ребро (*b*), сопротивление изгибающему моменту в вертикальной плоскости повысится. Двутавровая балка (*c*) еще прочнее в этом отношении. Воображаемый крест из двутавровых балок (*d*) устойчив к сгибанию в вертикальном и горизонтальном направлении, а фигура из множества двутавровых балок (*e*) будет эффективно противостоять силам, действующим в самых разных направлениях. Цилиндр (*f*) выдерживает сгибание с любой стороны и напоминает строение кости

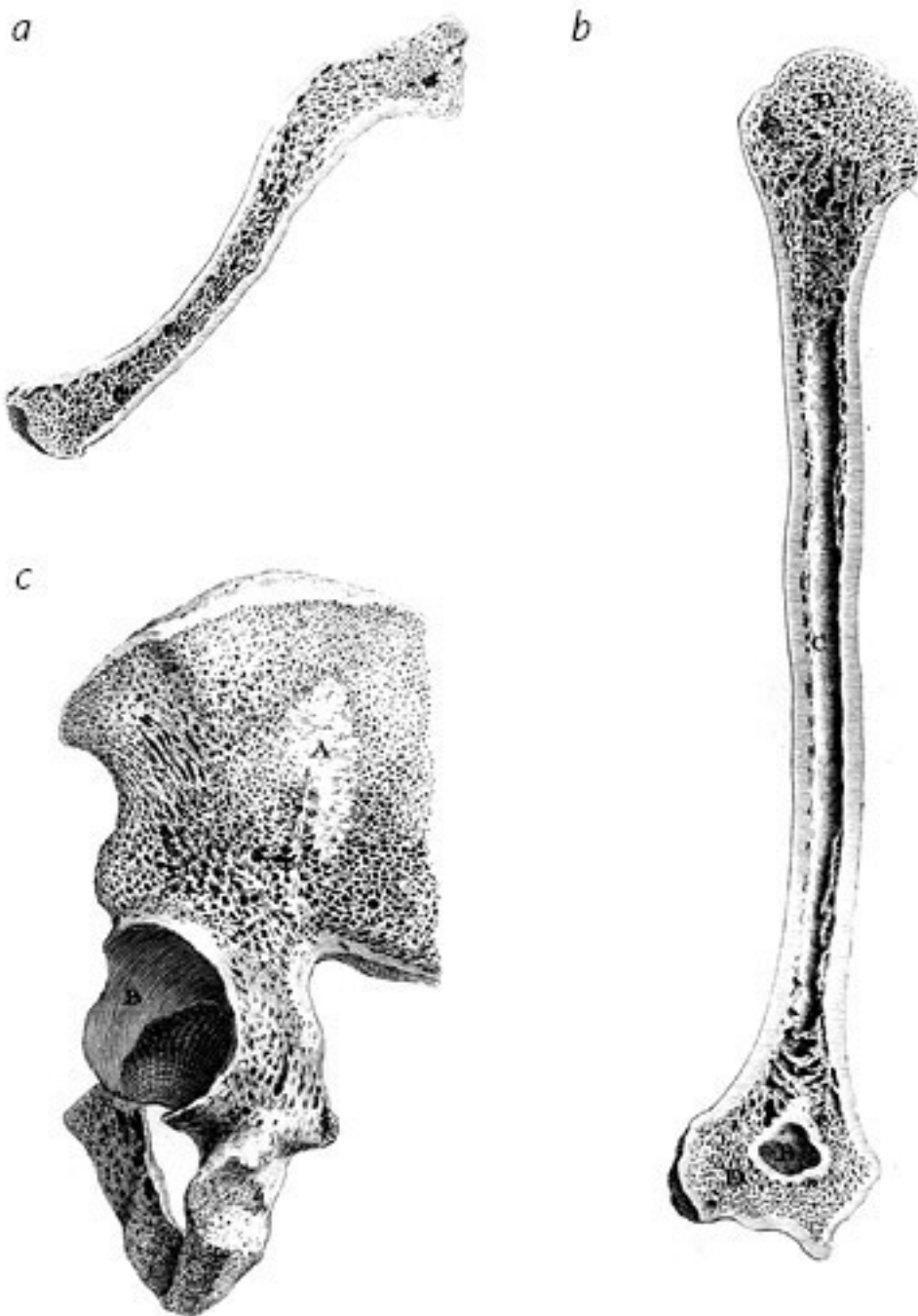
Обратите внимание, что концы большинства трубчатых костей расширены и покрыты хрящом – еще одной соединительной тканью, состоящей из крупных молекул, рассеянных по коллагеновой сети. В костной ткани «штукатурка» представляет собой твердые, сопротивляющиеся сжатию кристаллы гидроксиапатита. Связующие молекулы хрящевой ткани придают ей упругость и удерживают воду. Они напоминают губку и обеспечивают хрящам – а значит, и концам костей в суставе – способность скользить почти без трения.

О строении и функции хрящей я могу рассказать еще одну захватывающую историю, но они подождут своей книги. Нам, поклонникам костей, достаточно знать, что хрящ, по сравнению с компактным веществом кости, мягкий и скользкий. Утолщения на концах длинных трубчатых костей защищают эту нежную соединительную ткань. Во-первых, они увеличивают площадь соприкосновения, тем самым снижая в каждой отдельной точке давление, которое

приходится выдерживать хрящу. Во-вторых, в них содержится в основном губчатая костная ткань, которая слегка пружинит и амортизирует чувствительный к давлению хрящ.

Вы, наверное, замечали, что сердцевина твердого, плотного цилиндра трубчатой кости не совсем пустая. Здесь мы подходим к природе и назначению двух типов костной ткани – компактной и губчатой. Кость чем-то похожа на карамельку с шоколадной начинкой или хрустящий французский багет. Внешняя ее поверхность твердая и устойчивая к механическому воздействию, что позволяет нам поднимать тяжести. Пористое содержимое центральной полости – губчатое вещество – немного повышает прочность кости и поддерживает поверхностный слой, особенно ближе к концам.

Полости губчатой костной ткани заполнены клетками костного мозга, который тоже бывает двух видов: красный и желтый.



В атласе «Остеография», который вышел в 1733 году, Уильям Чизлден так описал этот рисунок, изображающий ключицу (*a*), плечевую кость (*b*) и тазовую кость (*c*): «Несколько костей распилены, чтобы показать их губчатую внутреннюю структуру. В их полостях сохранились остатки засохшего костного мозга». Пористая структура значительно уменьшает массу кости и повышает ее прочность, особенно ближе к концам кости

William Cheselden, *Osteographia, or the Anatomy of the Bones* (London: W. Bowyer, 1733)

У новорожденных все костномозговые полости заполнены красным костным мозгом, у взрослых людей красный костный мозг находится в основном в плоских костях, позвонках и утолщениях трубчатых костей. Он хорошо снабжается кровью и отвечает за выработку клеток крови, создавая их примерно по пятьсот миллиардов в день. В желтом костном мозге преобладает жировая ткань, и по мере взросления организма он занимает все больше места внутри кости. Некоторые гурманы считают его настоящим лакомством. Чтобы добраться до этой вкуснятины, они выскребают, грызут, раскалывают и даже обсасывают говяжьи кости. Именно это имел в виду Генри Торо², когда писал: «...укрылся я в лесах, чтоб жизнь прожить не зря, чтоб высосать из жизни костный мозг». Я точно так же поступаю с леденцами Tootsie Pops.

У некоторых птиц бедренные и плечевые кости полностью лишены костного мозга и являются важными элементами дыхательной системы: в их полости поступает воздух, который затем проходит через легкие и выдыхается. Аналогичные полые кости были и у некоторых динозавров – вероятно, тоже для содействия дыханию. Такое сходство в строении скелета доказывает, что современные птицы произошли от этих доисторических рептилий.

Дотошные читатели могут поинтересоваться: «Раз вокруг губчатой костной ткани такой плотный цилиндр, как же в нее поступает кровь?» Если бы прямо через кость проходило отверстие для полноценных кровеносных сосудов, возникли бы проблемы: отверстие имело бы такие размеры, что нарушилась бы прочность конструкции и значительно снизилась бы ее способность сопротивляться сгибающим и скручивающим силам. В этом случае кости стали бы легко ломаться. Чтобы избежать этого, природа придумала хитрость: твердую оболочку кости пронизывает множество длинных, тонких, как иголочка, диагональных ходов. В каждом из них есть крохотная артерия и вена. В одних костях таких каналов для питательных веществ больше, в других – меньше. Тазовая кость и по одной кости запястья и лодыжки отличаются тем, что на крупных участках этих костей вообще нет таких отверстий. Из-за нехватки линий снабжения стройматериалами переломы там заживают плохо.

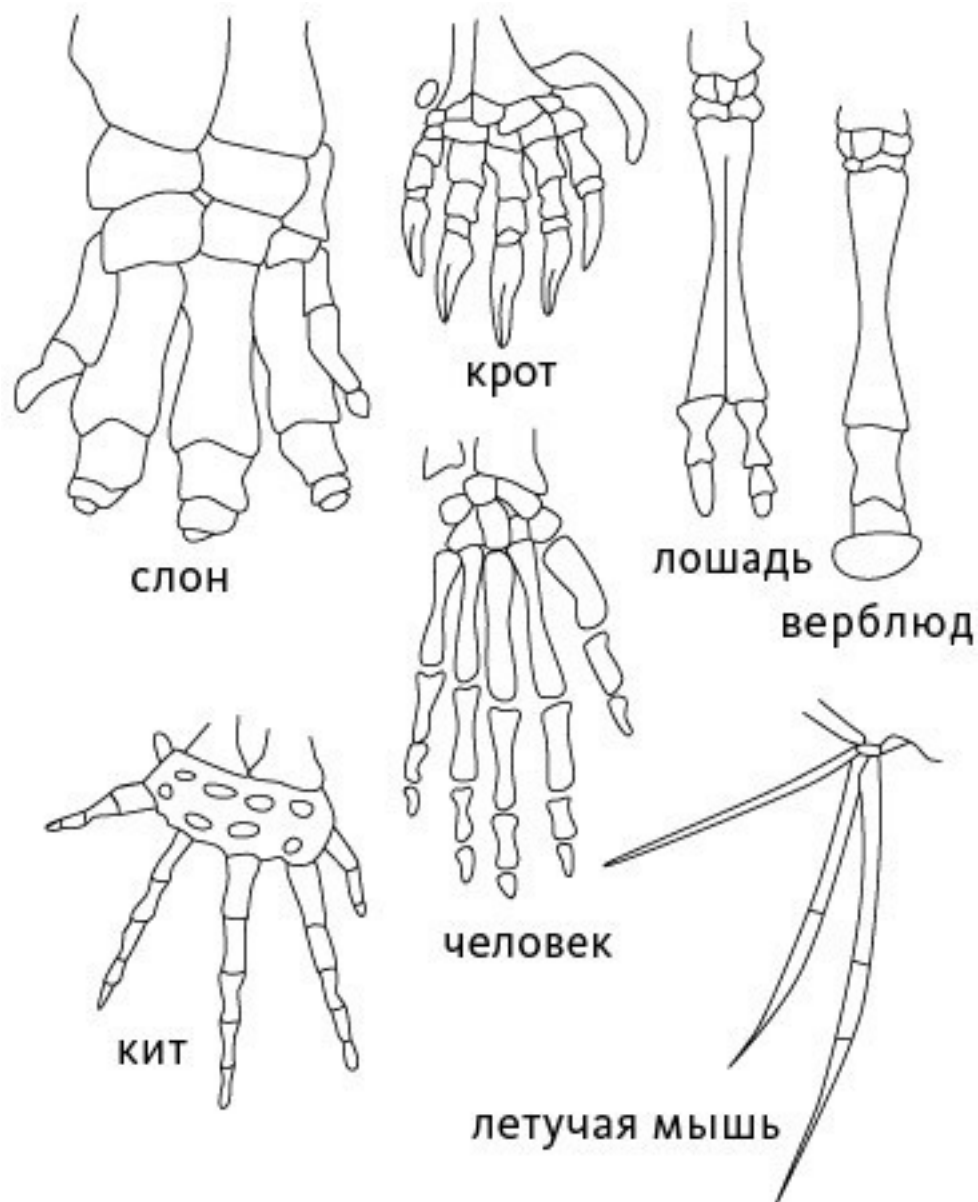
² Генри Дэвид Торо (1817–1862) – американский писатель, философ и общественный деятель. Более двух лет прожил в полном одиночестве на берегу Уолденского озера в построенной собственными руками хижине. Результатом этого эксперимента стала книга «Уолден, или Жизнь в лесу» (1854) – романтическая робинзоада о жизни человека в мире природы как о возможности спасения личности от современной цивилизации.



В костях передней конечности белого носорога мы видим множество маленьких отверстий, через которые кровеносные сосуды подходят к внутренней губчатой костной ткани и питают ее

Оклахомский городской музей остеологии, Оклахома, США

Особо любопытные субъекты могут задуматься и о том, зачем нам в принципе нужны кости. Вспомним девиз департамента полиции Лос-Анджелеса: «Защищать и служить». Мы, хирурги-ортопеды, считаем, что эти ребята немного напутали – для нас служба идет перед защитой, – но нейрохирурги и кардиологи с нами не согласятся. Действительно, череп защищает мозг, а ребра и грудина оберегают различные внутренние органы, однако обслуживанием организма занимаются именно те крупные кости, за благополучие которых отвечают ортопеды: позвоночник, таз, конечности. Каждая кость имеет уникальную форму – такая особенность обеспечивает выполнение конкретных функций, одной из которых является защита нашего организма.



Изменение скелета передних конечностей позволило разным животным приспособиться к выполнению определенных действий: выдерживать вес собственного тела, рыть, бегать, плавать, летать. Человеческая рука не идеальна для вышеперечисленных манипуляций, зато обладает большим преимуществом – способностью брать и удерживать инструменты

Аналогичные кости у большинства млекопитающих, птиц и даже динозавров удивительно похожи по форме, хотя по размерам они очень сильно различаются между собой. Сравните, например, большеберцовую кость слона и куриную голень: обе кости узкие посередине и расширяются у коленного и голеностопного суставов. Широкие концы нужны для равномерного распределения нагрузки, а также для обеспечения достаточной площади крепления связок, которые не дают суставам болтаться.

Если вас спросят, сколько в человеческом организме костей, пожалуйста, не называйте заученное число «двести шесть». Это самый популярный ответ – на самом деле все гораздо сложнее. Задумайтесь: люди отличаются друг от друга чертами лица, цветом волос, ростом, размером обуви. Под кожей мы такие же разные. Все имеет свои особенности: нервы, сухожилия, артерии, кости – их точное расположение и размер в моем организме мало что говорят о

вашем организме. Чтобы решить головоломку с подсчетом костей, придется ответить на пять ключевых вопросов: «Кто?», «Что?», «Когда?», «Где?», «Зачем?».

Во-первых, *кто* считает? Палеонтолог, смахивающий кисточкой песок с древнего скелета, может пропустить некоторые крохотные косточки. К ним относятся маленькие, погруженные в сухожилия сесамовидные кости³, расположенные рядом с суставами по всему телу. Они названы так потому, что напоминают кунжутные зернышки. У человека эти кости крупнее (размером, скорее, с каперсы) и помогают равномерно распределить давление, когда мы берем что-нибудь руками или несем свой вес на ногах. У некоторых людей вообще нет сесамовидных костей в руках и ногах, а у кого-то их двадцать штук, однако эта особенность ни на что не влияет. Без сесамовидных костей можно обойтись (их даже называют добавочными), но почему бы не внести их в перечень костей в организме?

Во-вторых, *что* считать костью? Коленная чашечка – это тоже гигантская сесамовидная кость, хотя ее всегда включают в любимое число «двести шесть». Как и запястную кость величиной с горошину. У большинства людей двадцать четыре ребра – по двенадцать с каждой стороны груди, но встречаются и такие индивидуумы, у которых двадцать шесть ребер, и медаль им за это не положена. Три крохотные косточки в каждом ухе учитываются, а вот сесамовидные кости стопы – нет, равно как и добавочные кости величиной с фасолину, располагающиеся вокруг бедра, колена и лодыжки.

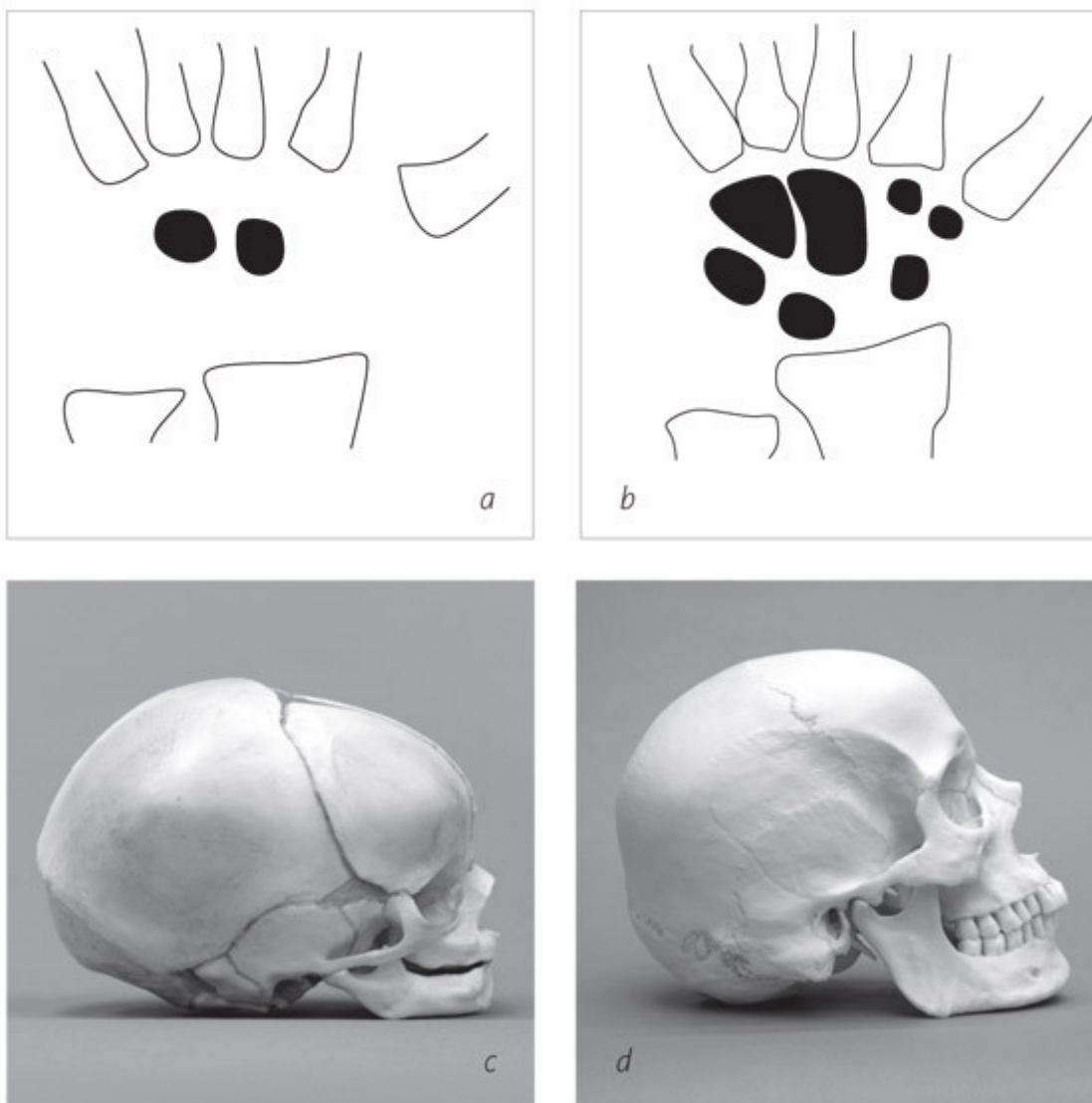
Когда мы считаем? У новорожденного ребенка около двухсот семидесяти костей, но со временем некоторые из них срастаются. Плоские кости черепа младенцев подвижны по отношению друг к другу – благодаря этому форма головы может меняться, что облегчает процесс родов, – но затем кости черепа соединяются, чтобы защитить мозг. В младенчестве кости запястья и лодыжек содержат мало кальция, поэтому пропускают рентгеновские лучи и не видны на снимках. Иногда кости запястья и лодыжек без особых причин объединяются с соседними костями, и это еще больше осложняет подсчет.

³ Сесамовидные кости (*греч.* *sesamon* – «кунжут») – мелкие косточки, расположенные в области суставов кисти и стопы у животных и человека. Появляются в местах потенциального трения сухожилий. Наиболее крупные сесамовидные кости – надколенник, подколенник и гороховидная кость.



Сесамовидные кости у основания ладони (*a*) и в передней части колена (*b*) включают в число «классических» двухсот шести костей организма человека, а сесамовидные кости задней части колена, большого пальца (*c*) и свода стопы (*d*) не учитывают

Где мы ищем ответ? Разные книги дадут разные ответы на вопрос о количестве костей в организме человека. Все зависит от предполагаемой аудитории: в одних изданиях сесамовидные кости вообще не учитываются, а в других перечисляются все когда-либо описанные, до единой косточки.



Число костей запястья не меняется в течение жизни, однако в младенчестве лишь две из них содержат достаточно кальция, чтобы проявиться на рентгеновском снимке (a). Через шесть лет в идентичной проекции видны уже семь из восьми костей (b). И наоборот, число костей черепа уменьшается: у младенца (c) их больше, чем у взрослого (d), так как они частично срастаются по мере взросления

© Bone Clones, www.boneclones.com (c, d)

Наконец, *зачем* вообще считать кости? Их общее число может пригодиться студентам-медикам, хирургам и палеонтологам. Следовательно, лучший ответ на этот вопрос – «никто толком не знает», так что не советую вам лишний раз облучать себя радиацией, чтобы докопаться до истины.

Каждая косточка нашего организма имеет свое название. Это помогает нам описывать кости, когда нельзя взять их в руки и показать. Языком западной науки первоначально была латынь, поэтому большинство костей получило латинские имена, хотя некоторые названия происходят от греческих слов. Для человека, знающего латынь, они чисто описательные и говорят сами за себя. Например, лопатка – scapula – в целом представляет собой плоский треугольник. Какой-то анатом много лет назад взял ее в руки, подумал, сделал вывод, что она напоминает штык лопаты, и подарил ей имя. Еще один хороший пример этой системы присвоения имен костям – названия восьми костей запястья. Сначала их просто нумеровали, но потом при-

смотрелись и дали описательные названия по их форме: ладьевидная, полулунная, трехгранная и гороховидная. По-латыни, соответственно, *scaphoideum*, *lunatum*, *triquetrum* и *pisiforme*.

Имена-намеки придуманы не только для костей: то же самое со всеми бугорками, гранями и впадинками на их поверхности. Верхушка человеческой лопатки – это акромион. Латинское *acromion* образовано от греческих слов «акрос», то есть «верхний» (как в слове «акрополь» – «верхний город»), и «омос» – «плечо». Локтевой отросток по-латыни – *olecranon*, тоже из греческого, от слов «локоть» и «голова». Вертлужная впадина (глубокая выемка в тазовой кости в месте тазобедренного сустава) получила латинское название *acetabulum* за сходство с чашей для уксуса: *acetum* – это «уксус», *abulum* – «сосуд». Лодыжки – выступы по бокам ноги, соединяющие кости голени с костями стопы, – по-латыни называются *malleoli*, от слова *malleolus*, что значит «молоточек». (Интересно, о чем думал человек, которому пришло в голову это название?)

Сегодня врачи придерживаются этой греко-латинской традиции и по необходимости, и добровольно. Благодаря единой терминологии специалистам проще понять лекции и научные статьи своих коллег со всего мира. Наверное, кому-то из докторов кажется, что умением вернуть старинное словцо они выделяются на фоне необразованных масс. Знание становится привилегией, обретает особую ценность. Когда мы, волшебники и знатоки костей, встречаемся друг с другом, приятно послушать рассказы про какой-нибудь *calcaneus* (пяточную кость), *condyli* (мышцелки⁴) или *coracoideus* (клювовидный отросток⁵). Впрочем, прочтя эту книгу, вы уже не купитесь на этот трюк. Конечно, *foramen magnum* – отверстие диаметром в несколько сантиметров у основания черепа, из которого выходит спинной мозг, – звучит солидно и даже напоминает магическое заклинание, но переводится этот термин просто как «большое отверстие».

Однажды композитор Джеймс Уэлдон Джонсон⁶ вдохновился Книгой пророка Иезекииля и написал простую религиозную песню про кости – *Dem Bones*. Если бы он был специалистом по анатомии, мы, наверное, пели бы что-то невнятное и мудреное вроде «*tibia* соединена с *patella*, *patella* соединена с *femur*»⁷ и т. п.

Описанное Джонсоном расположение костей характерно не только для человека. Когда я бываю в зоологическом музее, меня поражает сходство между совершенно разными видами животных, которое совсем не замечаешь в зоопарке. Сравните скелет слона и летучей мыши: стопа слона выдерживает колоссальный вес, а скелет крыла летучей мыши позволяет ей передвигаться по воздуху. Обнаженные кости демонстрируют общие принципы строения скелетов и подтверждают происхождение видов от одного предка.

Некоторые животные имеют уникальные, интересные кости, которых нет у нас с вами. Я упомяну всего пять из них. Среди пресловутых двухсот шести человеческих костей вы не найдете ни одного из этих необычных элементов скелета. Каждая из этих костей дает определенные преимущества тому виду, которому принадлежит. Будем двигаться от привычного к необычному.

Однажды после ужина на День благодарения какой-то биолог, видимо, задался вопросом: «Понятно, зачем вилочка индейки нужна людям – чтобы гадать. Но зачем она нужна самой индейке?» Даже если вы эксперт по разделке этого праздничного блюда, вряд ли вы замечали,

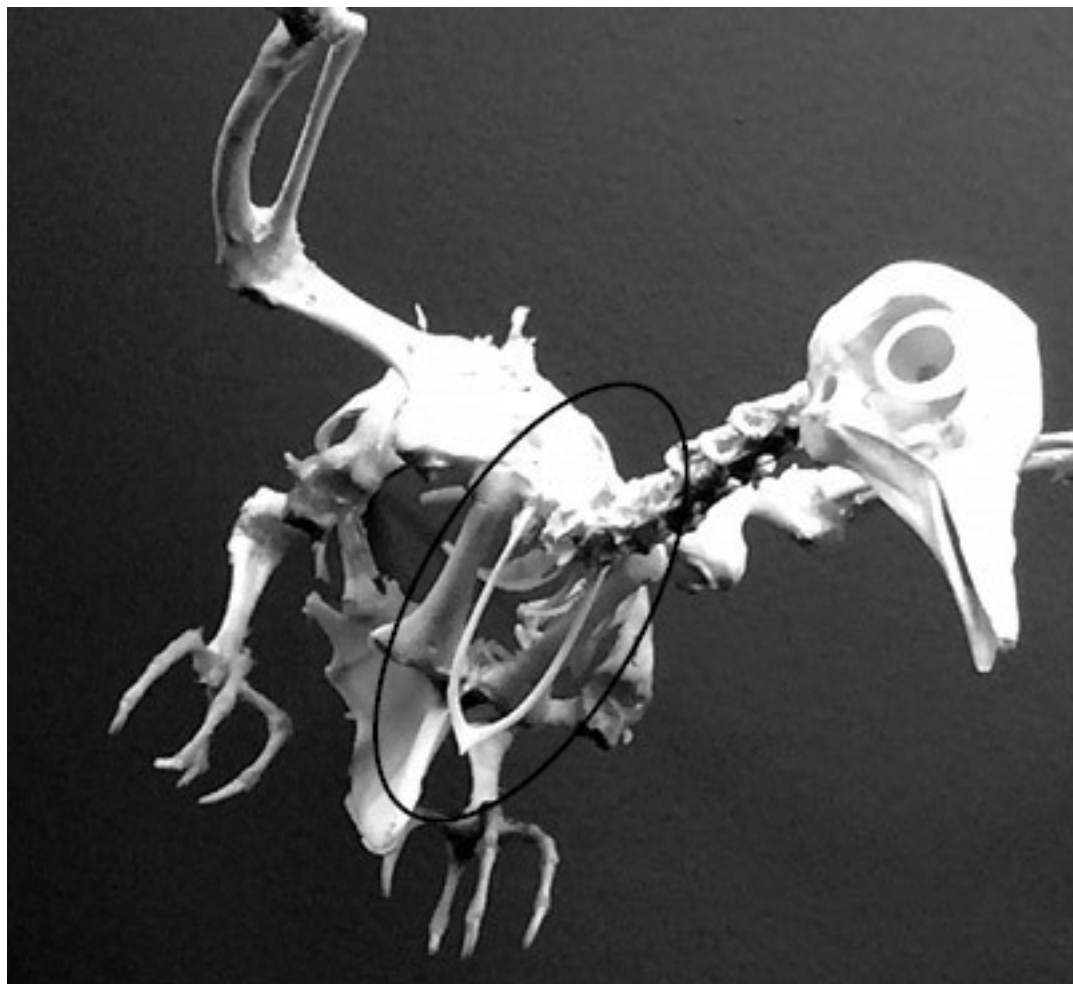
⁴ Мыщелки – округлые выступы или утолщения на костях скелета, служат для прикрепления мышц или входят в состав сочленения костей.

⁵ Клювовидный отросток – отросток верхнего края лопатки вблизи суставной впадины, место прикрепления малой грудной, начала клювовидно-плечевой мышцы и короткой головки двуглавой мышцы.

⁶ Джеймс Уэлдон Джонсон (1871-1938) – американский писатель и общественный деятель, автор песен и оперетт, историк культуры, составитель антологий негритянской поэзии и фольклора.

⁷ На самом деле в песне следующие слова: «кость пальца ноги соединена с костью стопы, кость стопы соединена с пяточной костью» и т. д.

что анатомически вилочка представляет собой слившиеся ключицы. Однако это не объясняет ее функции. Чтобы найти ответ и посмотреть на вилочку в работе, неутомимые ученые соорудили целую систему из аэродинамической трубы и рентгеновского аппарата и запустили туда скворцов.



На скелете голубя видны кости, которых нет у людей: вилочка (обведена) и плоское кольцо в каждой глазнице

Музей остеологии

Вилочки индеек и кур немного пружинят. То же самое у скворцов: когда птичье крыло при взмахе идет вниз, концы вилочки расходятся и смягчают толчок. При движении крыла вверх птица тратит меньше сил, поскольку кость возвращается в исходное положение и эффективность полета возрастает. Однако так происходит не у всех птиц. Некоторые туканы и совы не имеют вилочек и прекрасно летают, а у журавлей и соколов вилочки жесткие и не влияют на полет, но, возможно, участвуют в дыхании. Наверное, поэтому традиционным блюдом на День благодарения стала именно индейка – поджаренный тукан или журавль не дали бы нам такой радости после ужина. Вилочки были и у динозавров, в том числе у тираннозавра рекса. К сожалению, людей в то время поблизости не было, и никому не пришлось в голову зажарить тираннозавра и уж тем более загадать желание на вилочке, которая от него осталась.

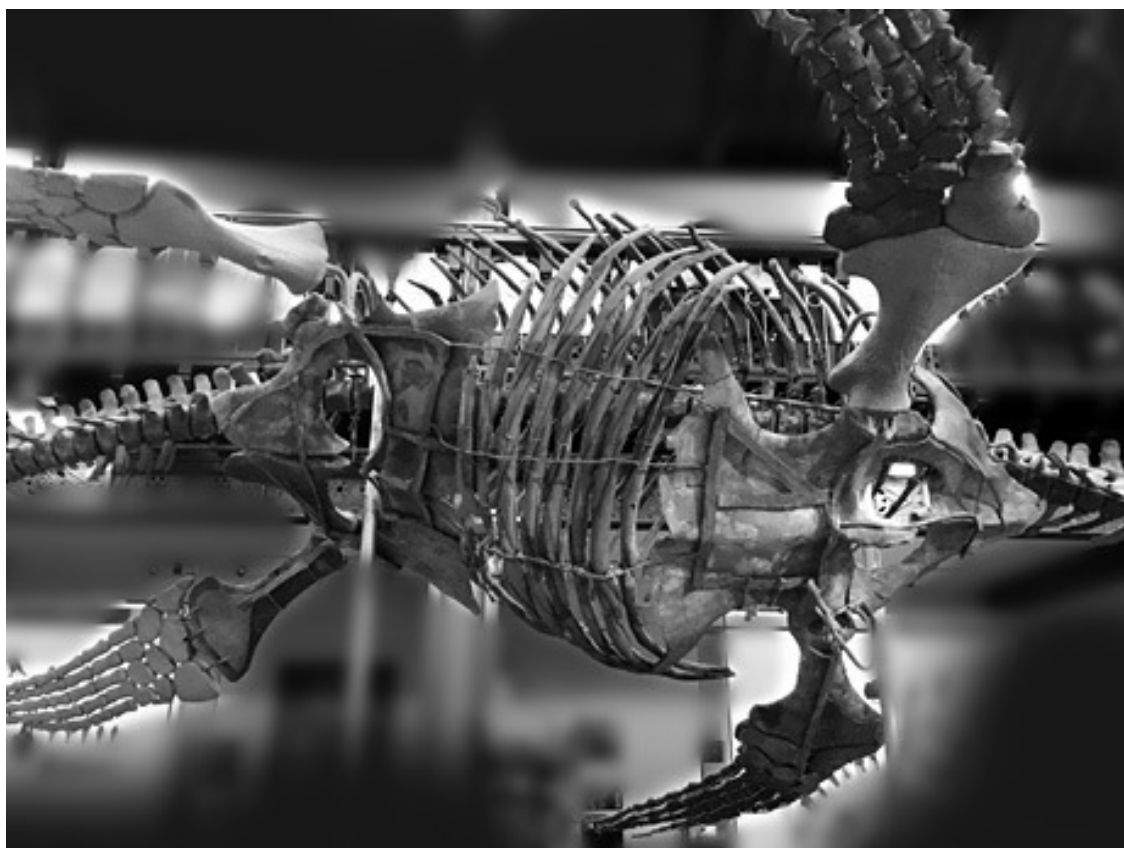


Длинный костный гребень паразауролофа соединялся с ноздрями и горлом и, возможно, служил резонаторной камерой для усиления издаваемых звуков

Michael Jablon, MD

Птиц роднит с древними рептилиями еще одна особенность строения их скелета – полые кости, задействованные при дыхании. Некоторые динозавры даже начали использовать кости, чтобы издавать звуки. В верхней части черепа динозавра располагался отходящий назад костный гребень. Полость в гребне соединялась с ноздрями и горлом, и воздух проходил целых три метра туда и обратно. Специалисты предположили, что это была резонаторная камера, которая позволяла животному издавать низкий, мощный рев.

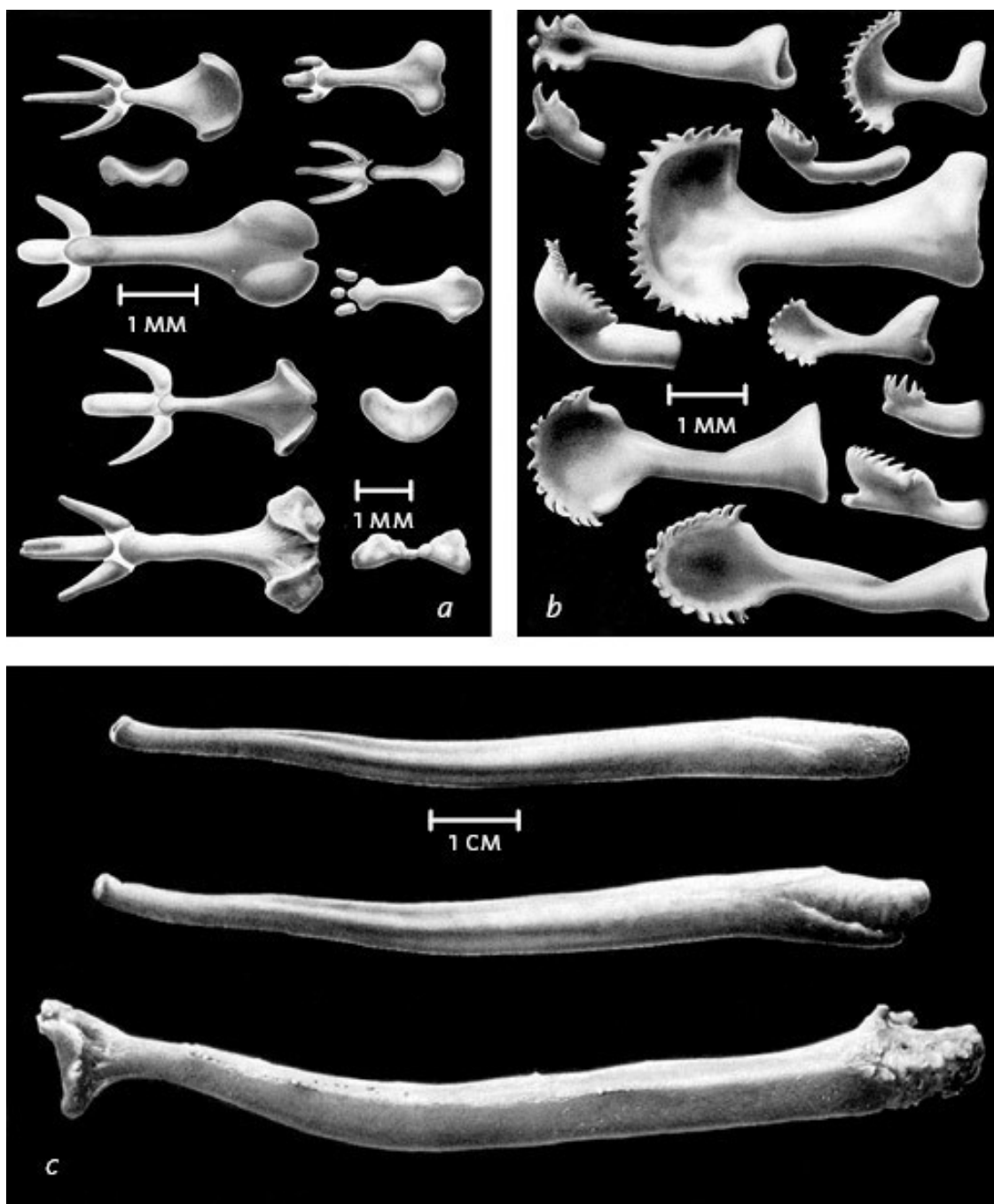
Третья особая кость – плоское кольцо в глазах некоторых птиц и пресмыкающихся, в том числе динозавров. Она окружает глазное яблоко и обычно придает скелету «умный вид». Вероятно, эта конструкция помогает поддерживать форму глаза, но точно ее функцию никто не знает.



У некоторых древних птиц и пресмыкающихся, включая эту вымершую морскую рептилию (на рисунке показана нижняя часть ее скелета), были брюшные ребра. Они располагались между грудиной и тазом и были соединены друг с другом, но не с остальной частью скелета
D. W. Niven

Четвертое место нашего списка занимает *группа* костей в районе живота у различных доисторических птиц и пресмыкающихся, включая упомянутого тираннозавра.

В настоящее время единственными обладателями этого наследия динозавров считаются крокодилы и одно похожее на ящерицу новозеландское существо. Такая «брюшная клетка» напоминает решетку для духовки и состоит из дополнительных ребер, которые, однако, не прикреплены к остальному скелету. Она прикрывала мягкое подбрюшье животного и, вероятно, помогала ему дышать, летать или делать и то и другое.



У полевок, хлопковых крыс и ондатр (a) длина кости полового члена – около шести миллиметров. У бурундуков (b) эта кость чуть длиннее, у медведей и морских львов (c) ее размер достигает пятнадцати сантиметров, а иногда намного больше

William Henry Burt, “Bacula of North American Mammals”. Miscellaneous Publications, no. 113, May 25, 1960. Иллюстрации Уильяма Брудона. Copyright © 1960 by Regents of the University of Michigan. Перепечатано с разрешения

Никаких сомнений не возникает в отношении функции пятой особой кости: она поддерживает эрегированный половой член. Такая кость – бакулюм – имеется у различных млекопитающих: собак, кошек, енотов, моржей, морских львов, горилл и шимпанзе, – а у человека ее нет. Она позволяет увеличить продолжительность полового акта – это гарантирует воспроизводство вида в условиях, когда подходящие женские особи встречаются нечасто. Эти кости различаются и по форме (от прямой до весьма причудливой), и по размерам. Бакулюм малень-

ких обезьян – крохотная косточка, а у моржей и морских львов его длина достигает шестидесяти и более сантиметров. Я видел такую кость с переломом, зажившим посередине. Этому бедняге не позавидуешь! У самок этих видов животных обычно имеются кости клитора, хотя размер их намного скромнее.

* * *

В этой главе мы рассмотрели строение молекулы пролина и атомов кальция, затронув многие аспекты химии, механики и анатомии. Кости оказывают уникальные и разнообразные услуги своим владельцам. Для этого они непрерывно реагируют на химические и механические воздействия и веками соревнуются с другими скелетными поддерживающими системами. Давайте посмотрим, как кость справляется с этими задачами.

Глава 2. Жизнь кости и ее родственники



Длина большеберцовой кости младенца – около восьми сантиметров. У взрослых эта кость примерно в шесть раз больше – в зависимости от роста. В течение жизни все кости сохраняют свою уникальную форму, однако от зарождения плода в утробе матери и до завершения подросткового периода они увеличиваются по всем параметрам. Как это происходит? Растущая ветка дерева удлиняется за счет того, что на ее конце непрерывно добавляются новые клетки. Если бы большеберцовая кость росла таким же образом, она просто наращивала бы толстый хрящевой колпак и к подростковому возрасту состояла бы преимущественно из хрящевой ткани. Такая структура оказалась бы недостаточно прочной и жесткой, чтобы выдержать массу тела в вертикальном положении, не говоря уже о нагрузках при катании на скейтборде.

Мы можем только восхищаться тем, как кость растет на самом деле. Представьте, что вы надели на кончик растущей ветки маленький квадратик банановой кожуры – пусть он играет роль свободно скользящего хряща. Ветка растет, и кусочек банановой кожуры смещается вперед. То же самое происходит с костью. Хрящевой слой остается сравнительно тонким, но растущая кость, прилегающая к нему, постоянно сдвигает его вперед. Размеры костей зависят от генетики: например, высокие дети обычно рождаются у высоких родителей. Если в генах что-то идет не так, кость может получиться очень короткой или чрезмерно длинной, и тогда потребуется вмешательство ортопеда. На размеры костей влияет и питание: благодаря обилию пищи современные американцы выше, чем их сверстники двести лет назад. Наконец, за скорость развития костей отвечают гормоны. Именно они вызывают резкий скачок роста в период полового созревания.

Область под хрящом на конце трубчатой кости называют эпифизарной пластинкой, или пластинкой роста. Под действием гормонов она очень быстро образует новые костные клетки и толкает хрящ вперед, но в конце концов прекращает свою деятельность и исчезает в позднем подростковом возрасте – у девочек обычно раньше, чем у мальчиков.

На разных костях это происходит в разное время, однако последовательность всегда предсказуема, так что ортопеды и рентгенологи, взглянув на рентгеновский снимок кисти руки, могут определить возраст и степень зрелости скелета по активности эпифизарных пластинок. Для антропологов наличие или отсутствие ростовых пластинок на определенных костях считается признаком возраста человека на момент его смерти.



Эпифизарные пластинки (показаны стрелками) имеются на концах всех трубчатых костей руки этого семилетнего ребенка и обеспечивают их рост. Когда в подростковом возрасте рост костей в длину завершается, эпифизарные пластинки сливаются с телом кости

Benjamin Plotkin, MD

В периоды быстрого роста эпифизарные пластинки трудятся с головокружительной скоростью, новая кость особенно слаба и подвержена переломам. Травмы почти всегда заживают, однако в некоторых случаях необратимо повреждается сама пластинка. Последствия бывают разные и зависят от возраста человека и локализации повреждения. Если шестнадцатилетний мастер боевых искусств сломает палец кисти руки, повредив эпифизарную пластинку, кость будет всего на полтора миллиметра короче нормальной – функциональности и внешнему виду руки это ничуть не повредит. Совсем другое дело, если восьмилетний ребенок, катаясь на скейтборде, сломает бедренную кость над коленом, и ростовая пластинка прикажет долго жить. К концу подросткового периода эта нога может оказаться на целых десять сантиметров короче

своей напарницы. Такой поворот событий приведет к большим физическим и психологическим проблемам.

Неприятности бывают связаны не только с внезапными переломами пластинки роста, но и с многократными травмами от ударов. Представьте девочку-гимнастку, которая еще не достигла подросткового возраста. Отрабатывая опорный прыжок, она разбегается, прыгает, отталкивается руками, переворачивается в воздухе и приземляется на ноги. Со временем из-за повторяющихся ударов крупные эпифизарные пластинки в области запястий могут отказать. Поскольку вторая кость в каждом предплечье продолжит расти, получится несовпадение длины. В результате начинают болеть руки, может возникнуть деформация костей, и это станет концом спортивной карьеры.

Самые длинные кости находятся в бедре, голени, плече и предплечье. Они имеют эпифизарные пластинки с обоих концов. Любопытно, что одна пластинка из каждой пары вносит больший вклад в окончательную длину кости, чем другая. Кости плеча и голени растут преимущественно с концов, расположенных ближе к туловищу, а кости предплечья и бедра – главным образом со стороны, которая удалена от туловища. Чтобы запомнить, какие пластинки важнее в процессе роста – и при каких травмах выше риск больших диспропорций, – ортопеды пользуются простым приемом. Представьте, что вы сидите в короткой, наполненной до половины ванне. Если положить руки на колени, над водой окажутся те места, которые вносят наибольший вклад в удлинение кости, – эпифизарные пластинки плеч, коленей и запястий. Под водой будут лодыжки и локти. Их значение в этом процессе меньше.



Нарушение баланса гормона роста в детском и подростковом возрасте может привести к чрезмерной или недостаточной стимуляции развития кости. Это существенно влияет на рост взрослого человека

A giant and a dwarf, London, 1927. Wellcome Collection, Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

При карликовости и гигантизме изменяется работа всех эпифизарных пластинок. Что же происходит в этих случаях? Кости млекопитающих генетически запрограммированы расти лишь до определенного размера, а потом рост прекращается. За это отвечает гормон роста, который вырабатывается в гипофизе. Если гормона роста слишком много (например, при опухоли гипофиза), ростовые пластинки проявляют бурную активность – вспомним легендарного

французского борца и актера Андре Гиганта⁸. И наоборот, недостаточная выработка гормона роста приводит к низкорослости: конечности и туловище такого человека имеют нормальные пропорции, просто меньших размеров. В качестве примера на ум приходит сказочный образ – Мальчик-с-пальчик. Назначать гормон роста невысоким детям – неоднозначное решение, но такая мера может стать мощным стимулом для эпифизарных пластинок и вернуть размеры тела в норму.

Птицы, как и млекопитающие, имеют генетически заданный предел роста кости: все взрослые воробьи, принадлежащие к одному виду, по размеру одинаковы. У рыб, земноводных и пресмыкающихся это не так. Их пластинки роста никогда не прекращают работать, и кости удлиняются всю жизнь, хотя и медленнее после достижения половой зрелости. Если рассуждать логически, можно прийти к выводу, что огромный питон, который свисает с дерева у вас над головой, уже состарился, но это верно лишь отчасти. Размер, которого достигают эти змеи, зависит не только от возраста, но и от доступности пищи на раннем этапе жизни. Если добычи много, молодой питон быстро растет, а потом этот процесс замедляется.

Чтобы выдержать нагрузку при беге трусцой, катании на сноуборде, подъеме тяжестей, кости должны расти не только в длину, но и в толщину. Эпифизарные пластинки в этом процессе не участвуют, но аналогия с веткой дерева сохраняется. Ветка превращается в толстый сук потому, что под корой добавляются все новые слои древесины – по кольцу за каждый сезон. Кости утолщаются таким же образом, только видимых годовых колец у них нет: в нормальных условиях кость растет круглый год без ускорения в летние месяцы.

Солнечный свет, хоть и не напрямую, нужен костям. Кожа закрывает кости от солнца, но вырабатывает под действием солнечных лучей витамин D. Этот полезный витамин облегчает попадание кальция из пищи в кровоток. Система напоминает структуру банка: есть деньги (кальций), служащие (витамин D), управленцы (гормоны) и даже свой Центробанк (паращитовидные железы⁹). Позвольте мне описать, как все происходит.

Как вы помните, кальций – главный компонент гидроксиапатита, кристаллы которого придают кости твердость. Растворенный в воде кальций важен и для других тканей, в том числе нервов и мышц. Сердце – специализированная мышца – очень страдает, если не получает кальция в строго необходимом количестве. Если кальция слишком много, сердце начинает сильно сокращаться, если слишком мало – возникает спазм. И то и другое опасно для жизни, поэтому в организме действует точно отлаженный механизм поддержания уровня кальция в крови в узких границах нормы. Уровень кальция в крови не меняется больше чем на один-два процента, хотя, например, уровень глюкозы и углекислого газа в крови может значительно колебаться в зависимости от последнего приема пищи и частоты дыхания. Для лучшего понимания представьте, что вам нужно вести машину с одной скоростью независимо от дорожных условий. Наше сердце – капризная примадонна.

Откуда же взять кальций, чтобы постоянно радовать сердце? Если в продуктах питания достаточно кальция, то он будет поступать в организм с пищей. Однако мало кто любит круглые сутки потягивать кальциевые смузи, поэтому костям приходится работать банком этого элемента: они дают кальций в долг, выделяя его в кровоток, и забирают обратно в более благоприятной обстановке. Сотрудники банка и управленцы – витамин D и ряд гормонов – сообща заботятся о том, чтобы сердце билось легко и не останавливалось, даже если для этого придется постепенно истощать резервы кальция в костной ткани. Когда кальция станет совсем мало, может возникнуть «банковский кризис» – остеопороз и связанные с ним переломы.

⁸ Рост Андре Гиганта (1946–1993) составлял 2,24 м, вес – около 230 кг. Андре Гигант страдал акромегалией (эндокринное заболевание, обусловленное избыточной продукцией гормона роста).

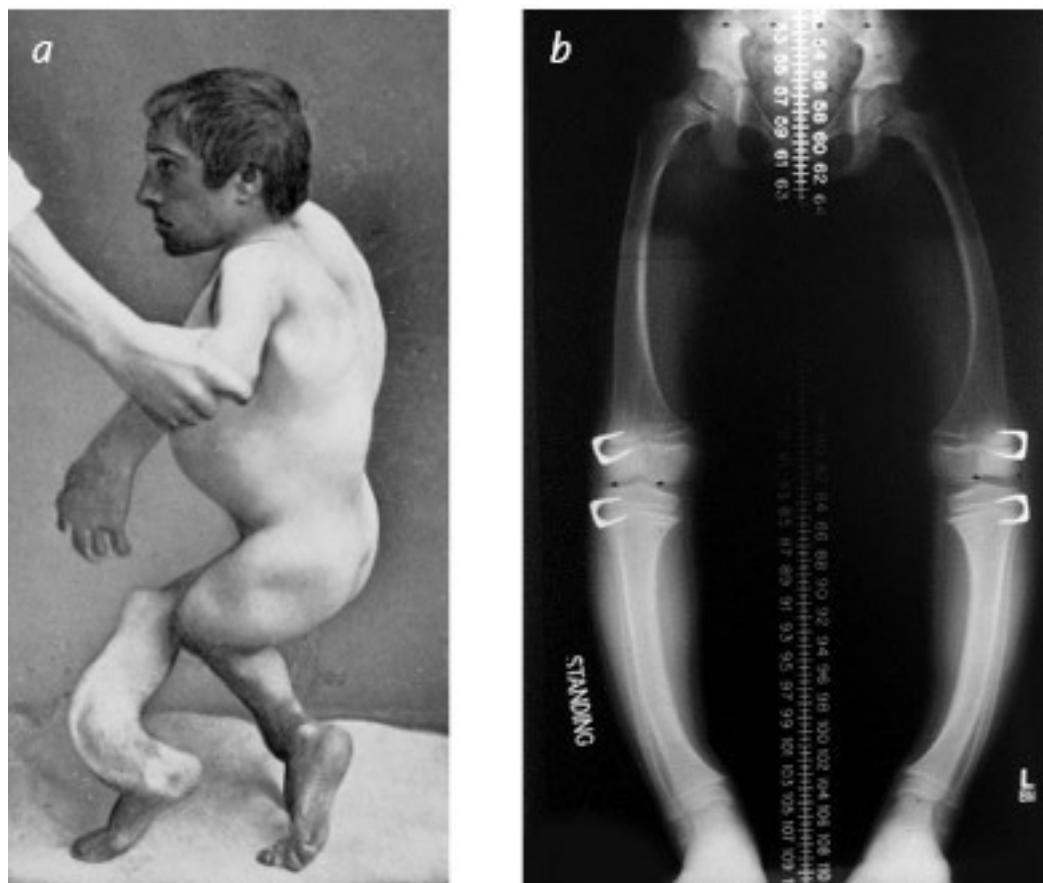
⁹ Паращитовидные железы – парные железы внутренней секреции, вырабатывают гормон паратирин, регулирующий минеральный обмен кальция и фосфора.

Главный гормон, отвечающий за уровень кальция, вырабатывается четырьмя небольшими, но очень влиятельными паращитовидными железами, расположенными в области шеи. Внешне они напоминают разбухшие кукурузные хлопья и прилегают к щитовидной железе примерно на полпути между подбородком и грудиной. Эту четверку можно назвать Центробанком, который надзирает за всей системой оборота кальция. Его сотрудники непрерывно отбирают пробы крови и следят за уровнем кальция. Когда возникает дисбаланс, паращитовидные железы отправляют гормоны в кишечник, почки и кости, приказывая им аккуратно скорректировать уровень кальция в ту или иную сторону, чтобы сердце продолжало биться ритмично и безотказно.

Кости в каком-то смысле соперничают с сердцем: чем больше кальция сердце получает из кишечника и других источников, тем меньше одалживает его у костей, удовлетворяя свои нужды. Советую вам чаще гулять на свежем воздухе и принимать солнечные ванны, чтобы стимулировать синтез витамина D. На эффективность выработки витамина D влияет ряд факторов: время года, возрастные изменения, пигментация кожи, использование солнцезащитных кремов. Чтобы восполнить дефицит этого витамина, производители обогащают витамином D молоко, а врач может порекомендовать специальные пищевые добавки.

Содержание кальция в костях человека достигает пика примерно к двадцати пяти годам, а затем десятилетие за десятилетием постепенно снижается. У женщин в менопаузе этот процесс резко ускоряется. Изначально позвонки представляют собой короткие цилиндры. Ослабленные с возрастом позвонки сжимаются и становятся клинообразными – это вызывает сутулость спины, или грудной кифоз. Потеря кальция приводит к тому, что у людей портится зрение, нарушается способность удерживать равновесие, человек неловко передвигается, может споткнуться и получить опасную травму. Хрупкие кости бедер и запястий ломаются, а сердце продолжает беззаботно биться, не задумываясь о том, к чему приводят его аппетиты. Оно не помнит даже того, что от прочности костного каркаса вокруг зависит его собственная безопасность: без крепких ребер, позвоночника и грудины любые объятия душили бы этот избалованный насос.

Если ребенок страдает от пищевой недостаточности кальция или витамина D, нагрузка на банк кальция возрастает. У ребенка развивается рахит: размягчаются кости, возникают боли в суставах, искривляются ноги. На заре XX века эта болезнь бушевала в трущобах промышленных районов севера Европы и США. Дым от угольных печей и заводских труб застилал небо и не пропускал ультрафиолетовые лучи на узкие улочки переполненных городов.



На фотографии 1912 года видны последствия рахита: кости, особенно те, что несут нагрузку, теряют прочность (a). В наши дни искривление костей предотвращают с помощью ортопедических скоб, которые устанавливают по бокам эпифизарных пластинок: рост кости со стороны колена со временем исправит проблему (b)

William Bulloch, Paul Fildes, N. Bishop Harman, W. Jobson Horne, Thomas Lewis, H. Rischbieth, W. C. Rivers, A. R. Urquhart, Amy Barrington, Julia Bell, Pearson, *Treasury of Human Inheritance*. Edited by Karl Pearson F.R.S. (London: Cambridge University Press, 1909) (a); Музей человека (b)

В конце концов ученые выяснили, что употребление в пищу сливочного масла, животных жиров и печени трески помогает избежать разрушения скелета при рахите. В 1922 году биолог из Университета Джона Хопкинса обнаружил в этих пищевых продуктах соединение, которое предотвращает и лечит эту болезнь. Так был открыт витамин D.

* * *

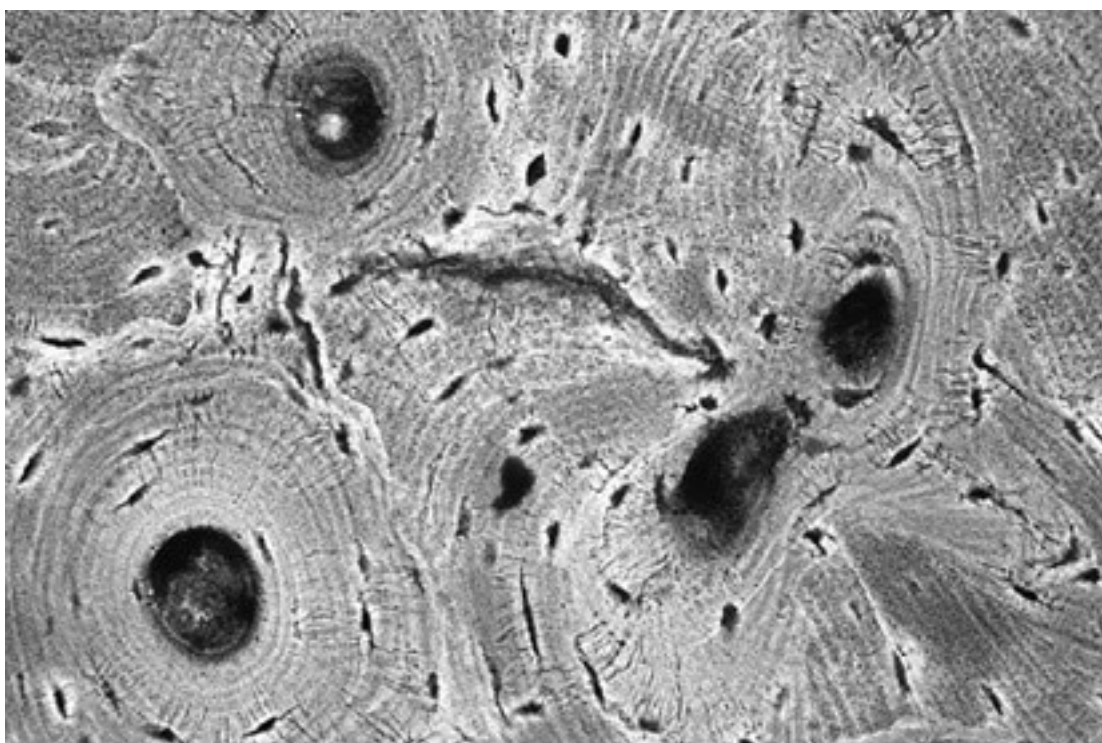
Пришло время посмотреть, как кости сами себя ремонтируют. Сердце, этот простой насос, на такое не способно: если оно переживет инфаркт, поврежденная область зарастет шрамом, который может нарушить работу сердечной мышцы, а кость после травмы, нагрузки и даже перелома полностью себя исцеляет, причем без всяких шрамов.

Я уже говорил, что кость, в отличие от построенного моста, может увеличить свою несущую способность. Как ей удастся совершить такое крайне полезное чудо? Вы познакомились с остеобластами – это клетки, которые формируют костную ткань. Их антиподы – клетки-остеокласты. «Остео» в их названии, конечно, означает «кость», а «класт» переводится как «ломать». По сути, это разрушители костей. Если продолжить аналогию с банком, остеокла-

сты – это воры, которые трудятся не покладая рук, когда их главарю, сердцу, нужна доза кальция. Еще остеокласты берутся за дело всякий раз, когда кость испытывает нагрузку.

Давайте присмотримся к этому удивительному процессу. Внутри костной ткани остеокласты и остеобласты образуют скопления – так называемые режущие конусы. Каждый из них можно сравнить с гигантским проходческим щитом, прокладывающим туннели метрополитена. За щитом следуют необходимые материалы и оборудование, которые укрепляют стены туннеля плотным бетонным покрытием. Если возникает трещина, можно раз за разом наносить новые слои – до тех пор, пока проход не станет слишком узким для поездов. У человека таких микроскопических щитов многие миллионы – все они поддерживают прочность кости и реагируют на механические нагрузки, воздействующие на наш скелет. На кончике конусов находятся разрушающие кость остеокласты, которые непрерывно бурят в кости крохотные проходы. За остеокластами тянутся остеобласты – они покрывают стенки концентрическими слоями новой костной ткани с перекрещивающимися волокнами коллагена. Этот принцип напоминает изготовление фанеры, только появился за миллионы лет до ее изобретения.

Когда выстилка костного туннеля завершена, посередине остается лишь узкий центральный канал. При жизни через этот канал проходят мелкие кровеносные сосуды, которые питают клетки костной ткани, расположенные между слоями. Эти каналы открыл в 1691 году британский врач Клоптон Гаверс – он разглядел их под лупой и описал в книге с пространственным названием «Новая остеология, или Некоторые новые наблюдения относительно роста и питания костей». Сегодня мы заслуженно называем эти полости гаверсовыми каналами.



Под микроскопом видно, что компактная костная ткань состоит из множества цилиндров, диаметр которых примерно в три раза больше толщины человеческого волоса. Эти цилиндры образованы концентрическими слоями кости вокруг центрального канала. Через каждый центральный канал проходят кровеносные сосуды, которые снабжают питательными веществами окружающие канал клетки (маленькие черные точки на фото)

[Shutterstock.com](https://www.shutterstock.com)

Режущие конусы не только формируют новую многослойную кость, но и постоянно восстанавливают и перестраивают старую. Представьте, что раскаленный докрасна камень падает на поверхность замерзшего пруда. Он растопит дыру и утонет, а вода снова замерзнет – получится пробка из свежего льда. Если продолжить разбрасывать камни, весь ледяной покров в конце концов обновится – некоторые пробки будут по несколько раз меняться частично или полностью, в зависимости от места падения камней. На микроскопическом уровне процесс ремоделирования костей происходит в нашем организме непрерывно: дыры появляются и зарастают, снова возникают и снова заполняются. Однако, в отличие от случайно падающих на лед раскаленных камней, режущие конусы направляются именно туда, где кость нуждается в укреплении. Но откуда они знают направление?

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.