



ФОРМА КОСТИ

Мое тело — это форма, в которой я живу,
и оно формирует то, как я живу.

Ракель Уэлч

■ ВВЕДЕНИЕ

Как мы уже видели до сих пор, чтобы понять стопу, мы должны разобраться во множестве функций ее костей и в том, как их форма влияет на наши движения. Движущемуся телу необходим некоторый элемент жесткости в качестве основы для движения. В то время как у беспозвоночных можно обнаружить множество стратегий увеличения жесткости, позвоночные решили справиться с этой потребностью посредством развития костей. Кость играет важную роль в калейдоскопе тенсегрального баланса тела, и эта сложная роль требует постоянного мониторинга и обновления морфологии костей.

Кость формируется на двух разных уровнях развития, во-первых, посредством эволюционного наследования (или филогенеза) — общая

схема количества и положения костей определяется генетическим наследием и секвенированием генов Нох. Общее строение костных «каркасов» позвоночных было относительно постоянным на протяжении 500 миллионов лет (Gould 1989, цитируется у Carter и Beaupré, 2001). Как мы видели на рис. 2.9, каждая составляющая очень консервативного каркаса скелета была адаптирована, изменена и перепрофилирована, чтобы обеспечить каждому из видов новые стратегии движения в их среде*. После рождения унаследованная форма кости будет влиять на общие возможности движения, однако система позволяет отдельным костям формироваться в соответствии с требованиями к движению, предъявляемыми конкретно данной средой. Этот второй механизм позволяет обновлять и корректировать эволюционный план в ходе развития (или онтогенеза).

В этой главе мы исследуем онтологическое развитие кости. Функциональные и механические требования, предъявляемые к телу на протяжении всей его жизни, приводят к сложным

* Подробное введение во взаимосвязи между формой, функцией, скелетом и генетической адаптацией можно найти в книге Нила Шубина «Требуется сборка» (One World, 2020).

взаимодействиям внутри каждого типа тканей. В случае с костной тканью существует петля обратной связи, позволяющая специализированным клеткам ощущать испытываемую костью нагрузку, чтобы затем эти клетки могли управлять строительством и поддержанием состояния кости.

Этот механизм, действующий в режиме реального времени, позволяет костям постоянно, хотя и медленно, обновлять свою форму в ответ на воздействие окружающей среды. Это немного похоже на настройку вашего компьютера на автоматическую загрузку и обновление для новых операционных систем: при условии, что у вас включено питание и компьютер имеет доступную вычислительную мощность, он позаботится о себе сам. Однако чтобы наши кости выполняли аналогичную работу, необходимо создать правильные условия питания и движения.

Костная ткань откладывается в ответ на общую механическую среду, и передача силы от кости к кости прекрасно проиллюстрирована на рентгеновском снимке стопы (см. рис. 1.15). Трабекулярный паттерн иллюстрирует тот факт, что в действительности сила передается через систему, а не через совокупность костей, которые каким-то образом образуют череду арок. Понимание того, как тело проявляется и организует себя, редко исследуется в текстах такого типа, поэтому мы посвятим некоторое время тому, чтобы оценить сложности формирования и строения кости в целом, прежде чем погрузимся в особенности костей стопы в главе 4.

Натяжение и сжатие, определяющие силы систем тенсегрити, являются основными формирующими силами кости, поскольку кость может ощущать механическую среду и реконструировать себя, чтобы оптимизировать свою форму. Механорецептивная способность кости позволяет моделям деформации ткани управлять клеточным действием и обеспечивать самоорганизующуюся систему, которая удовлетворяет конкурирующие потребности в легкости, гибкости и прочности.

В этой главе мы исследуем способность тела ощущать, распределять и реагировать на напряжение, динамику, которая была

исследована в контексте тенсегрити (подробный обзор см. в Solórzano, 2020). В этом тексте мы узнаем о сложном взаимодействии между более жесткой тканью кости и тем, как тело использует сократительные мягкие ткани для регулировки натяжения и для поддержки скелета. Скелет, в свою очередь, обеспечивает ту жесткость, которая необходима для того, чтобы удерживать мышцы и сухожилия в постоянном балансе между натяжением и сжатием, являющемся основополагающей динамикой при определении формы кости.

■ СПОСОБНОСТЬ КОСТИ САМОМОДИФИЦИРОВАТЬСЯ

Хотя кость в основном рассматривается как стабилизирующий элемент, мы не должны рассматривать ее лишь с такой ограниченной точки зрения. Для полного понимания нам следует изучить взаимосвязь между структурой кости, ее свойствами и ее часто противоположными потребностями. Эти потребности включают в себя способность костей создавать более стабильные условия, которые облегчают движение, обеспечивают защиту (для себя и различных других мягких тканей) и адаптируются к различным напряжениям, которым подвергается движущееся тело, — растяжению, сжатию, сдвигу, изгибу и скручиванию (рис. 3.1). При этом кость также должна быть достаточно податливой, чтобы не только поглощать некоторые из этих сил, но и ощутить организационную динамику движения.

Податливость кости в ответ на движение сил позволяет ей самомодифицироваться, поскольку клетки, содержащиеся в структуре кости, чувствуют и реагируют на повторяющиеся изменения в силовой среде. Эта динамическая характеристика помогает костям самоорганизовывать свою структуру в контексте общей силовой среды, поскольку проходящие через кость напряжения создают непрерывную петлю обратной связи: движение — нагрузка — реакция — строительство/реконструкция — движение — нагрузка — реакция — и т. д.

Сжатие и растяжение трудно воссоздать в чистом виде: кости чаще всего также

испытывают изгибающие силы. Изгиб создает натяжение с одной стороны и сжатие с другой, и воздействие этих сил направляет клетки внутри кости, чтобы они подстроили ее форму (рис. 3.1). Тем не менее сгибание длинных костей потенциально опасно, поскольку допускает растяжение и сжатие с обеих сторон кости, что может привести к появлению зоны уязвимости: как только структура начинает сгибаться, приложение большего усилия будет сгибать ее еще больше. Противодействием такой появляющейся в результате сгибания уязвимости было бы создание костей, которые не сгибаются, но это сделало бы их хрупкими: воздействие любой изгибающей силы приводило бы к перелому, так что в некоторых случаях полезно иметь немного гибкости.

Кость — это действительно удивительная плотная материя, достойная тех метаболических затрат, которые необходимы для ее создания и постоянного присутствия в нашем теле. В процессе развития наше тело работает над поиском оптимального баланса между потенциально противоположными

потребностями использования достаточного количества правильных материалов, чтобы обеспечить поддержку в рамках предела погрешности, не создавая при этом слишком больших метаболических затрат. К счастью, как мы увидим ниже, природа предоставила целый ряд подходящих решений этой головоломки.

■ РАЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАЗНОГО РОДА РАБОТ — КОРТИКАЛЬНАЯ И ГУБЧАТАЯ КОСТИ

Кость имеет две основные формы: прочную и плотную внешнюю оболочку и плетеный сетчатый внутренний каркас (рис. 3.2). Этот внешний слой кости, известный как кортикальная или компактная кость, плотно упакован, обладает относительной жесткостью и прочностью (см. также рис. 3.4). Но будучи плотным, он также тяжелый и составляет примерно 80% костной массы. Чтобы облегчить себя, кость строит внутреннюю каркасную систему, известную

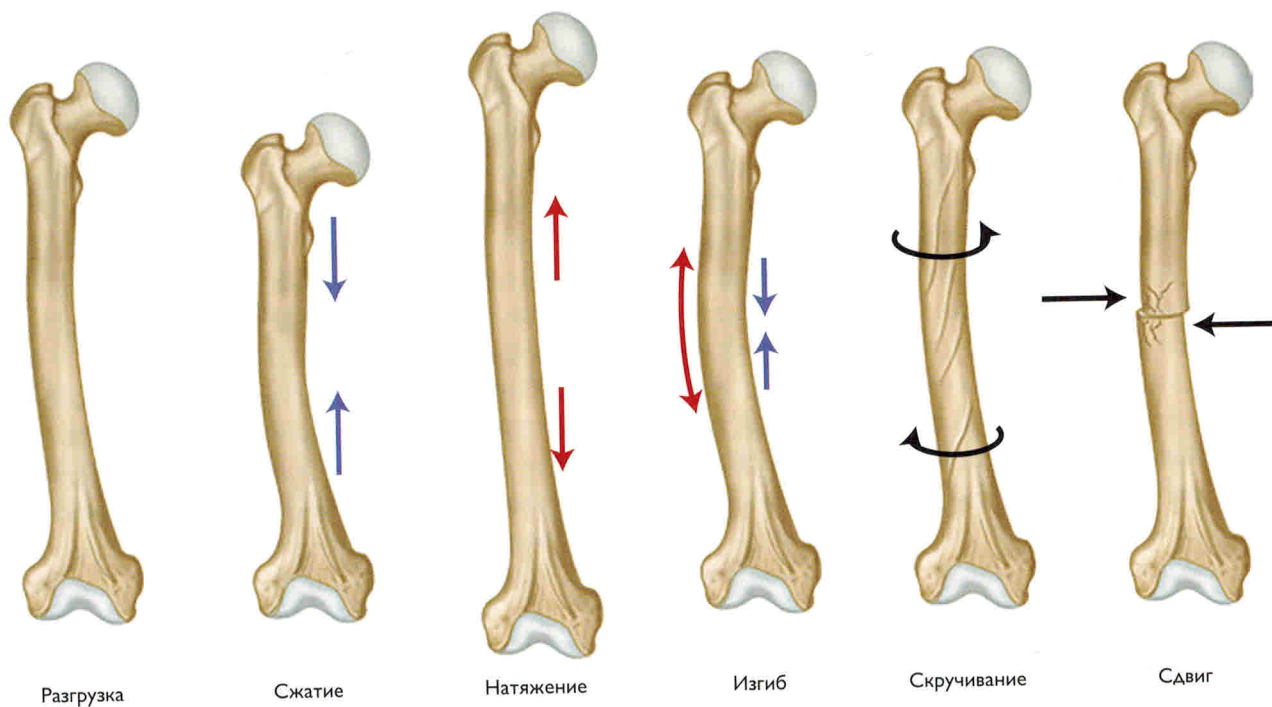


Рисунок 3.1. Хотя силы никогда не возникают по отдельности, полезно дать определение каждому типу. Сжатие и растяжение являются противоположными силами, либо непосредственно сближающими ткани, либо растягивающими их. Большинство конструкций испытывает некоторую степень изгиба, что создает напряжение с одной стороны и сжатие с другой. Скручивание является результатом скручивающего действия или крутящего момента. Сдвиг происходит тогда, когда на ткань действуют две противоположные силы.

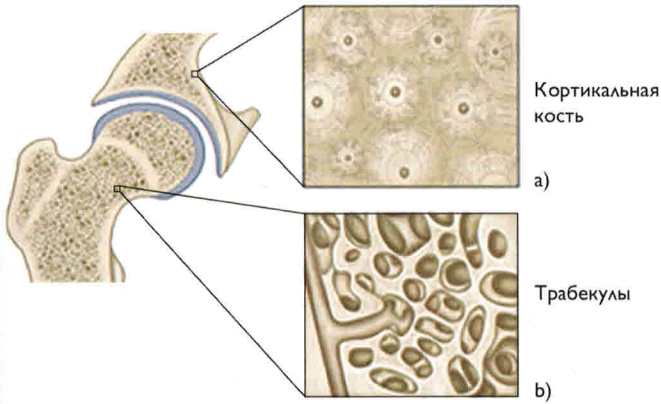


Рисунок 3.2. а) Кортикальная кость плотная (составляет примерно 80% костной массы) и гладкая. Покрывающая ее надкостница обеспечивает место прикрепления для различных мягких тканей. б) Трабекулы (лат. «маленький пучок»), также известный как «губчатая кость») формируются в глинных костях, образуя каркас, который одновременно укрепляет и (поскольку он обладает меньшей плотностью) облегчает общую структуру.

как губчатая или трабекулярная кость. Эта внутренняя конструкция относительно слабее, но позволяет кости сгибаться под нагрузкой и, следовательно, делает кость менее хрупкой.

Терминология

В тексте мы будем обсуждать напряжение и деформацию. Если это новая для вас терминология, не впадайте в панику. Со временем, по мере того как в разных главах мы будем рассматривать эту тему с разных сторон, все обретет свой смысл, и каждая глава поможет вам построить целостную картину. Ниже мы приводим официальное определение, но возможно, вам будет легче запомнить, что применяется нагрузка, а ощущается деформация.

Нагрузка является мерой силы, действующей на ткань.

Деформация — это реакция ткани.

Нагрузка = сила, деленная на площадь поверхности, или количество силы, приложенной к измеряемой площади.

Деформация = реакция конструкции; измеряется изменениями длины или объема.

Как правило, если деформация создает растяжение, произойдет реакция удлинения, а если деформация вызывает сжатие, будет реакция уплотнения.

Приведем реальный пример.

Подумайте о разнице между ходьбой по деревянному полу в туфлях на плоской подошве и на шпильках.

На полу не останется следов от плоской подошвы, но, скорее всего, останутся вмятины от каждого приземления шпильки. Вес тела одинаков в любой обуви, но при ношении шпильки он сосредоточен на меньшей площади. Вот почему нагрузка измеряется как сила (вес тела, умноженный на силу тяжести), деленная на площадь (обувь на плоской подошве или на остроконечном каблуке).

Поскольку та же самая сила (вес тела и гравитация) сосредотачивается на меньшей площади (шпильке), на пол приходится больше нагрузки. В результате деревянный пол деформируется.

Для простоты давайте сравним каблук-шпильку с площадью поверхности 1 см^2 с каблуком лофера с площадью поверхности 35 см^2 : в случае шпильки площадь, на которую распределяется действие силы, в 35 раз меньше.



КОСТИ СТОПЫ

Легкость нашего шага создает впечатление простого действия.

Но поскольку оно включает некоторую степень движения во всех частях нашей физической структуры, действие в целом является очень сложным.

Мортон, «Передвижение человека и форма тела».

■ ВВЕДЕНИЕ

Наш герой, Мортон, регулярно обсуждал способности стопы справляться с действием сил локомоции и силы тяжести. Как мы видели в главе 3, кость адаптируется через постоянную петлю обратной связи, при этом механорецепторные остеоциты управляют балансом строительства и «разрушения» остеобластами и остеокластами. Глядя на трабекулярный рисунок костей стопы на рентгеновском снимке (см. рис. 4.1), мы можем оценить непрерывность передачи силы от одной кости к другой — прекрасная

иллюстрация распределения деформации и тенсегрити в контексте.

Если мы посмотрим на общую картину, то увидим две важные особенности.

1. Трабекулярные линии имеют общий переднезадний паттерн, указывающий на сильно парасагиттальный паттерн использования стопы в момент, когда мы перекатываемся с пятки на носок. Конечно, в них также присутствуют скручивания и повороты в каждом направлении, но основной вектор деформации проходит спереди назад.
2. Узор расходится веером вниз и наружу от (или вверх и внутрь) таранной кости. Таранная кость представляет собой вершину полукупола и является местом взаимодействия голени и стопы. Таким образом, таранная кость согласовывает поток силы вверх от пятки, а также от передней части стопы, с потоком сил, идущих вниз от голени.

Основываясь на представленном в конце главы 1 изображении стопы в виде полукупола, мы продолжим выстраивать подробную картину стопы как структуры, которая может быть достаточно подвижной, чтобы способствовать



Рисунок 4.1. В предыдущей главе мы рассмотрели, как сила формирует отдельные кости. Эта серия рентгеновских снимков иллюстрирует непрерывность силовой передачи от одной кости к соседним, что говорит о том, что они действуют как одна функциональная единица.

пронации, и в то же время обеспечивает «жесткий рычаг» для двух точек повышенного напряжения — при касании пяткой и схождения с пальцев стопы (см. рис. 1.7).

Те, кто занимается изучением тенсегрити, приводят сильный аргумент, что «в теле нет такого понятия, как рычаг». И это верно: механических рычагов в биологических структурах действительно не существует. Однако я считаю, что мы можем использовать принципы рычага, чтобы понять многие — хотя и не все — взаимодействия между костями и суставами во время движения в обычной жизни. Например, развитие более длинных нижних конечностей сделало локомоцию более экономичной благодаря тому, что наши длинные бедренная и большеберцовая кости позволяют нам «перепрыгивать» через опорную ногу, что удлинит наш шаг. Аналогичным образом, как при попытке открыть коробку, наличие более длинного инструмента для работы может обеспечить механическое преимущество, обычно называемое «рычагом».

Как только появится лучший, более точный словарь терминов, я с радостью им воспользуюсь,

но на данный момент это лучший описательный язык, который у нас есть, и в большинстве случаев он прекрасно работает.

Можно легко заметить, что бедренная кость представляет собой жесткую кость между двумя относительно ограниченными суставами (коленным и тазобедренным). Гораздо сложнее разобрань подобным образом целую совокупность костей причудливой формы с многочисленными окружающими их тканями и суставами, которую мы называем стопой. Тем не менее принципы, действующие для тканей стопы, те же, что и для тканей бедра, поскольку положения с высоким уровнем нагрузки также вызывают высокий уровень деформации и напряжения тканей. Как мы видели в главе 3, бедренная кость обладает некоторой присущей ей жесткостью, но в хитром взаимодействии между формой и силой именно напряжение окружающих мягких тканей обеспечивает жесткость кости. Чтобы понять, как и почему это происходит в стопе, нам в первую очередь необходимо разобраться с формой и функцией кости.

Чтобы получить представление об адаптивности стопы, встаньте, удобно расположив

стопы под тазобедренными суставами, и поверните голову вправо, чтобы посмотреть через правое плечо, — повернитесь настолько далеко, насколько сможете, позволяя туловищу и тазу следовать за вашим взглядом, но сохраняйте при этом стопы на месте. Сделайте паузу в конце комфортного для вас диапазона движения и почувствуйте реакцию своих стоп. Если вы позволите движению пройти через таз, в вашей левой стопе произойдет пронация, а в правой — супинация. Эта способность замыкаться (пронировать) и замыкаться (супинировать) обусловлена костной структурой стопы и голеностопного сустава. Понимание формы и взаимодействия костей поможет нам понять, как и почему стопа реагирует именно таким образом, и мы вернемся к этому упражнению в конце главы, чтобы показать, чем же эта реакция настолько универсальна.

■ СТОПА В ЦЕЛОМ И ПО ЧАСТЯМ

26 костей стопы имеют самые разнообразные формы и размеры, а также не менее запутанные названия, которые сложно произносить и выговаривать по буквам. Как и в случае с большей частью (конечно, не со всей!) анатомии, за каждым из этих названий скрывается определенная логика, но лишь в том случае, если вы хорошо знаете греческий и латинский языки.

Есть несколько способов того, как можно осваивать стопу. Один — по группам костей — предплюсневым, плюсневым и фалангам, — и они приводят нас к греческому и латинскому языкам. Как и многие носители английского языка, я испытываю сложности с другими языками, но как только я начал понимать значение этих странных многосложных терминов, я понял, что они весьма уместны и даже облегчают жизнь. Другой способ разделить стопу — по областям: задний отдел стопы (пяточная и таранная кости), средний отдел стопы (клиновидная, ладьевидная и кубовидная кости) и передний отдел стопы (плюсневые кости и фаланги). Поэтому я рекомендую вам дать себе некоторое время, чтобы каждый термин стал для вас привычным. Многие суставы названы в соответствии со связанными

с ними костями, и знание названий групп костей, а также отдельных костей помогает перейти от костей и суставов к связкам.

Обязательно потратьте немного времени на то, чтобы понять логику этой системы прямо сейчас, поскольку это поможет легче понимать остальную анатомию по мере нашего продвижения вперед. Я часто обнаруживал, что одна из основных причин, по которой люди теряются в анатомии, заключается в том, что они не начали с освоения основных составных элементов словарного запаса.

■ КОСТИ ПРЕДПЛЮСНЫ, ПЛЮСНЕВЫЕ КОСТИ И ФАЛАНГИ

Кости предплюсны представляют собой группу из семи костей: таранной, пяточной, трех клиновидных, ладьевидной и кубовидной. Предплюсна — tarsal — в переводе с греческого означает «плетеная корзина». Посмотрите на рентгеновские снимки и представьте трабекулы в виде замысловатого переплетения корзины. Если вы повернете книгу так, что подошва окажется направленной вверх, вы сможете (приложив немного воображения) увидеть внутреннюю часть полукупола как внутреннюю часть корзины.

Как мы увидим позже, эта область действительно может действовать как плетеная корзина, которая то натягивает, то ослабляет плетение в зависимости от нагрузки и направления ее действия. Таким образом, корзина является полезным образом для понимания пронации и супинации. Представьте, что мягкие ткани и кости — это материал корзины, и они растягиваются и деформируются по мере того, как отверстия в корзине открываются, — пронация. Скрутите корзину в другом направлении — и отверстия закроются; плотно стянутая корзина — аналог супинации и положения жесткого рычага. При условии, что плетение остается безупречным, корзина ни при каких обстоятельствах не потеряет свою целостность. Независимо от того, расширено или стянуто ее плетение, корзина сохраняет свою прочность.

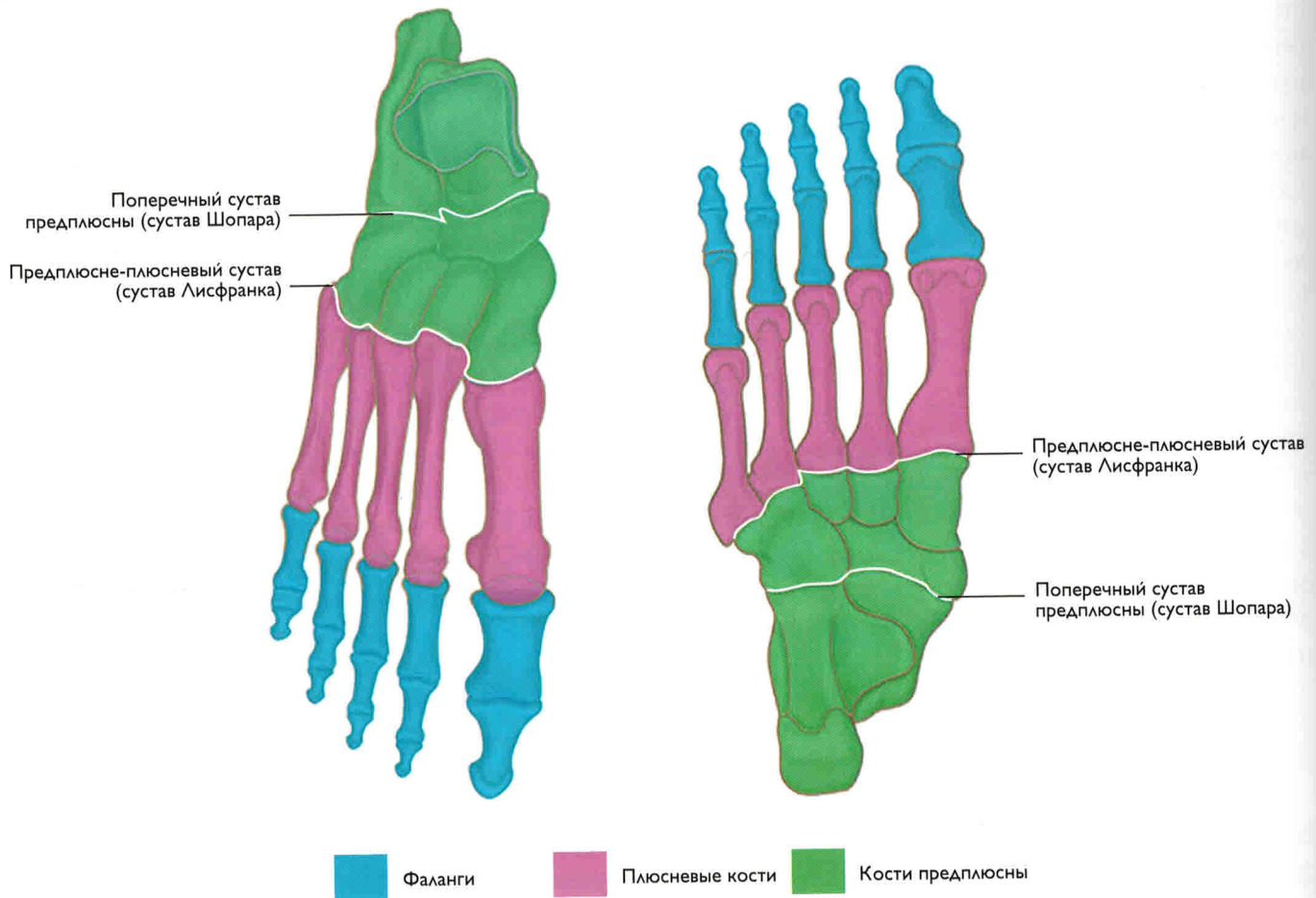


Рисунок 4.2. Отделы стопы. Кости предплюсны образуют задний (пяточная кость и таранная кость) и средний (клиновидные, кубовидная и ладьевидная кости) отделы стопы. Передний отдел стопы состоит из плюсневых костей и фаланг. Два важных сустава, пересекающих стопу, — это поперечный сустав предплюсны (или «сустав середины предплюсны», или сустав Шопара) и предплюсне-плюсневый сустав (или сустав Лисфранка). Поскольку они включают в себя несколько костей, их называют сложными суставами.

Кости предплюсны образуют задний и средний отделы стопы, а плюсневые кости составляют большую часть переднего отдела стопы. Если вы имели преимущество классического образования, то, вероятно, вам уже знакомо, что приставка «мета» означает просто «за пределами» (подумайте о физике и метафизике — «метафизический» означает «не поддающийся объяснению физикой»). Передний отдел стопы состоит из множества длинных прямых костей, сначала из пяти плюсневых костей, а затем из 14 фаланг пальцев.

В общих чертах, длинные кости обеспечивают рычаги, а короткие — адаптивность. Подумайте, например, о бедренной

и большеберцовой костях — их длина обеспечивает значительную двигательную эффективность, а коленный сустав — значительный рычаг. Но за рычаг приходится платить, поскольку чем длиннее рычаг, тем больше силы требуется для его стабилизации и контроля. Относительные пропорции стопы человека обеспечивают эффективный рычаг, но этот длинный рычаг должен быть устойчивым. Стабильность частично обеспечивается уникальным, похожим на плетение корзины строением костей предплюсны, которые скручиваются и замыкаются, образуя жесткий рычаг, а затем раскручиваются, чтобы расправиться, тем самым позволяя мягким тканям деформироваться при амортизации удара.

ВНЕШНИЕ МЫШЦЫ

В строении стопы человека нет ничего случайного. Когда, по мере перехода к прямохождению по земле на двух ногах, вес тела полностью переместился на дочеловеческую стопу, такое увеличение нагрузки привело далеко не только к изменению костей стопы.

Мортон, «Передвижение человека и форма тела» (1952, стр. 28)

■ ВВЕДЕНИЕ

Хотя размер и форма пяточной кости менялись с течением времени, общий размер стопы человека не сильно увеличился после того, как она стала нести дополнительную нагрузку при прямохождении. В главах 3 и 4 мы уже видели, как деформация бедренной кости уменьшается за счет стабилизирующего действия силы окружающих ее мышц. Ни одна мышца не несет полной ответственности ни за поддержку костей стопы, ни за поддержку

перемещающегося над стопой тела; все они работают вместе, увеличивая жесткость напряжения и обеспечивая баланс и контроль движения.

Подходя к стопе под разными углами и прикрепляясь к разным ее точкам, наружные мышцы обеспечивают силовое замыкание — то увеличение жесткости стопы, которое ей необходимо в момент подъема при схождении с пальцев. Именно благодаря совместной скоординированной силе мышц и оптимизации формы их тканей кости стопы могут быть столь тонкими.

В этой главе основное внимание будет уделено группам длинных мышц, которые выходят за пределы стопы и прикрепляются к большеберцовой, малоберцовой и бедренной костям; многие из этих мышц широко известны. В главе 7 мы рассмотрим более короткие мышцы стопы, но в каждой главе важно помнить о многозадачности и том функциональном пересечении, которое постоянно присутствует в мягких тканях. Для построения общей картины необходимо соотнести фасциальные динамики, рассмотренные в предыдущей главе, с мышечными движениями.

Большая часть функциональной скелетно-мышечной анатомии довольно проста.

Функциональная анатомия в основном сводится к тому, «какая мышца куда идет» и «что она делает», поэтому мы можем рассуждать довольно простыми категориями: все, что нам нужно знать, это какие суставы и под каким углом пересекает та или иная мышца. Знание уже только этих двух составляющих обеспечивает нас почти всей необходимой информацией.

Разумеется, мы хотим не просто перечислить всю эту информацию, мы хотим понять «почему» — почему мышца имеет именно такую форму? Почему ее сухожилие имеет определенную длину и форму? Понимание формы поможет нам глубже увидеть связи и взаимодействия тканей во время движения.

Форма любой мышцы становится понятной лишь тогда, когда мы рассматриваем ее в контексте ее окружения, в том числе требований к движению. Во многих отношениях форма и функция — это одно и то же: функция определяет форму, а форма определяет функцию, — поэтому мы не можем понять одно без другого.

В этой главе есть несколько важных подсказок и приемов определения действия и свойств мышц, а также она может помочь вам понять предыдущие главы, предоставив вам больше контекста. Если у вас возникли затруднения с содержанием предыдущих глав, прочитайте главы 6 и 7, а затем снова вернитесь к главам с 3 по 5. Мне потребовалось 30 лет, чтобы собрать все это воедино, так что не думайте, что вы должны все это усвоить всего за несколько часов чтения.

Аналогичным образом, если вы не настолько знакомы с мышцами, бегло прочитайте эти две главы, а затем перейдите к оценкам и упражнениям из глав 8 и 9. Способы оценки и упражнения, которые мы здесь приводим, намеренно просты и помогут вам лучше понять мускулатуру. Конечно, можно было бы также добавить сюда всевозможные причудливые ортопедические нюансы, превратив эту книгу в энциклопедию стопы, но меня это не интересует. Я скорее рассматриваю эту книгу как полноценный справочник.

■ ЧТО В НАЗВАНИИ?

Один из многих разочаровывающих моментов в анатомии заключается в том, что никто не может решить, как называть отдельные ее части. Мы уже столкнулись с этой проблемой, когда говорили о сложных суставах стопы, которые в некоторых случаях называются по анатомическому стандарту, а в других — в честь давно умерших французских хирургов. Выбор в этом случае нередко зависит от того, какому из соглашений следует человек или на каких читателей он ориентируется: так, например, хирургическое сообщество с большей вероятностью будет использовать такие названия суставов, как сустав Лисфранка или Шопара, а не громоздкие, но анатомически информативные названия, вроде «предплюсне-плюсневые суставы» и «поперечный сустав предплюсны».

Другой конфликт в терминологии заключается в том, какое из соглашений использовать для обозначения мышц. Мышцы могут быть описаны с точки зрения трех источников номенклатуры — положения, функции или формы, — и каждая из них используется для мускулатуры голени и стопы. Все три соглашения после расшифровки терминологии и объяснения традиций предлагают несколько полезных советов. Соглашение, которое дает нам меньше всего подсказок о положении и функции, — это соглашение о форме. Например, такие известные нам названия мышц плеча, как «ромбовидная мышца» и «трапециевидная мышца», ничего не говорят нам о том, где они находятся и что они делают. Тем не менее они дают нам четкое представление о мощности мышцы: мы знаем, что имеющая квадратную форму ромбовидная мышца, вероятно, обладает всего одним направлением тяги и участвует в обеспечении стабильности, в отличие от трапециевидных мышц с широким диапазоном углов наклона волокон, которые обеспечивают значительную мобильность.

Мышцы, названные по их положению, дают нам примерное представление о том, где они находятся. Например, передняя большеберцовая мышца должна быть на передней части большеберцовой кости. И из этих двух слов мы уже можем сделать гораздо больше

выводов, поскольку мышцы часто называют противоположными названиями. Так, например, если есть передняя большеберцовая мышца, мы можем предположить, что должна быть и задняя большеберцовая мышца (и не удивительно, что она есть!). Это правило также работает и для мышц с функциональными названиями: если есть сгибатели (например, длинный сгибатель большого пальца стопы), есть вероятность, что у нас должны быть и разгибатели (например, длинный разгибатель большого пальца стопы), а для каждой приводящей мышцы должна быть соответствующая отводящая мышца, и т. д. Эта эвристика верна для большинства мышц, которые мы увидим ниже, но она немного рушится при рассмотрении области бедра, где располагается множество мышц, называемых приводящими, и ни одной мышцы, названной «отводящей», поскольку отводящие мышцы бедра обычно называются по их положению, как в случае с ягодичными мышцами.

Хотя анатомическое название не дает достаточной информации о функции, а функциональное название не указывает на положение, положение и функция фундаментально взаимосвязаны. Так, например, если мышца пересекает переднюю часть таранного сустава, она отвечает за тыльное сгибание; если она пересекает заднюю часть сустава, она должна быть подошвенным сгибателем. Мы могли бы написать это предложение иначе, сказав, что если мышца является подошвенным сгибателем, она должна пересекать заднюю часть сустава, а если эта мышца отвечает за тыльное сгибание, то она должна пересекать переднюю часть сустава.

Определение структуры из функции и наоборот — это еще одно проявление переплетающихся взаимодействий между двумя динамиками (см. рис. 3.3). Поскольку функция мышцы определяется тем углом, под которым она пересекает сустав, использование соглашений о названиях позволяет нам сделать разумное предположение, что передняя большеберцовая мышца пересекает переднюю часть таранного сустава и, следовательно, должна являться тыльным сгибателем, и в этом действии ей противостоит ее сосед, задняя

большеберцовая мышца, пересекающая таранный сустав с другой стороны. Как правило, положение мышцы определяет ее действие.

Использование той же логики в обратном порядке позволяет нам угадать положение функционально названных мышц. Например, мы можем сделать вывод, что длинный сгибатель большого пальца стопы должен пролегать вдоль подошвенной поверхности стопы к задней части ноги. Мы можем сделать вывод, что, вероятно, у нее есть противодействующая мышца, называемая длинным разгибателем большого пальца стопы, проходящая по тыльной поверхности стопы и голени — и так оно и есть. В верхней части тела сгибатели пересекают суставы спереди, а разгибатели — сзади. Это соотношение меняется на противоположное в нижней части тела из-за перекручивания зачатка конечности в процессе внутриутробного развития, которое уводит «переднюю часть» нижней конечности назад (рис. 6.1). Именно эта ротация конечности является причиной того, почему дорсальной (тыльной) поверхностью стопы мы называем верхнюю часть стопы, и объясняет, почему термин «тыльное сгибание» используется для описания движения этой поверхности к передней поверхности голени*.

Знание того, что лежит в основе соглашений о номенклатуре, может помочь «взломать» эти коды, поскольку обычно в каждом названии содержится смысл и обоснование. Без объяснения этих правил изучение мышц и их действий превращается в обычное упражнение на механическое запоминание. Для изменения научных соглашений требуется время, как мы видим на примере малоберцовых мышц (*fibularii*), которые во многих статьях до сих пор называются на старый манер (*peroneals*), несмотря на то, что их название было изменено несколько лет назад. Эти два слова происходят

* Подумайте о спинном плавнике на верхней части тела акулы или кита, являющемся сильной защитой спины. Вентральная поверхность считается передней частью тела и содержит более тонкие структуры. Это же соотношение сохраняется и в нашей перекрученной нижней конечности, где дорсальная поверхность (наша передняя часть) обычно более объемная и более защищенная, чем вентральная поверхность (наша задняя часть), по которой к стопам и от них проходят тонкие сосуды.

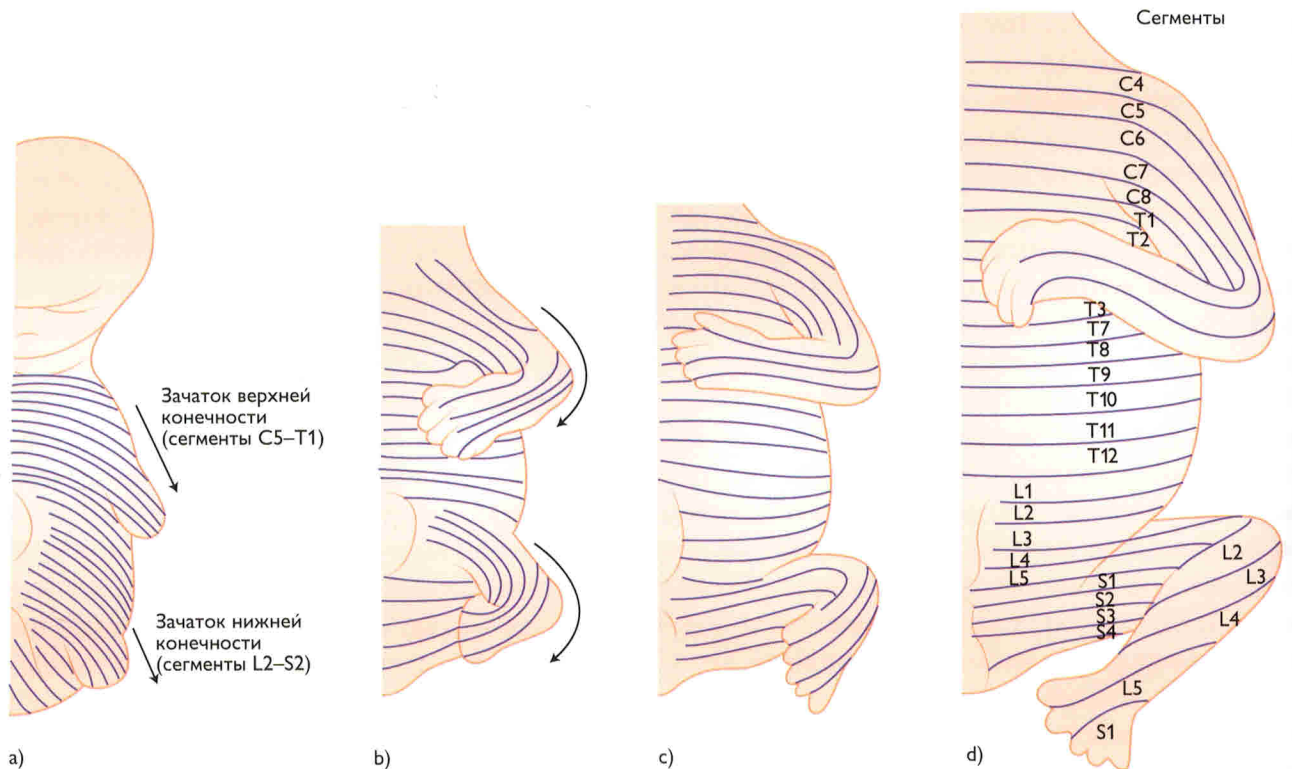


Рисунок 6.1. Зачатки верхних конечностей появляются примерно на четвертой неделе развития (а), а зачатки нижних конечностей — неделей позже. В течение следующих двух-трех недель дистальные концы уплощаются, образуя напоминающие кисти рук и стопы «лопасты», по мере скручивания проксимальной части верхней конечности латерально, а нижней конечности — медиально (b и c). Нижняя конечность продолжает скручиваться ниже колена, чтобы привести большой палец стопы к медиальной стороне (d). Линии указывают на спинальную сегментацию иннервации кожи (известную как дерматома) и представлены здесь для визуальной наглядности торсий, происходящих в процессе развития.

из разных языков: *peroneal* — из греческого, а *fibularis* — из латыни. Оба слова относятся к напоминающей булавку малоберцовой кости (очевидно, что малоберцовые кости различных нечеловеческих видов использовались в качестве булавок), но в какой-то момент возник языковой конфликт: латинское название использовалась для обозначения кости, имеющей форму булавки, а греческое — для обозначения прикрепляющихся к этой кости мышц. Есть определенная логика в том, чтобы использовать латынь для обозначения как самой большеберцовой кости, так и связанных с ней мышц, поэтому для обозначения прикрепляющихся мышц было предложено использовать латинскую форму (*fibularis*) вместо греческого названия (*peroneals*). К сожалению, не все сразу приняли эти изменения, и вы по-прежнему будете встречать научные рецензируемые статьи, в которых упоминается старое название малоберцовых мышц (*peroneals*).

Существует еще один сбивающий с толку анатомический стандарт, касающийся использования слов «отведение» и «приведение» при описании действий самой стопы и внутри нее. Существует два соглашения по поводу ориентира, относительно которого описывается направление движения: либо от средней линии второго пальца стопы (аксиальная), либо от средней линии тела (срединная сагиттальная, рис. 6.2). Мы увидим это в следующей главе при описании действий внутренних мышц стопы, поскольку они названы в соответствии с осевым соглашением, которое в качестве ориентира использует второй палец стопы*.

Аксиальный ориентир, как правило, используется при описании движения пальцев стопы

* Похожая проблема существует при обозначении движений кисти руки и пальцев руки, с той лишь разницей, что в качестве ориентира принято использовать третий палец руки, а не второй.

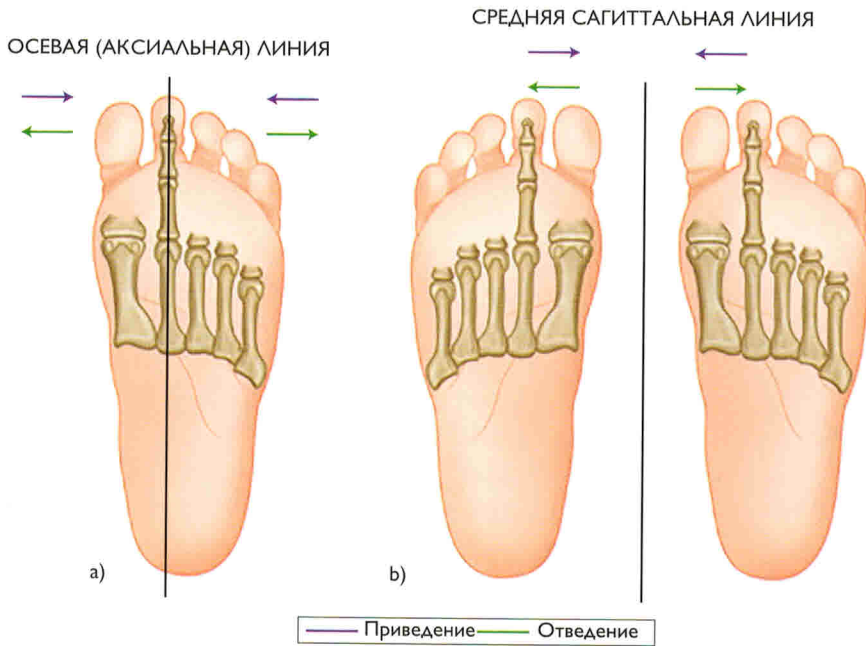


Рисунок 6.2. Существует два соглашения относительно приведения и отведения стопы и пальцев ног. Первое, использующее среднюю линию, проходящую через второй палец стопы (а), имеет тенденцию относиться к взаимодействию и движению плюсневых костей и пальцев стопы, в то время как второе использует срединную сагиттальную линию тела и обычно относится к движению стопы и через стопу, а не пальцев ног (б).

относительно друг друга, в то время как срединная сагиттальная линия описывает взаимодействия в стопе в целом. Переключение с одного соглашения на другое обычно очевидно из контекста, в котором они используются. Например, разведение пальцев стопы представляет собой отведение от средней линии второго пальца стопы, в то время как отведение в ладьевидно-клиновидном суставе будет отведением относительно срединной сагиттальной плоскости.

■ МЫШЦЫ, МЕШКИ И БЛОКИ

В главе 5 мы рассмотрели три механизма фасциальной эффективности: напоминающая пружину роль сухожилий, которая позволяет мышцам оставаться близкими к изометрическим; роль фасции в увеличении выходной мощности за счет увеличения соотношения силы-длины и силы-скорости; и роль сухожилия в ослаблении или демпфировании деформации, что позволяет мышце также работать

в эксцентрическом режиме на длинах и скоростях, которые оптимизируют ее силу (рис. 5.18).

Аналогичным образом можно классифицировать многофункциональные возможности мышечных тканей, которые регулируют свою жесткость, действуя как устойчивые к силе тяжести опоры контроллеры упругих пружин, двигатели для обеспечения ускорения или демпферы накопленной упругой энергии (Farris & Raiteri, 2017a&b).

Действуя вместе как мышечно-сухожильная единица, мышцы и фасции постоянно ищут оптимальную степень жесткости во время движения. В этом смысле даже отсутствие движения, например, стояние на месте, требует активного тонуса в определенных мышцах — то есть мышечно-сухожильная единица выступает в роли распорки. Большая часть коммуникации между нашими проприоцептивными органами происходит предсознательно, при этом большой процент сенсорной информации поступает через подошву и ткани стопы и голеностопа. Поэтому здоровье тканей и обеспечиваемая обувью среда важны не только для здоровья

УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ СО СТОПОЙ

Автор главы — Люси Уинтл. См. ее биографию на стр. 269.

Крылья — как мечты. Перед каждым полетом птица совершает небольшой прыжок — прыжок веры в то, что ее крылья сработают. Такой прыжок можно совершить, только когда твердо стоишь на ногах.

Дж. Р. Рим

Кто из нас может покаяться в том, что пренебрегает своими ногами? На протяжении многих лет мы были заняты приведением в тонус ягодичных мышц, формированием талии, работой над выравниванием и осанкой, но кто из нас до недавнего времени хоть ненадолго останавливался, чтобы обратить внимание на свои стопы и на их участие во всех упражнениях с весовой нагрузкой? Единственное, с чем мы, вероятно, все согласимся, пройдя столь долгий совместный путь по этой книге, заключается в том, что такой подход необходимо менять: хотя нам, возможно, и не нужно «твердо стоять на ногах» в буквальном смысле слова, мы, безусловно, хотим и нуждаемся

в сильных, адаптивных стопах, способных выдерживать нагрузки и жизненные стрессы.

Наблюдая за множеством «все более сложных» упражнений, которыми нас ежедневно бомбардируют в социальных сетях, я нередко задаюсь вопросом: какой смысл во всей этой сложности, если прежде не достигнуты такие простые задачи, как стояние, ходьба и сохранение баланса?

Клиницисты и исследователи в значительной степени игнорируют внутренние мышцы. Таким образом, эти мышцы редко затрагиваются в программах реабилитации. При проблемах со стопами вмешательства чаще направлены на внешнюю поддержку стопы, а не на тренировку этих мышц, чтобы они могли функционировать так, как должны.

МакКеон и др. (2014)

Если вы регулярно будете обращать внимание на исправление паттернов своей стопы

в конечном итоге это принесет значительные дивиденды не только вашим ногам, но и всему вашему телу. Возможно, прежде чем вы заметите какие-то изменения, пройдет некоторое время, но в долгосрочной перспективе такой последовательный подход обязательно окупится. Некоторые из преимуществ, которые вы можете заметить, если продолжите регулярную практику, — это улучшение силы ваших голеностопных суставов, коленей и таза, улучшение пояснично-тазовой стабильности и улучшение баланса.

Упражнения, включенные в эту главу, не претендуют на затейливость и сложность, скорее, они разработаны как некоторая основа, указывающая вам правильное направление и побуждающая вас к исследованию.

Прочитав главу 8 о методах оценки, вы уже должны были составить себе хорошее представление о том, какой у вас тип стопы и, следовательно, какова ваша отправная точка. У каждой стопы будет своя отправная точка и своя история. Переломы, растяжения, типы обуви, повторяющиеся виды спорта и окружающая среда вносят свой вклад в экосистему стопы. Не забывайте, что вы уникальны, и ваша стопа может не вынести того, что будет легко для стопы вашего соседа!

Я разделил приведенные здесь упражнения на две основные категории: те, которые помогают укрепить стопу, и те, которые направлены на расслабление, — при этом в некоторых упражнениях будет сочетаться и то, и другое.

Как и во всех упражнениях, которые вы выполняете впервые, важно обращать внимание на свою форму, слушать свое тело и не работать через боль. Указанное количество повторений является ориентировочным и может оказаться слишком большим, когда вы только начинаете свое путешествие по упражнениям для стоп. Всегда придерживайтесь здравого смысла и увеличивайте количество повторений лишь по мере того, как растет ваша осознанность и сила. Лучше сделать два или три упражнения действительно хорошо, чем торопиться выполнить все.

Вот список реквизита, необходимого для выполнения всех упражнений.

1. Небольшой мягкий мяч размером примерно с мяч для сквоша.
2. Теннисный мяч или что-то похожее по размеру.
3. Резинка или эластичная лента.
4. Йога-блок или книга толщиной примерно 8 см.
5. Хотя это и не обязательно, вам может пригодиться небольшой клин, особенно в том случае, если у вас слишком пронированная или слишком супинированная стопа, — клин вроде того, который используется в качестве порога, вероятно, вполне подойдет.

Теперь вы готовы. Наслаждайтесь путешествием по знакомству со своими стопами!

■ УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ СТОП

I. Общее пробуждение стоп

Это упражнение предназначено для осознания стопы путем стимуляции механорецепторов, встроенных в кожу подошвы, и для «открытия» стопы при подготовке к дальнейшим упражнениям. Вы можете обнаружить, что, воздействуя таким образом на стопы, вы также привносите ощущение легкости в другие части вашего тела. Может быть, вы стали как-то по-другому ощущать свой таз или поясницу? В этом упражнении нет правильного или неправильного... Делайте только то, что приятно!

Для этого упражнения по стимуляции стопы используйте, на ваш выбор, мягкий или твердый мяч размером примерно с мяч для сквоша. Если при этом вы будете стоять на твердой поверхности, то результаты будут лучше (рис. 9.1a).

- Надавливайте на подушечку под основанием каждого пальца ноги (головкой каждой плюсневой кости) и затем отпускайте; проделайте так, начиная с большого пальца стопы и двигаясь к пятому пальцу (или наоборот). Двигайтесь к своду стопы, продолжая то нажимать на мяч, то ослаблять давление, направляя мяч к латеральной, затем к средней,



Рисунок 9.1а. Используйте вес своего тела, чтобы создать соответствующее давление на мяч.



Рисунок 9.1б. Проследуйте по линии между двумя плюсневыми костями, чтобы аккуратно распределить ткань между ними.

а затем к медиальной сторонам поперечной арки стопы. Повторите процесс несколько раз.

- Теперь надавите на мяч и рисуйте случайные узоры по всей подошве стопы, останавливаясь в любых «привлекших ваше внимание» местах. Старайтесь выполнять эти движения медленно и методично. В этом исследовании охватите как можно большую часть стопы, помня, что на латеральной стороне стопы меньше мягких тканей, чем на медиальной.

Как только вы закончите с одной ногой, стойте немного, чтобы ощутить разницу между двумя сторонами вашего тела. Чувствуете ли вы себя более заземленным на стопе, которую только что стимулировали? Может быть, у вас лучше ощущается связь пальцев ног с полом и вы лучше их раздвигаете и удлиняете?

- На следующем этапе поместите мяч на стопу сверху. Выберите удобное для себя положение, чтобы вы могли рукой с мячом проработать области между плюсневыми костями, например, вы можете расположиться стоя на коленях с одной ногой впереди. Начните от голеностопного сустава и слегка надавливайте на мяч, ведя его от голеностопного сустава к пальцам стоп между плюсневыми костями (рис. 9.1b). Повторите это два или три раза на каждой ноге.

Теперь ваша стопа должна чувствовать себя более заземленной, открытой и освобожденной, что помогает вам лучше получать обратную связь от поверхности, на которой вы стоите.

2. Синхронизация стоп, цифра 8 и поиск тренажника равновесия

Смещая вас туда, где ваш вес все еще находится над стопой, эта простая комбинация движений поможет вам найти нейтральное или центральное положение стопы. Перенос веса на разные части стопы может показать, какие движения вызывают затруднения, а какие кажутся знакомыми.

Синхронизация стоп

Начните с нейтрального положения таза и расставьте ноги на ширину плеч. Держите ноги прямыми, не блокируя при этом колени, а тазовище выровняйте над ногами. Старайтесь не позволять себе уходить в какое-либо боковое сгибание или сгибание бедра.

- Сместите вес латерально вправо. Ваш правый подтаранный сустав уйдет в эверсию, а левый — в инверсию. Это небольшие движения. Держите пальцы ног и головки плюсневых костей на полу, чтобы способствовать большему движению подтаранного сустава.
- Теперь перенесите вес вперед на обе группы пальцев ног и головки плюсневых костей — все ваше тело при этом смещается вперед, а в голеностопных суставах происходит небольшое тыльное сгибание (рис. 9.2а).
- Сместите свой вес влево. Теперь ваша левая стопа в супинации, а правая — в пронации (рис. 9.2б).



Рисунок 9.2 а и б. Используйте обратную связь от пола, чтобы почувствовать, как перенос веса откликается в области таза.

- Наконец, сместитесь назад, немного перенеся вес на заднюю часть пяток.

Сравните диапазон движения и ощущение опоры при раскачивании вперед и назад — наша длинная передняя часть стопы обеспечивает гораздо больший диапазон для переноса веса тела вперед, чем назад.

Повторите этот круг четыре раза в каждом направлении.

Цифра 8 и тренажник равновесия

- Используя небольшие движения смещения, как указано выше, нарисуйте латеральную цифру 8 (∞). Двигайтесь латерально в одну сторону, затем вперед, затем медиально назад к пятке противоположной стопы и снова наружу латерально.

Повторите движение четыре раза в одном направлении, прежде чем начать делать его в другом направлении.

Это крошечные движения (для меня они размером с мяч для гольфа). По мере прохождения «восьмерки» постарайтесь почувствовать, как происходит смещение веса в области таза, и не забывайте удерживать пальцы ног и головки плюсневых костей на полу.

В конце кругов и «восьмерки» найдите точку равновесия, где ваш вес равномерно распределен под основанием первой и пятой плюсневых костей и центром пятки. Почувствуйте, как ваша правая стопа поддерживает правую сторону вашего тела, а левая стопа — левую сторону. Мы будем называть это распределение веса под стопой тренажником равновесия — вашим нейтральным и центральным положением. Мы будем обращаться к этому «тренажеру» при выполнении следующих упражнений. У вас не должно быть ощущения, будто вы прикладываете усилия, чтобы сохранять нейтральное положение ног, — скорее, наоборот, вы должны ощущать легкость.

3. Упражнение на разгибание пальцев ног — шаг вперед (реквизит — маленький мягкий мяч или клин)

* Избегайте этого упражнения, если вы знаете, что у вас есть суставные или костные ограничения в вашем первом ПФС (см. главу 8).

Способность разогнуть первый ПФС жизненно важна для многих функций стопы. Движения в этом упражнении помогут вам оценить диапазон и качество движений в этом суставе. Кроме того, данное упражнение подготовит базовую биомеханику стопы к последующим упражнениям.

Начните с постановки стоп «в разножку», т. е. поставьте одну стопу перед другой на естественном расстоянии бедер друг от друга.

- Если вы хотите поработать с разгибанием пальцев правой стопы, то начните с положения, при котором правая нога будет