



РУКИ-КРЮКИ

Всем нам хорошо знакомы рычаги – простейшие механизмы, позволяющие даже несильному человеку поднять тяжеленный груз: бревенчатый дом или каменные блоки, слагающие египетские пирамиды. Наверняка знаете вы и то, что наши руки-ноги, как и конечности насекомых, пауков и прочих членистоногих, тоже подобны системам рычагов. Кости (или, в случае с насекомыми, хитиновый панцирь) образуют жёсткое тело рычага, суставы – точку опоры, а мышцы создают усилие, тянущее рычаг в нужную сторону. Правда, в наших конечностях, в отличие от рычагов, точки опоры, приложения усилия и груз не лежат строго на одной прямой.

Кость, в отличие от традиционных рычагов, не обязательно представляет собой прямую палку: она может быть как угодно изогнута при условии, что конструкция остаётся жёсткой. Длины плеч такого «гнутого» рычага равны отрезкам, соединяющим точку опоры с точками приложения усилия и груза. Например, бедренная кость в целом имеет Г-образную форму.

Бедренная кость



Возможно, знаете вы и то, что рычаги делят на три типа в зависимости от расположения точек опоры, приложения усилия и груза.

У рычага первого рода груз и точка приложения усилия расположены по разные стороны от опоры. Если сделать «грузовое» плечо коротким, а «силовое» длинным, можно получить огромный выигрыш в силе. Таким рычагом легко поднять дом или увязшую в грязи машину; именно его имел в виду Архимед, говоря: «Дайте мне точку опоры – и я переверну Землю».

У рычага второго рода точка опоры расположена на одном конце, дальше идёт груз, а усилие прикладывается к другому концу. Если плечо между грузом и точкой приложения усилия большое, мы тоже получаем выигрыш в силе. По такому принципу устроена

тачка: груз, который руками невозможно оторвать от земли и нести, мы легко поднимаем и везём, держась за длинные ручки. Точкой опоры служит ось колеса.

У рычага третьего рода (в старых книгах его считали разновидностью рычагов второго рода) усилие прикладывается между точкой опоры и грузом. Поднимать груз этим рычагом всегда тяжелее, чем просто так, голыми руками. Причём, прилагая усилие близко к грузу, поднять его ещё можно, но вот при приложении усилия близко к точке опоры даже не самый тяжёлый предмет становится почти неподъёмным. В этом легко убедиться на опыте: попробуйте поднять гирию двумя способами: держа её близко к телу и на вытянутой в сторону руке. Или удержать котелок с водой над костром, подвесив его на конец палки и схватившись за её противоположный конец.

В общем, чтобы рычаг давал выигрыш в силе, «силовое» плечо должно быть как можно длиннее «грузового». У рычагов первого и второго рода это достижимо, а в рычаге третьего рода невозможно в принципе: в лучшем случае, если взяться прямо за груз, полученное усилие будет в точности равно прилагаемому. Но кому нужен такой рычаг?

Удивительно, но наши конечности в основном подобны именно рычагам третьего рода. Причём в самой «невыгодной» своей разновидности: точка приложения усилия – место, где сухожилие, идущее от мышцы, присоединяется к кости, – расположена очень близко к точке опоры, суставу.

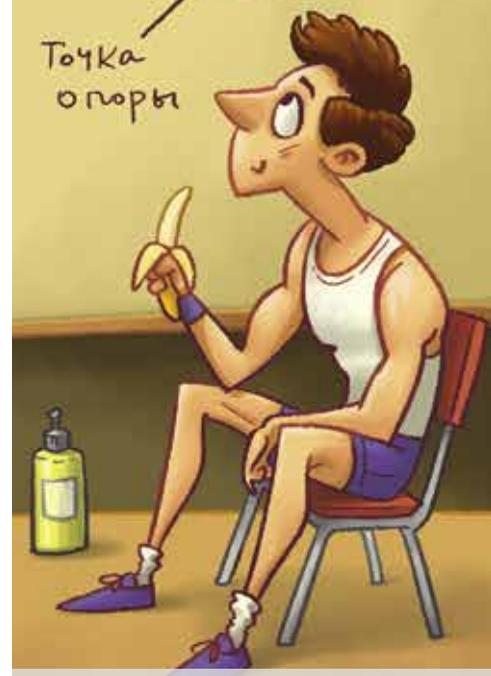
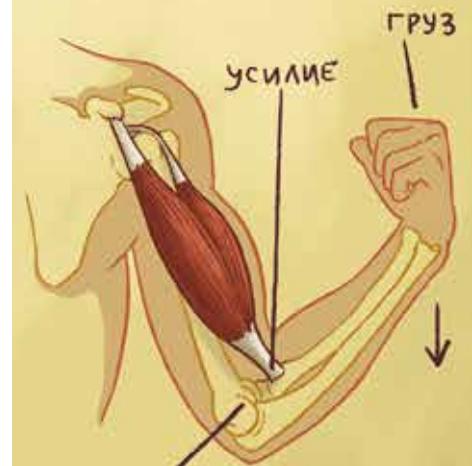
Рассмотрим это на самом простом примере бицепса – двуглавой мышцы плеча, сгибающей руку в локте, см. рисунок на полях справа. (В других случаях закономерность та же, но строение кости и прикрепление к ней мышцы чуть сложнее, что затрудняет анализ.)

Итак, бицепс прикрепляется к лучевой кости прямо около локтевого сустава. А дальше тянется длинный-длинный рычаг предплечья и кисти, удерживающий груз.

Конечно, ценой невероятных мышечных усилий нам удаётся и таким рычагом что-то поднимать. Ведь



Musculus biceps brachii





Художник Мария Усеинова

наши мышцы обладают совершенно фантастической силой: тоненький мускул с площадью поперечного сечения 1 см^2 развивает усилие, эквивалентное 5–16 кг! У двуглавой мышцы плеча этот коэффициент равен 11,4. Значит, даже у совершенно нетренированного человека бицепс толщиной 5 см развивает усилие $2,5^2 \cdot 3,14 \cdot 11,4 = 223,7 \text{ кг!}$

Подсчитано, что если бы все мышцы человека потянули в одну сторону, он легко мог бы поднять автобус. И это при том, что в норме мышца никогда не сокращается полностью: часть мышечных волокон всегда «отдыхает». При некоторых нервных заболеваниях в мышце одновременно «включаются» все мышечные волокна, и тогда мускулы ломают кости, к которым крепятся, или рвут сухожилия.

Но почему же природа «сконструировала» нас так «по-дурацки»? Зачем развивать сверхсильные мышцы, чтобы героически бороться с неоптимально сконструированными рычагами? Или, если уж природа наградила нас такими мышцами, почему бы ей и не прикрепить их как следует, сделав нас мегасупергероями?

Задача. Почему в руке человека не используются рычаги, дающие выигрыш в силе: ни рычаги второго рода, ни более «выгодные» модификации рычагов первого и третьего рода (получающиеся, например, если протянуть сухожилие от бицепса до самого запястья, поближе к грузу)?

Позволю себе небольшую подсказку: природа не делает глупостей. Наши руки и ноги – совершенный механизм, отточенный миллионами лет эволюции. В чём же его преимущество, искупающее все недостатки?

И ещё одна подсказка: эффект рычага с коротким «силовым» и длинным «грузовым» плечами испытали на своём лбу все, кто хоть раз наступал на грабли. Грабли, кстати (при использовании в качестве «ударного» инструмента, а не для разравнивания земли) – пример «гнутого» рычага. Точкой опоры служит угол отхождения зубьев от основы, упирающийся в землю.