

ГЛАВА 2

ГРУДНАЯ КЛЕТКА И ГРУДНАЯ СТЕНКА

Грудная клетка и грудная стенка выполняют множество важных функций. Важнейшими являются вентиляция легких, защита сердца, внутренних органов. Другая важная функция — создание стабильной основы для прикреплений мышц верхних конечностей, головы и шеи, позвоночника и таза.

Оптимальная вентиляция легких играет жизненно важную роль, поэтому следующая глава будет посвящена именно механизмам вентиляции.

2.1. ОБЩАЯ СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ

Оптимальная вентиляция легких необходима для функционирования всего человеческого организма. Процесс вдоха и выдоха зависит от исключительно сложного комплекса скелетно-мышечных и кинезиологических взаимосвязей грудной клетки. Вентиляционные меха, как механизм в целом, иногда требуют участия 88 суставов и более 46 мышц.

Вентиляционный механизм человека состоит из трех частей: грудной клетки, дыхательных мышц и мышц живота (рис. 2.1).

Сопряжение и взаимодействие этих трех компонентов в процессе

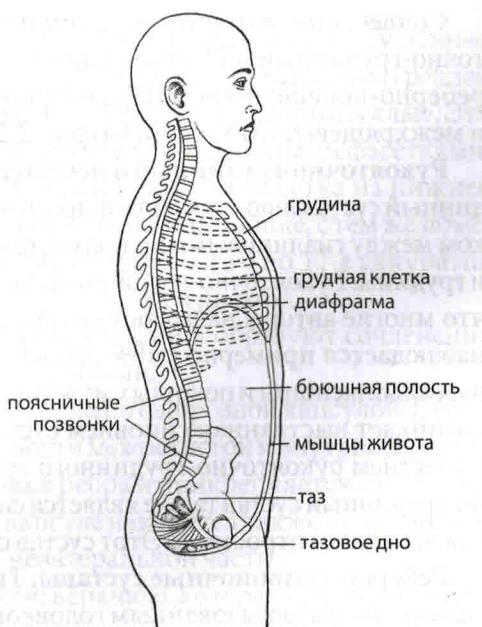


Рис. 2.1. Вентиляционный механизм человека

вентиляции и будет рассматриваться в данной главе. Будут также представлены примеры аномальной структуры и функций вентиляции, для иллюстрации того, как изменение условий и состояния может влиять на биомеханику вентиляционной системы.

2.2. ГРУДНАЯ КЛЕТКА

Грудная клетка состоит из 12 пар ребер, реберных хрящев, подвижных сегментов грудного отдела позвоночника и грудины. Ребра с 1-го по 7-го известны как истинные ребра, так как их хрящи прикрепляются непосредственно к грудине. Ребра с 8-го по 10-е крепятся к грудине через реберные хрящи, находящиеся над ними. Ребра 11-го и 12-е называются плавающими, поскольку креплений к грудине не имеют вообще. Сзади ребра сочленяются с телами и поперечными отростками грудных позвонков. Спереди ребра соединяются с грудиной посредством реберных хрящев. Грудина является костной пластиной, защищающей сердце, и состоит из рукоятки, тела и мечевидного отростка. Основная функция грудного отдела позвоночника, ребер и грудины — обеспечение защиты жизненно важных органов. Эта защитная роль подчеркивается ограниченной подвижностью грудного отдела позвоночника.

2.2.1. СОЧЛЕНЕНИЯ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Сочленения, которые составляют грудную клетку, включают в себя: рукояточно-грудинный (РГ), мечевидно-грудинный (МГ), реберно-позвоночные (РП), реберно-поперечные (РПП), реберно-хрящевые (РХ), хряще-грудинные (ХГ) и межхрящевые (МХ) суставы (рис. 2.2).

Рукояточно-грудинный и мечевидно-грудинный суставы. Рукояточно-грудинный сустав является синхондрозом, т.е. суставом с волоконно-хрящевым диском между гиалиновыми хрящами, покрывающими суставные концы рукоятки и грудины. Рукояточно-грудинный сустав настолько схож с лобковым симфизом, что многие авторы называют его грудинным симфизом. Окостенение сустава наблюдается примерно у 10% взрослых старшего возраста. Примерно у трети взрослых женщин и пожилых мужчин после резорбции центральной части диска возникает выстланная синовием суставная полость. Этот феномен связывали с участием рукояточно-грудинного сустава в ревматоидном артрите. Мечевидно-грудинный сустав также является синхондрозом, связывающим тело грудины с мечевидным отростком. Этот сустав обычно окостеневает к 40–50 годам.

Реберно-позвоночные суставы. Типичный РП сустав является синовиальным суставом, образованным головкой ребра, телами двух смежных позвонков и соответствующим межпозвоночным диском. Типичные РП суставы — это су-

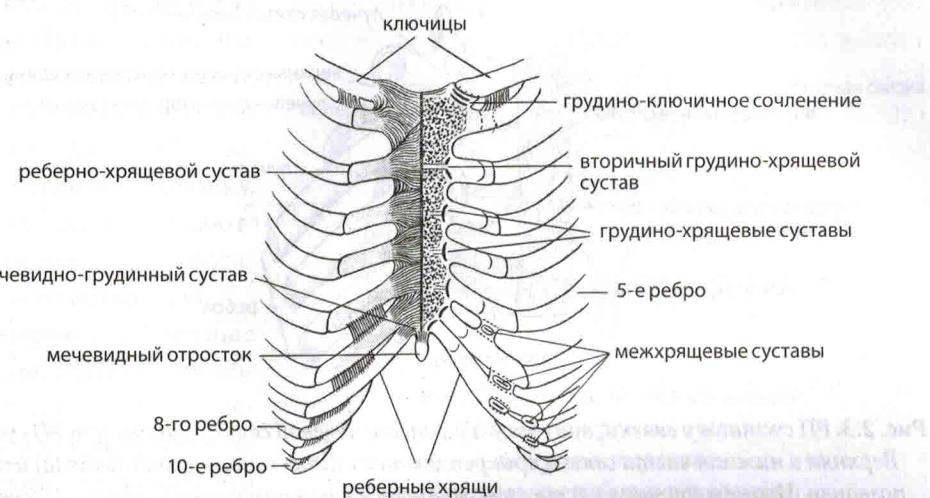


Рис. 2.2. Вид спереди на сочленения грудной клетки. Защитированная область указывает на реберные хрящи. Реберные хрящи соединяются с ребрами в РХ суставах. Реберные хрящи ребер с 1-го по 7-е образуют суставы с грудиной непосредственно, через хряще-грудинные суставы. Реберные хрящи ребер с 8-го по 10-е соединены с грудиной не напрямую, а через реберные хрящи смежного верхнего ребра в межхрящевых суставах. Межхрящевые суставы могут существовать также с 5-го по 9-е ребра. Рукояточно-грудинный сустав имеет волоконно-хрящевой диск между гиалиновым хрящом, покрывающим суставные поверхности рукоятки и грудины

ставы ребер со 2-го по 9-е. Головка каждого типичного ребра имеет две суставные фасетки, или т.н. полуфасетки, которые разделены гребнем, называемым гребнем головки. Реберные фасетки небольшие, овальной формы, слегка выпуклые. Эти полуфасетки называют верхней и нижней реберно-позвоночными фасетками.

Соответствующие фасетки есть у позвонков: верхняя фасетка на нижней части верхнего позвонка и нижняя фасетка на грудном позвонке, с тем же номером, как и ребро. Суставные фасетки головок ребер со 2-го по 10-е аккуратно входят в угол, образуемый позвоночными фасетками и диском.

1-е, 10-е, 11-е и 12-е ребра являются нетипичными и образуют сочленения только с соответствующими по номеру позвонками.

Все внешнее пространство РП сустава окружено фиброзной капсулой. Суставы со 2-го по 9-е ребра разделены на две полости межостистой и внутрисуставной связками. Эта связка идет от гребня головки ребра и прикрепляется к волокнистому кольцу межпозвоночного диска. В капсуле находится также лучевая связка с прочными прикреплениями к переднелатеральной части.

Лучевая связка (рис. 2.3) имеет три части: верхнюю, которая крепится к верхнему позвонку, промежуточную, которая крепится к межпозвоночному диску,

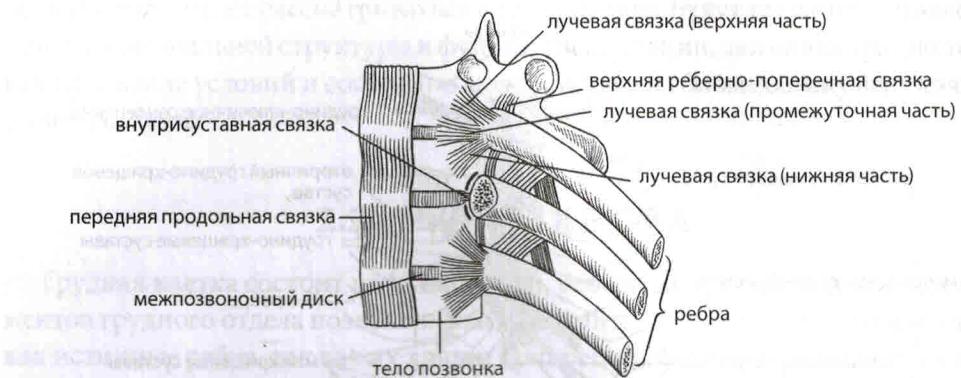


Рис. 2.3. РП суставы и связки, вид сбоку. Три части лучевой связки усиливают РП суставы. Верхняя и нижняя части связки прикрепляются к капсульной связке (удалена) и телу позвонка. Промежуточная часть прикрепляется к межпозвоночному диску. В середине рисунка РП сустав показан с удаленными лучевыми связками для демонстрации внутрисуставной связки, которая скрепляет головку ребра с суставным кольцом

и нижнюю, крепящуюся к нижнему позвонку. Сзади капсульная связка сливается с задней продольной связкой позвоночника.

Нетипичные РП суставы ребер 1-го и с 10-го по 12-е более подвижны, чем типичные РП суставы, так как они образуют прикрепления только к одному позвонку. Межкостная связка в этих суставах отсутствует, соответственно, они имеют только

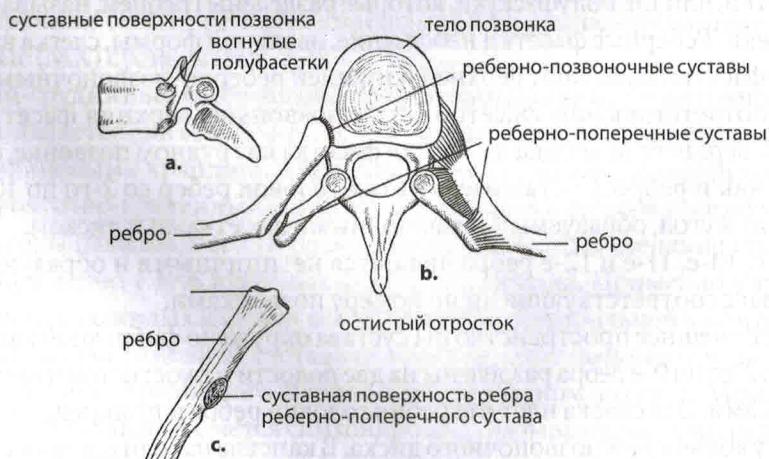


Рис. 2.4. РП и РПП суставы: а — вид сбоку грудного позвонка, показывающий суставные поверхности РП суставов; б — вид позвонка сверху, показывающий парные РП и РПП суставы. Капсулы и суставы слева удалены для демонстрации арочных поверхностей; с — суставные поверхности ребра

одну суставную поверхность. Лучевая связка в этих суставах присутствует и имеет верхнюю часть, которая прикрепляется к верхнему позвонку. В РП суставах совершаются движения — как ротации, так и скольжения.

Реберно-поперечные суставы. РПП сустав образован сочленением реберного бугра с реберной фасеткой на поперечном отростке соответствующего позвонка (рис. 2.4).

РПП суставы имеются на позвонках с T1 по T10 и с 1-го по 10-е ребрах. РПП — синовиальный сустав, окруженный тонкой фиброзной капсулой. Верхние РПП суставы имеют слегка вогнутые реберные фасетки и слегка выпуклые реберные бугры. Это обеспечивает легкую ротацию между данными сегментами. Начиная примерно с T7 и по T10 обе суставные поверхности становятся плоскими и в суставах преобладают движения скольжения.

Суставную капсулу РПП сустава поддерживают три основные связки: латеральная реберно-поперечная связка, реберно-поперечная связка и верхняя реберно-поперечная связка (рис. 2.5).

Латеральная реберно-поперечная связка — это короткая плотная лента, находящаяся между реберным бугром и кончиком соответствующего поперечного отростка. Реберно-поперечная связка состоит из коротких волокон, которые идут внутри реберно-поперечного отверстия между шейкой ребра сзади и поперечным отростком на этом же уровне. Верхняя реберно-поперечная связка идет от гребня шейки ребра к нижней границе краниального поперечного отростка.

Реберно-хрящевые (РХ) и хряще-грудинные суставы. Ребра с 1-го по 7-е спереди и снаружи сочленяются с реберными хрящами, образуя РХ суставы. РХ суставы являются синхондрозами, окруженными надкостницей. РХ суставы не имеют связочной поддержки.

Реберные хрящи спереди прикрепляются к грудине, образуя хряще-грудинные суставы. Реберные хрящи 1-го, 6-го и 7-го ребер прикрепляются к грудине посредством синхондроза. Хрящи ребер со 2-го по 5-е прикрепляются к грудине синовиальным суставом. Капсулы продолжаются в надкостницу и поддерживают соединение хрящей ребер с 1-го по 7-е в целом. Связочная поддержка капсулы вклю-

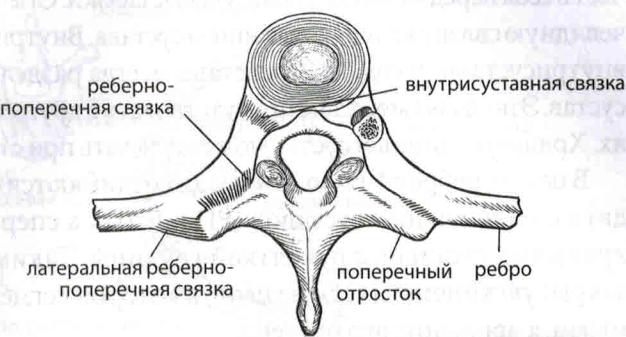


Рис. 2.5. Связки, поддерживающие реберно-поперечный сустав:
реберно-поперечная;
латеральная реберно-поперечная;
межостистая

чает в себя переднюю и заднюю лучевые связки. Grieve также описывает реберно-мечевидную связку хряще-грудинного сустава. Внутрисуставная связка, аналогичная внутрисуставной связке РП сустава, всегда разделяет второй хряще-грудинный сустав. Эта связка может не присутствовать в других хряще-грудинных соединениях. Хряще-грудинный сустав может исчезать при старении.

В целом, ребра с 1-го по 10-е сзади соединяются с позвоночником при помощи двух синовиальных суставов (РП и РПП), а спереди — при помощи реберно-хрящевых суставов с рукояткой грудины. Таким образом, суставы образуют закрытую кинематическую цепь, в которой сегменты являются взаимозависимыми, а движение ограничено.

11-е и 12-е ребра образуют открытую кинематическую цепь, движение в которой ограничено в меньшей степени.

Межхрящевые суставы. Реберные хрящи с 6-го по 10-е (иногда — по 11-е) сочленяются с хрящом, находящимся непосредственно над ними. Для ребер с 8-го по 10-е это соединение образует единственную связь с грудиной, хоть и не-прямую (см. рис. 2.2).

Межхрящевые суставы являются синовиальными и поддерживаются капсульной и межхрящевой связками. Межхрящевые сочленения, такие как хряще-грудинные суставы, имеют тенденцию к фиброзу и застарению в пожилом возрасте.

2.2.2. КИНЕМАТИКА РЕБЕР И ГРУДИНЫ

Движение ребер представляет собой удивительное сочетание сложной геометрии, которым управляют типы и углы сочленений, движение рукоятки грудины и упругое взаимодействие реберных хрящей. В отношении механизмов и типов движений, которые наблюдаются в каждом из ребер, существует определенное противоречие, связанное с осями движений РП и РПП суставов.

В целом, исследователи согласны друг с другом относительно структуры и движения первого ребра. Первый реберный хрящ тверже остальных. Кроме того, первый хряще-грудинный сустав является хрящевым, а не синовиальным, и таким образом жестко крепится к рукоятке грудины и позволяет выполнять лишь очень малое движение.

Первое ребро в РП суставе соединяется при помощи только одной фасетки, что увеличивает подвижность этого сустава. Во время вдоха первое ребро поднимается, двигаясь кверху и кзади в РП суставе.

Основное противоречие, связанное с движением ребер, касается типов движений РП суставов и того, могут ли ребра смещаться во время вдоха/выдоха.

Karandji с соавторами полагают, что РП и РПП суставы механически склеены с одной осью, проходящей через центр обоих суставов.

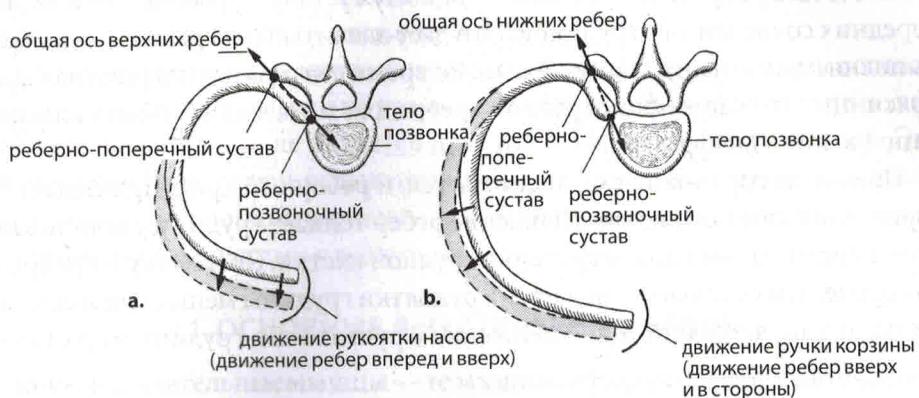


Рис. 2.6. Оси и движения: а — стрелка представляет собой общую ось движения для верхних ребер. Она находится близко к фронтальной плоскости и проходит через центры РП и РПП суставов. Верхние ребра движутся вверх и вперед в движении рукоятки насоса; б — ось для нижних ребер лежит ближе к сагиттальной плоскости. Движение этих ребер вверх и в стороны называют движением ручки корзины

Sauvage возражает: ребро является твердым и не может вращаться по одной фиксированной оси, его движение — это, скорее, серия последовательных вращений по смещающейся оси. Функциональная релевантность этого противоречия ясна еще менее.

Если следовать более популярной теории, то ось движения ребер с 1-го по 10-е является общей и проходит через центр РП и РПП суставов. Эта ось находится рядом с фронтальной плоскостью для верхних ребер и почти в сагиттальной плоскости для нижних ребер (рис. 2.6).

Ось движения 11-го и 12-го ребер проходит только через РП сустав, так как РПП суставы отсутствуют.

Во время вдоха ребра поднимаются. Когда подъем происходит в верхних ребрах, он вызывает движение, стимулирующее рукоятку насоса, что связано с нахождением оси почти во фронтальной плоскости. Большая часть реберного движения происходит в переднем конце ребра. Движение рукоятки насоса при подъеме увеличивает переднезадний диаметр грудной клетки.

При подъеме нижних ребер их движение стимулирует движение ручки ведра, поскольку ось движения находится почти в сагиттальной плоскости. Большинство движений нижних ребер выполняется в латеральном аспекте. Движение по типу ручки ведра увеличивает поперечный диаметр грудной клетки в нижних ребрах.

Имеется постепенное смещение ориентации осей движения при движении сверху вниз, таким образом, промежуточные ребра демонстрируют свойства движений обоих типов (см. рис. 2.6).

11-е и 12-е ребра имеют только по одному суставу с позвонками и не имеют передних сочленений с грудиной. Это дает значительные различия движений, выполняемых этими двумя ребрами. Во время вентиляции квадратная мышца поясницы опускает и фиксирует эти ребра для того, чтобы создать адекватное напряжение в диафрагме.

При вдохе грудина также поднимается, и реберный хрящ принимает более горизонтальное положение. Движение ребер толкает грудину, увеличивая при этом переднезадний диаметр стенки грудной клетки. Поскольку 1-е ребро много короче, чем остальные, экскурсия рукоятки грудины меньше, чем самой грудины, что является причиной движения в рукояточно-грудинном суставе.

2.3. МЫШЦЫ, СВЯЗАННЫЕ С ГРУДНОЙ КЛЕТКОЙ

Мышцы, которые действуют на грудную клетку, обычно называют дыхательными мышцами (рис. 2.7).

Дыхательные мышцы — это поперечнополосатые скелетные мышцы, которые несколько отличаются от других скелетных мышц. Они имеют большую сопротивляемость к утомлению и высокую окислительную способность; ритмически сокращаются в течение всей жизни, причем это сокращение не является эпизодическим.

Работа дыхательных мышц направлена преимущественно на преодоление эластических свойств (сопротивления) легких и сопротивления дыхательных путей, но не силы тяжести. Управление этими мышцами является как произвольным, так и непроизвольным; в конечном счете, эти мышцы отвечают за поддержание жизни.

Все мышцы, имеющие прикрепления к стенке грудной клетки, потенциально могут способствовать вентиляции. Вовлечение мышц в процесс вентиляции связано с типом дыхания. При дыхании, наблюдаемом в состоянии покоя, для вентиляции требуются только основные дыхательные мышцы. При активном или форсированном дыхании, которое наблюдается во время выполнения физической нагрузки или при легочных патологиях, в процесс вовлекаются вспо-



Рис. 2.7. Дыхательные мышцы

могательные мышцы — как вдоха, так и выдоха, что позволяет отвечать повышенным потребностям в вентиляции.

Наиболее точное разделение дыхательных мышц — на основные и вспомогательные. Деятельность мышц во время цикла вентиляции, особенно действия вспомогательных мышц, не является простой и абсолютно достоверной. Это делает попытки категоризации дыхательных мышц, в частности, только на мышцы вдоха и выдоха (еще один вариант — инспираторные и экспираторные мышцы), неточными и ведущими к заблуждениям.

2.3.1. ОСНОВНЫЕ ДЫХАТЕЛЬНЫЕ МЫШЦЫ

Основные дыхательные мышцы — те мышцы, которые обязательно участвуют в процессе спокойного дыхания. Они включают в себя диафрагму, межреберные мышцы и лестничные мышцы. Все эти мышцы действуют на грудную клетку с целью обеспечить вдох. Основных экспираторных мышц нет, так как выдох в состоянии покоя является пассивным.

Диафрагма является основной дыхательной мышцей, на которую приходится примерно от 70 до 80% вдоха при спокойном дыхании. Диафрагма представляет собой круглый комплекс мышечных волокон, которые начинаются от реберных хрящей грудины и тел позвонков и идут кверху, входя в центральное сухожилие. Латеральные листки центрального сухожилия, имеющего форму бумеранга, образуют верхушки куполов правой и левой полудиафрагм (рис. 2.8), которые получают иннервацию и кровоснабжение из правого и левого источников соответственно.

Иннервация идет от правого и левого диафрагмальных нервов. Кровоснабжение поступает от правой и левой внутренних мамиллярных артерий и от

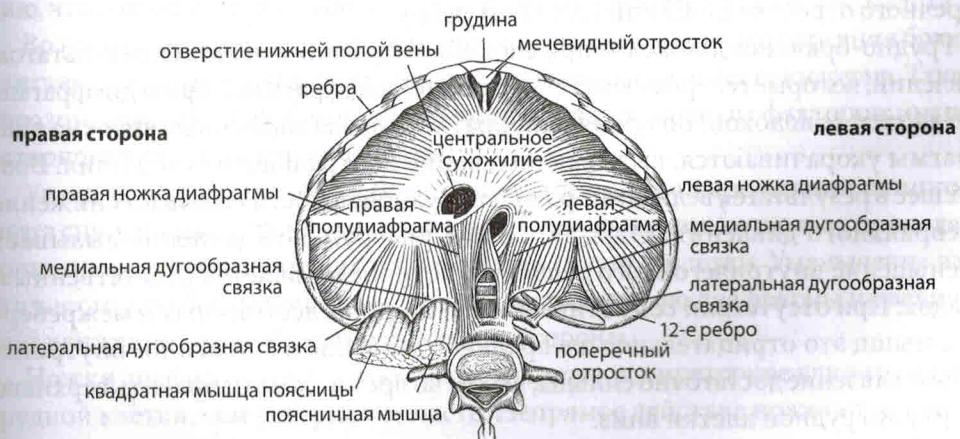


Рис. 2.8. Диафрагма. Вид на купол снизу. Мышицы (квадратная мышца поясницы и большая поясничная мышца) слева удалены, чтобы были видны прикрепления средней и латеральной дугообразных связок к поперечному отростку

Глубокая инфрапателлярная сумка, которая находится между надколенниковой связкой и бугристостью большой берцовой кости, отделена от синовиальной полости сустава инфрапателлярной жировой подушки. Глубокая инфрапателлярная сумка помогает уменьшить трение между надколенниковой связкой и бугристостью большой берцовой кости.

Есть также несколько небольших сумок, которые связаны со связками коленного сустава. Обычно существует сумка между ЛКС и сухожилием двуглавой мышцы бедра и между ЛКС и подколенной мышцей. Также есть сумка, расположенная глубже МКС и защищающая ее от большеберцового мышцелка, и есть сумка, расположенная поверхностью к МКС, защищающая ее от сухожилий полууперончатой и нежной мышц, которые пересекают МКС.

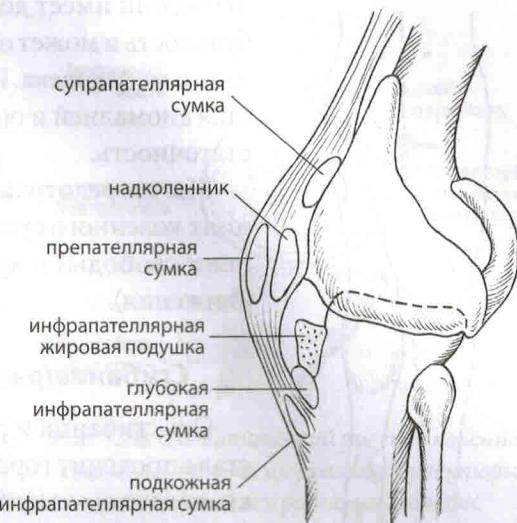


Рис. 7.18. Препателлярная сумка, глубокая инфрапателлярная сумка и подкожная инфрапателлярная сумка находятся отдельно от полости сустава

7.2. ФУНКЦИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

7.2.1. ДВИЖЕНИЯ В КОЛЕННОМ СУСТАВЕ

Основные движения коленного сустава — сгибание и разгибание и, в меньшей степени, медиальная и латеральная ротация. Эти движения выполняются по меняющимся, но легко определяемым осям и работают на поддержание веса нижней конечностью.

В коленном суставе может также происходить переднее или заднее смещение большой берцовой или бедренной кости и некоторое отведение и приведение в результате воздействия варусных или вальгусных сил.

Однако эти движения обычно не считаются частью функции сустава; они, скорее, часть компромисса между подвижностью и стабильностью.

Небольшие количества переднезаднего смещения и варуса/вальгуса, которые можно наблюдать в нормальном согнутом коленном суставе, являются результатом неконгруэнтности сустава и различий в упругости связок. Величина таких

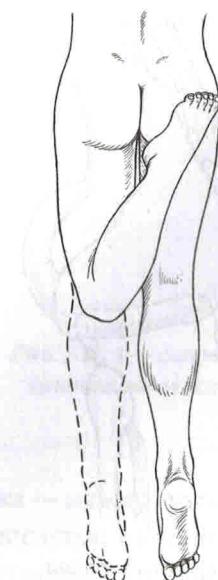


Рис. 7.19. Большая берцовая кость при разгибании идет чуть латеральнее бедренной кости, а при сгибании занимает слегка медиальное положение

движений имеет достаточную индивидуальную вариабельность и может отличаться по направлениям у одного и того же человека. Избыточность таких движений является аномалией и обычно указывает на связочную недостаточность.

Мы сосредоточим внимание на нормальных движениях коленного сустава, включая остеокинематику (степени свободы) и артрокинематику (внутрисуставные движения).

Сгибание/разгибание в остеокинематике

Ось сгибания и разгибания в тибиофеморальном суставе проходит горизонтально через бедренные мышцы, под углом к механической и анатомической осям.

Угол наклона оси (меньше с медиальной стороны сустава) похож на тот, что мы встречали в локтевом суставе. Он ставит большую берцовую кость в чуть латеральную позицию относительно бедренной кости при полном разгибании и в чуть медиальную при полном сгибании (рис. 7.19).

Однако в отличие от локтя ось движения при сгибании и разгибании колена не является относительно фиксированной; при прохождении всей АД она значительно сдвигается.

Мгновенная ось ротации для каждой точки АД коленного сустава обнаруживается на последовательных рентгеновских снимках, после чего можно сделать график траектории таких последовательных центров. Траектория мгновенной оси ротации тибиофеморального сустава при сгибании и разгибании образует полукруг, двигающийся назад и вверх на бедренных мышцах по мере увеличения сгибания (рис. 7.20).

Так как многие связанные с коленным суставом мышцы являются двухсуставными, пересекающими как тазобедренный сустав, так и коленный, положение тазобедренного сустава может влиять на АД колена.

Диапазон пассивного сгибания колена обычно составляет 130–140°.

Сгибание колена может быть ограничено до 120° и меньше, если тазобедренный сустав одновременно находится в гиперразгибании, и растянутая прямая мышца бедра становится пассивно недостаточной.

Во время приседания сгибание колена может достигать 160°, так как тазобедренный и коленный суставы сгибаются одновременно, и вес тела действует на сустав сверху.

Обычная ходьба по ровной поверхности требует сгибания коленного сустава примерно на 60° .

При подъеме по лестнице требования возрастают до 80° , а при усаживании на стул или вставании с него уже требуются 90° и более.

Действия, выходящие за пределы простейших двигательных задач, требуют сгибания колена на 115° и больше.

Разгибание сустава до $5-10^\circ$ (гиперразгибание) считается нормальным. Превышение этих значений называется рекурвацией колена.

Когда вес приходится на нижнюю конечность, и колено является частью закрытой кинематической цепи, ограничения амплитуды голеностопного сустава могут создавать ограничения сгибания или разгибания коленного сустава.

Например, ограничение тыльного сгибания голеностопного сустава (из-за зажатых подошвенных сгибателей) может помешать сгибанию колена, а ограничение подошвенно-го сгибания (из-за зажатых тыльных сгибателей) может ограничить способность колена к полному разгибанию.

Если голеностопный сустав фиксирован в положении, показанном на рис. 7.21, колено будет неспособно ни к сгибанию, ни к разгибанию без отрыва части или всей стопы от опоры.

Ротация коленного сустава происходит двумя разными способами, которые весьма различаются как по структуре, так и по функции.

Осевая ротация обеспечивает вторую степень свободы большеберцово-бедренного сустава. В качестве альтернативы существует еще ротация сустава, участвующая в механизме запирания коленного сустава и называемая *терминальной* или *автоматической ротацией*.

Ротация, связанная с механизмом запирания, возникает при плотной упаковке коленного сустава

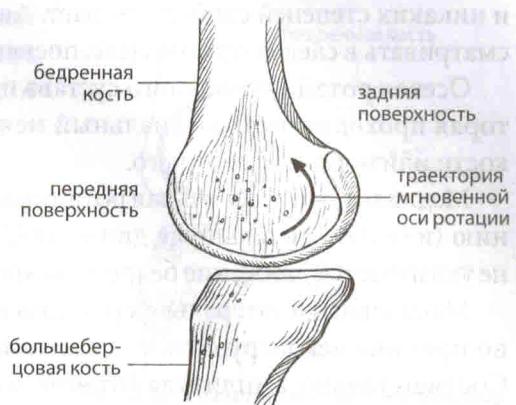


Рис. 7.20. Схематический рисунок коленного сустава. Стрелками указана траектория мгновенной оси ротации сустава, движущегося от разгибания в сгибание

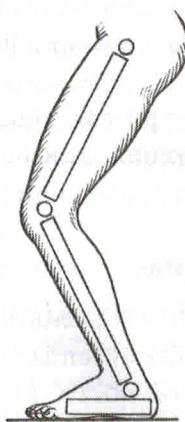


Рис. 7.21. Если голеностопный сустав находится в состоянии тыльного сгибания, то сгибание и разгибание колена не происходит без полного или частичного отрыва стопы от опоры

и никаких степеней свободы не дает. Автоматическую ротацию мы будем рассматривать в следующем разделе, посвященном артрокинематике сустава.

Осевая ротация коленного сустава происходит вокруг продольной оси, которая проходит через медиальный межмыщелковый бугор большеберцовой кости или поблизости от него.

Медиальная и латеральная ротация коленного сустава именуются по движению (или относительному движению) большеберцовой кости (если только не указывается движение бедренной кости).

Медиальная и латеральная ротация при осевой ротации могут происходить по причине неконгруэнтности сустава и расслабления связочного аппарата. Соответственно, амплитуда ротации коленного сустава зависит от положения колена.

Если колено полностью разогнуто, оно находится в положении «плотной упаковки» (блокировки или запирания), и связки натянуты; при этом осевая ротация невозможна. Бугорки большеберцовой кости находятся в межмыщелковой вырезке, а мениски плотно зажаты между суставными поверхностями.

При увеличивающемся до 90° сгибании колена капсула и связки расслабляются. Бугорки большеберцовой кости выходят из межмыщелковой вырезки, и мыщелки большеберцовой и бедренной кости начинают свободно перемещаться относительно друг друга.

При сгибании колена под прямым углом возможна как активная, так и пассивная ротация примерно на 60–70°. Амплитуда латеральной ротации (0–40°) чуть больше, чем амплитуда медиальной ротации (0–30°).

Максимальная амплитуда осевой ротации наблюдается при сгибании колена на 90°, причем величина ее уменьшается по мере приближения как к полному разгибанию, так и к полному сгибанию.

Сгибание/разгибание в артрокинематике

Большая суставная поверхность бедренной кости и довольно маленький мыщелок большеберцовой кости создают потенциальную проблему, когда бедренная кость начинает идти в сгибание по большеберцовой кости. Если бы мыщелки бедренной кости могли скатываться назад по большеберцовому мыщелку, то бедренная кость соскочила бы с большеберцовой раньше, чем произошло бы хоть сколько-нибудь значимое сгибание. Результатом было бы ограничение сгибания или соскачивание бедренной кости с большеберцовой (рис. 7.22).

Для того чтобы мыщелки бедренной кости продолжали качение при увеличивающемся сгибании бедренной кости, мыщелки должны одновременно скольз-

зить вперед по мыщелку большеберцовой кости, предотвращая свое соскачивание назад с мыщелка большеберцовой кости (рис. 7.23, а).

Первая часть сгибания бедренной кости из положения полного разгибания ($0-25^\circ$) — это, прежде всего, качение мыщелков бедренной кости по большеберцовой кости, при котором контакт мыщелков бедренной кости смещается кзади по мыщелку большеберцовой кости.

По мере продолжения сгибания качение сопровождается одновременным скольжением вперед, вполне достаточным для создания почти чистого вращения бедренной кости вокруг продольной оси на задней части большеберцовой кости; то есть величина смещения назад, происходящего при качении мыщелков, нивелируется величиной скольжения вперед, результатом чего является линейное смещение мыщелков бедренной кости после 25° сгибания.

Скольжение мыщелков бедренной кости вперед частично является результатом напряжения, возникающего в ПКС при качении бедренной кости назад по мыщелку большеберцовой кости.

Скольжение может облегчаться и за счет менисков, клинообразная форма которых заставляет мыщелок бедренной кости при сгибании колена катиться «в гору».

Как показано на рис. 7.24, косо направленная сила клиновидного мениска (мениск — бедренная кость) создает на ней переднее смещение среза (см. срез 1).

Аналогично, косо направленная сила реакции «бедренная кость — мениск» (БМ) также создает компонент среза (см. срез 2), который заставляет мениски смещаться назад по мыщелку большеберцовой кости.

В результате мениски сопровождают мыщелки бедренной кости при их движе-

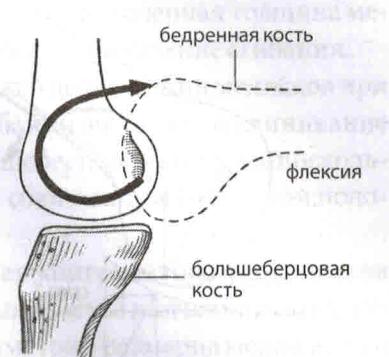


Рис. 7.22. Схематическое изображение чистого качения мыщелков бедренной кости по фиксированной большеберцовой кости показывает, как бедренная кость «скатывается» с большеберцовой

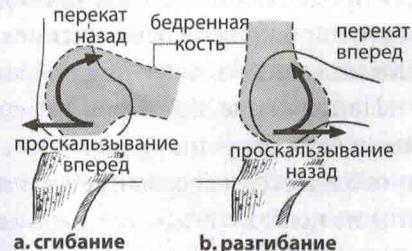


Рис. 7.23. а — схематическое представление качения и скольжения мыщелков бедренной кости по фиксированной большеберцовой кости.

Мышелки бедренной кости перекатываются назад и одновременно проскальзывают вперед; **б** — движение мыщелков бедренной кости во время разгибания. Мышелки перекатываются вперед с одновременным проскальзыванием назад