

## ГЛАВА 3

# КОГДА КОСТИ ЛОМАЮТСЯ



Что будет, если рьяно взяться за повышение плотности костной ткани и начать каждый день проходить по шестнадцать километров с восемнадцатикилограммовым рюкзаком за плечами? Можно заработать усталостный — или стрессовый — перелом, который военные называют маршевой стопой. Вот как он образуется.

Если согнуть проволочную вешалку для одежды один раз, ничего не случится. Если много раз согнуть ее в одной точке, то сначала облупится покрытие, затем блестящий металл потускнеет, и, наконец, проволока нагреется и сломается. То же самое может произойти с костью. Режущие конусы работают с определенной скоростью. Если они не успевают за постоянными нагрузками, кость ослабнет. В ней появятся микроскопические трещины, возникнет локальная болезненность — особенно в процессе нагрузки на это место. Изначально трещины настолько малы, что не видны на рентгеновском снимке, хотя магнитно-резонансная томография (МРТ) покажет скопление жидкости в травмированной области.

От усталостных переломов страдают ступни солдат, голени бегунов, бедра танцоров и запястья гимнастов. Если на несколько недель воздержаться от травмирующей деятельности, конусы обычно наверстывают упущенное и даже работают с опережением. Повышать интенсивность нагрузок после этого надо не торопясь. Если игнорировать боль и не снижать нагрузку, кость может отказать полностью — сломаться, как вешалка для одежды. Починить проволочную вешалку без сварки невозможно, а удивительная костная ткань способна лечить себя — как правило, от травмы не остается и следа.

Как заживает полный перелом, то есть нарушение целостности кости? Предположим, вы не заметили бордюра на парковке, споткнулись и инстинктивно выставили руки перед собой, чтобы не удариться лицом об асфальт. Потом вы садитесь и замечаете, что запястье сильно болит, а кисть вывернута к северо-западу, если предплечье условно смотрит на север. Кость пережила настоящее землетрясение и сломалась, а ее фрагменты лежат под углом друг к другу. Что будет, если отправиться домой, обернуть деформированное запястье журналом и перевязать галстуком, просто позволив природе сделать свое дело без вызова скорой помощи и травматологов? В наши дни такое развитие событий кажется неправдоподобным, по крайней мере в промышленно развитых странах, однако у животных переломы заживают без профессионального ухода миллионы лет — ископаемые остатки и кости полового члена не дадут соврать. А что случится, если ваше сломанное запястье будет заживать само по себе?

Чудесные режущие конусы с удовольствием примутся за дело так же, как при усталостном переломе. Только

на этот раз все не так просто: промежуток между перемешанными, неровными фрагментами кости для конусов слишком велик — как разлом Сан-Андреас\* для оглушенной землетрясением пустынной черепашки. Чтобы черепаха после таких тектонических сдвигов доползла до другого края, можно временно заполнить разлом каким-нибудь полутвердым веществом, например жидкой глиной.

Все, что происходит со сломанными костями, не перестает меня изумлять. Пока режущие конусы ждут своего часа, из разорванных капилляров вытекает кровь, заполняя просвет перелома. Затем в получившемся сгустке в течение двух недель формируются новые капилляры и коллагеновая сеть. Вскоре после травмы включаются химические сигналы тревоги. От их какофонии приходят в действие близлежащие клетки. Они начинают вырабатывать хрящ, который по консистенции напоминает шпатлевку. Остеобласты создают немного примитивной костной ткани, чтобы укрепить эту область. Через три — шесть недель, в зависимости от размера кости и масштабов промежутка, встряска остается позади. Вуаля — новая кость предварительно соединила обломки друг с другом.

Теперь в игру вступают режущие конусы. Они следуют за пьезоэлектрическими сигналами, которые посылает примитивная костная ткань, и создают прочную зрелую костную ткань, пробуравивая и заполняя тысячи отверстий. После большинства переломов кисти руки прочность кости восстанавливается уже через четыре — шесть недель, и можно вернуться к спорту и ручному труду.

---

\* Разлом Сан-Андреас — крупное разрывное нарушение земной коры в штате Калифорния (США), длина разлома составляет около 1300 км, ширина — около 10 км.



Вид сбоку показывает этапы заживления и перестройки кости при переломе плеча: на момент повреждения (*a*), через четыре недели (*b*), через восемь недель (*c*) и через шестнадцать недель (*d*), когда перелом хорошо зажил. Остеокласты притупляют острые углы, а остеобласты наслаивают новую костную ткань, стабилизируя перелом. Вместе эти строители и разрушители постепенно восстанавливают правильное расположение и форму кости

Нижним конечностям при заживлении приходится выдерживать вес тела, так что может потребоваться от двенадцати до шестнадцати недель, прежде чем вы снова будете готовы побороться с бордюром на парковке. Если кость крупная и при переломе произошло серьезное смещение, режущим конусам предстоит трудиться в течение многих месяцев, а иногда и нескольких лет. Постепенно признаков повреждения будет становиться все меньше, и они могут даже полностью исчезнуть.

Большинство других тканей лишены такого уникального свойства. Например, шрамы на коже, полученные в детстве, скорее всего, будут видны и десятилетия спустя, а если сердце переживет инфаркт, на поврежденной мышце появится шрам, который всегда будет сказываться на способности оставшихся мышечных волокон перекачивать кровь. Только кость и роговица заживают без шрамов, но пусть роговица подождет своей истории.

Пациенты часто спрашивают врачей: «Что мне делать, чтобы перелом быстрее зажил?» Если коротко — надо позаботиться о том, чтобы остеобласты и остеокласты были довольны. Они трудятся в месте перелома круглые сутки, создавая и перестраивая новую кость. Если не обеспечивать их необходимыми строительными материалами, работа забуксует.

На заживление переломов негативно влияют три группы факторов. Первая группа отчасти в руках пациента: это питание (соблюдайте хорошо сбалансированную, полезную диету), курение (не надо), диабет (следите за своим состоянием) и инфекционные заболевания (постарайтесь не заразиться, а если заболели — активно лечитесь). Не полноценное питание сказывается на заживлении любых

ран, поскольку необходимых веществ лишается весь организм. Никотин вызывает сужение кровеносных сосудов, поэтому, даже если питательных веществ хватает, они не смогут в нужном количестве попасть в нужное место. Диабет тоже уменьшает способность кровеносных сосудов доставлять стройматериалы. Кроме того, из-за резких перепадов уровня сахара в крови при плохо контролируемом диабете клетки-строители оказываются сбитыми с толку: сначала у них возникает прилив сахарной эйфории, а затем их лишают лакомства. В случае заражения бактерии начинают конкурировать с остеобластами и остеокластами за питание. Инфицированные переломы при правильном лечении могут зажить, но пациент должен соблюдать указания врача по уходу за раной и приему антибиотиков, чтобы свести к минимуму вред, который наносит инфекция.

Вторая группа факторов, ухудшающих заживление переломов, отчасти в руках доктора. Сюда входит подвижность костей в месте перелома, диабет и уплотнение стенок артерий, ограничивающее кровоток. Если хрупкий капилляр, который пытается пробиться к месту перелома и доставить питательные вещества, будет разорван движением концов кости, стройматериалы окажутся недоступны. С помощью лекарств можно контролировать диабет, расширять больные сосуды и улучшать насосную способность сердца — все, что помогает питанию травмированного места. Стероиды\* — достаточно эффективные

---

\* Речь идет о глюкокортикоидах — стероидных гормонах, вырабатываемых корой надпочечников и регулирующих обменные процессы в организме, и их синтетических аналогах, применяемых в качестве противовоспалительных средств (в противовес анаболическим стероидам). *Прим. науч. ред.*

противовоспалительные препараты. Однако воспаление является обязательным этапом заживления перелома, и, чтобы стимулировать этот процесс и ускорить выздоровление, желательно избегать приема этих препаратов\*. Аналогичным (хотя и не таким сильным) противовоспалительным действием обладают нестероидные препараты (например, ибупрофен, напроксен, аспирин). В ряде лабораторных экспериментов было показано, что нестероидные противовоспалительные средства препятствуют заживлению ран, но этим обстоятельством можно пренебречь — умеренный прием таких препаратов для обезболивания после перелома однозначно лучше, чем горсти таблеток с наркотическим эффектом.

Третий фактор, замедляющий заживление, неподвластен никому. Это пожилой возраст. С годами люди теряют былую резвость, и их остеобласты и остеокласты тоже.

Если по какой-либо из вышеупомянутых причин перелом заживает медленно, полезно устроить костям «рок-концерт». Точно так же, как дребезжат чашки от громкого хлопка или грома, а звуки из динамика на концерте сотрясают нас до самой глубины, звуковые волны вызывают вибрации в остеобластах. Частота этих звуковых волн слишком высока для человеческого уха. Это ультразвуковые волны. Пациент может приложить к коже над переломом специальный прибор размером с колоду карт и устроить своим остеобластам представление, оценить которое могут только эти крошечные клетки костной ткани. Всего десять — двадцать минут в день, и шквал звуковых вибраций

---

\* К серьезным побочным эффектам длительного применения глюкокортикоидов относят остеопороз и связанные с ним частые переломы.

создаст в кристаллах гидроксиапатита пьезоэлектрические силы подобно тому, как это происходит при ходьбе. Механическая стимуляция — встряска и вибрация — вызывает ответную биологическую реакцию: формирующие кость клетки начинают работать в темпе рок-н-ролла, а не вальса. Чтобы доказать эффективность ультразвука при заживлении переломов и исключить какую-либо предвзятость в этом отношении, ученые провели так называемые двойные слепые исследования: ни экспериментаторы, ни пациенты до самого конца не знали, кому назначена настоящая процедура, а кому — имитация. Как оказалось, ультразвук действительно ускоряет восстановление по сравнению с процедурой-пустышкой. Мы не видим, не слышим и не чувствуем ультразвуковые волны, но заживающей кости такие ритмы очень по душе.

Будет ли кость аналогичным образом реагировать на действие электрического или магнитного поля? Теоретически применение электрической или магнитной стимуляции может быть оправдано: известно, что при сжатии гидроксиапатита образуется пьезоэлектричество, а колебания магнитных полей порождают электрический ток. Ученые, предприниматели и шарлатаны (одно не обязательно исключает другое) пытались с помощью магнитных полей и различных источников электростимуляции ускорить заживление костной ткани. В далеком прошлом предприимчивые ребята использовали в этих целях даже электрических угрей и природный минерал магнетит. Более современные и, как правило, запатентованные приборы снабжены поверхностными элементами или электродами, которые закрепляются рядом с местом перелома. Вот только продавцы этих устройств не решаются проверить



их эффективность в двойных слепых исследованиях, а без доказательств интерес к подобным методикам сходит на нет. Однако такой подход к лечению переломов все же лучше, чем держать в рукаве извивающихся угрей.

А если после тяжелого перелома или удаления опухоли не хватает большого участка кости? В таком случае организм попытается заполнить пробел новой костной тканью, как при обычных переломах, однако из-за расстояния между фрагментами и подвижности перелома задача может оказаться непосильной, как бы кость ни старалась себя починить. Пораженное место заполнит похожая на хрящ фиброзная ткань, при этом концы кости останутся нестабильными, и образуется ложный сустав. Врач-ортопед может вставить в промежуток новую кость, взятую извне. Чтобы читателю было проще понять суть процедуры пересадки кости, я приведу сравнение с денежным кредитом.

Когда вам нужна небольшая сумма денег, можно обзавестись недостающей наличностью, порывшись под матрасом или пойдя в атаку на свинью-копилку: вы останетесь при своих, и необходимости выплачивать долг не будет. Если требуется более существенная сумма, наверное, можно снять ее с банковского счета, на котором вы копите деньги себе на пенсию или на образование детей. Это поможет преодолеть текущий финансовый кризис, но в другом месте появится дефицит — возможно, он со временем пройдет, а возможно, и нет. Если все-таки не получается решить проблему самостоятельно, отправляйтесь в банк и попросите подарок — да, именно подарок.

То же самое с пересадкой кости. Если хирургу нужно немного надежных клеток, чтобы стимулировать образование новой кости (например, для локального дополнения

кости во время спондилодеза\*), он может вскрыть твердую поверхность тазовой кости и выскоблить изнутри губчатое вещество. Достаточно взять несколько столовых ложек — тазовой кости это не повредит. Полученный таким образом рыхлый трансплантат\*\* не даст механической прочности, зато в нем будет много остеобластов, которые быстро выплатят небольшой долг в месте перелома. Кость-донор при этом заполнится новой костной тканью и при необходимости сможет еще раз сослужить службу.

Иногда для заполнения промежутка в незаживающем переломе или после удаления опухоли требуется короткий отрезок здоровой в структурном отношении кости. В таких случаях подойдет фрагмент полноценной толщины, взятый из внешнего края тазовой кости пациента. Если человек не слишком худой и площадь участка не больше шести с половиной квадратных сантиметров, это безвредно и незаметно.

Когда нужен длинный прямой трансплантат, ортопеды обращают внимание на ноги пациента. Между коленом и лодыжкой есть две кости. Одна из них — большеберцовая кость: она крепкая, твердая и несет на себе массу тела человека. Рядом с ней с наружной стороны проходит малоберцовая кость, диаметр которой меньше полутора сантиметров. Если не считать короткого участка в самом низу, эта кость служит лишь местом крепления мышц лодыжки и пальцев ног, но даже на их функциональность ее

---

\* Спондилодез — костно-пластическая операция на позвоночнике, направленная на обездвижение какого-либо сегмента или отдела позвоночника с целью предупредить повреждение спинного мозга и дальнейшее разрушение позвоночных сегментов.

\*\* Трансплантат — участок ткани или орган, пересаживаемый путем трансплантации.

отсутствие ничуть не влияет. Таким образом, малоберцовая кость для ортопеда — основной «склад пиломатериалов» при ремонте длинных костей. В зависимости от роста пациента куском малоберцовой кости длиной от пятнадцати до двадцати пяти сантиметров можно закрыть крупный пробел в более важном месте. Замена, как правило, получается намного тоньше, поэтому как минимум на год новый участок кости укрепляют прочной внешней пластиной и внутренней скобой. Этот костный трансплантат — своего рода «стартовый капитал». Впоследствии он станет сильнее и сможет противостоять сгибанию, скручиванию и сдавливанию, но на это уйдет несколько лет.

В арсенале ортопеда есть ряд приемов, чтобы уговорить малоберцовую кость поторопиться. Если заполняемый отрезок меньше половины длины малоберцовой кости, толщину трансплантата можно удвоить, разрезав его пополам. Достаточный для устойчивости диаметр такая стойка нарастит через много месяцев, но это все равно быстрее, чем при использовании одинарного фрагмента: долг не увеличивается, а заемные средства работают в два раза эффективнее.

Чем быстрее мы заставим одолженную часть кости заниматься делом (независимо от ее размеров), тем большую пользу она принесет. Чтобы ускорить активацию трансплантата из малоберцовой кости, хирург-ортопед вместе с забираемой костью аккуратно извлекает снабжающие ее кровеносные сосуды. Трансплантат вставляется в костный промежуток, хирург соединяет артерию и вену малоберцовой кости с сосудами кости-реципиента, и кровь начинает течь через кость точно так же, как и раньше, до перелома. Благодаря оперативному восстановлению кровообращения

трансплантат приживается и растет гораздо быстрее, а долг успешно выплачивается.

Все описанные выше «кредиты» врач берет в организме самого пациента: иммунная система не возражает против подобных манипуляций, и нет риска отторжения тканей. Иногда требуются очень большие фрагменты кости, и пациенту отдать такой долг становится не по силам. В этом случае хирург может обратиться за подарком к донору органов — недавно умершему человеку. Сначала у умершего человека удаляют сердце, печень и почки — эти органы необходимо поместить на лед, как можно скорее пересадить нуждающемуся реципиенту и обеспечить пожизненную защиту от иммунной реакции сильными, но не самыми безопасными препаратами. После этого изымают кости. Их тщательно, не спеша очищают, чтобы полностью удалить кровь и белки, потом сушат, запечатывают в пластиковые пакеты, стерилизуют, каталогизируют и кладут на полку до востребования. В такой кости отсутствуют белки, поэтому иммунной реакции при пересадке не возникает и можно сделать трансплантат любого размера и формы без риска отторжения. Это чудесный дар, но есть определенные условия. Поскольку пересаженная от умершего человека кость лишена кровоснабжения и не имеет клеток, все это должен обеспечить сам реципиент — так и происходит, но довольно медленно, и, пока процесс идет, трансплантат может треснуть, раскрошиться или даже раствориться. Так что пересадка трупной кости не самое простое дело.

Если у вас есть однояйцовый близнец, можно смело взять у него взаймы богатую клетками живую кость — риск отторжения тканей исключен, ведь иммунная система у близнецов одинаковая. Только не забывайте, что долг

платежом красен: вполне возможно, вашему брату или сестре когда-нибудь потребуется одна из ваших почек.

Так же как перед получением кредита в банке, врач-ортопед совместно с пациентом взвешивает все за и против и сравнивает достоинства разных вариантов пересадки кости. Губчатая кость доступна, не вызывает постоянных дефектов скелета и заживает быстрее, чем компактная, однако компактная кость сразу же придает прочность. Если постараться незамедлительно восстановить кровоснабжение, операция займет гораздо больше времени и будет сложнее, зато пациент быстрее пойдет на поправку. При пересадке трупной кости можно подобрать фрагмент любого размера и формы, но процесс заживления идет очень долго. Иногда прибегают сразу к двум вариантам костных трансплантатов — вы как будто берете жилищный кредит и вдобавок получаете уникальный подарок.

Врачи-ортопеды общего профиля устраняют последствия травматических повреждений и обеспечивают быстрое и правильное заживление переломов. В прошлом, даже если кость срасталась неправильно, это воспринималось как успех. Наши коварные враги — курение, неполноценное питание, диабет и пожилой возраст — всегда сопровождали человечество и, наверное, продолжают создавать людям проблемы, но новые методы фиксации переломов и стимуляции остеобластов позволяют достигать все лучших результатов назло этим страшным противникам.

В наши дни неправильно сросшийся перелом уже не считается победой. Например, ни ребенок, ни его родители не потерпят ситуации, когда бедренная кость прямая, но повернута так, что стопа направлена в сторону. Некоторые менее очевидные смещения могут проявиться

лишь спустя годы и даже десятилетия. Представьте, что после перелома на поверхности сустава появилась неровность. Что будет, если одна полоса шоссе окажется на пять сантиметров выше другой? Машины по-прежнему смогут ездить по шоссе, но рано или поздно случится авария. Уступ на поверхности неправильно зажившего сустава тоже приведет к проблемам. Хрящ постепенно разрушится, а более твердые кости под ним начнут тереться друг о друга, вызывая боль, припухлость и ограничение движения. Иногда даже появляется характерный скрип и хруст.



Правильная форма и расположение костей голени (а) резко отличаются от состояния после перелома (b). Раньше успехом считали даже такое заживление, после которого нога становилась короткой и деформированной, а человек хромял

Не каждый перелом приводит к столь мрачным последствиям. Более того, иногда неровные с точки зрения неспециалиста костные отломки дают отличный результат.

Возьмем, например, перелом в центре бедренной кости ребенка. Заживление идет настолько хорошо, что усиленное кровообращение в месте перелома попутно стимулирует ростовые пластинки на концах кости. Если кости выровнять идеально, на рентгеновских снимках все будет выглядеть красиво, и родители останутся довольны — но недолго. Сломанная кость, получая хорошее кровоснабжение и питание, через год может обогнать такую же кость второй ноги на целых два с половиной сантиметра. К совершеннолетию ни ребенок, ни его родители, скорее всего, не заметят разницы в длине ног примерно в полтора сантиметра, и функциональность конечности сохранится. Наши ноги даже без травм не всегда одинаковой длины, и никто не обращает на это внимания. Однако если разница в длине ног окажется более существенной, человек начнет неосознанно креститься набок, отклоняя позвоночник в сторону от короткой ноги и стараясь удерживать туловище вертикально. В конце концов мышцы поясничного отдела позвоночника устают от лишней работы, и появляются боли. Обувь с толстой подошвой и каблуком способна компенсировать недостаточную длину конечности, и позвоночник будет удовлетворен, но человека такое решение радует не всегда.

Далее мы узнаем, что ортопеды могут сделать, если из-за травмы или по вине генетических факторов кости слишком длинные или слишком короткие. Это лишь две категории заболеваний, которые угрожают лучшему в мире строительному материалу. Что же еще может произойти с костью?