

РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОЛЕННОГО СУСТАВА



СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

Анатомия

Костная система
Анатомия связок
Подвижность сустава
Рост и развитие

Рутинное рентгенологическое исследование

Практическое руководство по рентгенографии коленного сустава у взрослых и детей
Основные проекции и данные рентгенологического наблюдения

Рутинная рентгенологическая оценка коленного сустава
Дополнительные проекции относящиеся к коленному суставу

Травма коленного сустава

Диагностическая визуализация при травме коленного сустава
Переломы
Подвывихи надколенно-бедренного сустава
Повреждения суставного хряща
Разрывы мениска

Повреждения связок

Дегенеративное заболевание суставов (ДЗС)

Рентгенологическая оценка
Локализация ДЗС
Лечение

Аномалии коленного сустава

Genu valgum
Genu varum
Genu recurvatum

Краткое изложение ключевых вопросов

Примеры клинических случаев

Коленный сустав чаще, чем какой-либо другой сустав тела подвергается клиническим исследованиям и становится предметом научных изысканий.¹ Одной из причин является чрезвычайно большое количество пациентов с нарушениями в этой области — более 1,3 млн ежегодных поступлений в отделения неотложной помощи в США связаны с травмами колена.²

Сложная артрокинематика коленного сустава допускает сочетание высокой стабильности со значительной мобильностью.²

Такое механическое соотношение обеспечивает коленный сустав способностью выдерживать значительные нагрузки и распределять нагрузку, сохраняя свободную походку. Однако уникальная анатомия коленного сустава вкупе с положением между двумя самыми длинными костями, делает его уязвимым к различным повреждениям, травмам и патологическим изменениям.

Коленный сустав хорошо визуализируется при рутинной рентгенографии. Большинство переломов, а также заболеваний нетравматического характера выявляются и адекватно оцениваются по обычным рентгенограммам.

Внутрисуставные нарушения и прочие патологические изменения мягких тканей обычно лучше визуализируются при МРТ.

Анатомия^{3–10}

Костная система

Коленный или бедренно-большеберцовый сустав формируется сочленением мыщелков бедренной кости с проксимальным концом большеберцовой кости. Адаптивная конгруэнтность суставной поверхности обеспечивается менисками. С коленным суставом связан надколенно-бедренный сустав (сочленение переднего отдела бедренной кости и надколенника) и межберцовый сустав (сочленение латеральной поверхности большеберцовой кости и головки малоберцовой кости) (рис. 13-1 и 13-2).

Дистальная часть бедренной кости

На дистальном сегменте бедренной кости находятся медиальный и латеральный мыщелки, разделенные спереди блоковидным углублением или межмыщелковой бороздой.

Сзади мыщелки бедренной кости разделяются глубокой межмыщелковой ямкой. Медиальный и латеральный надмыщелки являются возвышениями проксимальнее мыщелков и служат местом прикрепления мышц.

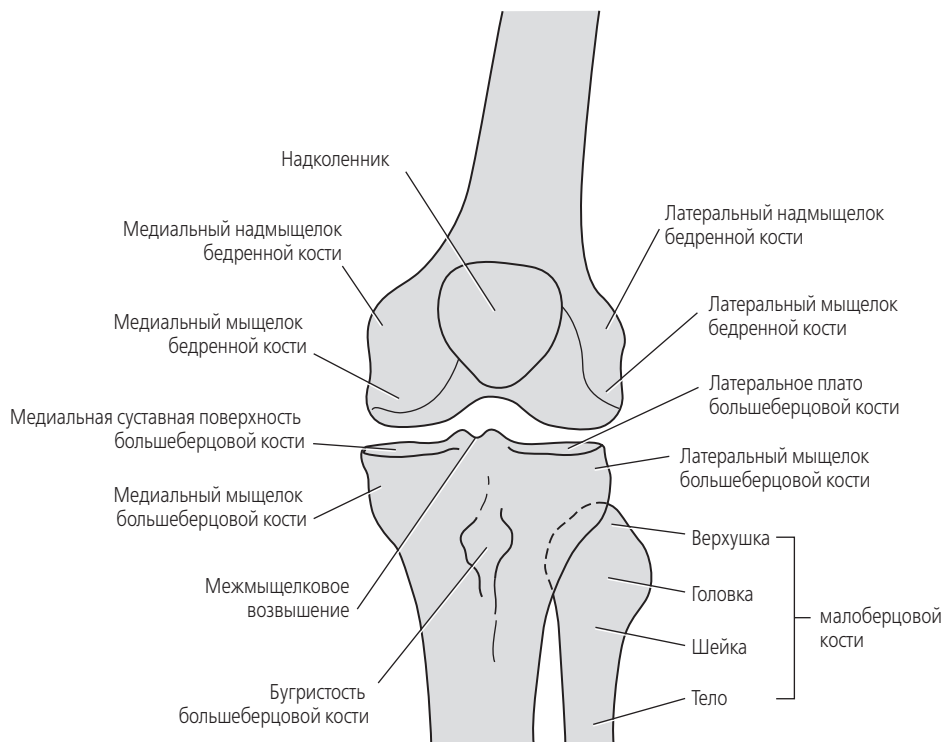


Рисунок 13-1 Коленный сустав, передняя поверхность.

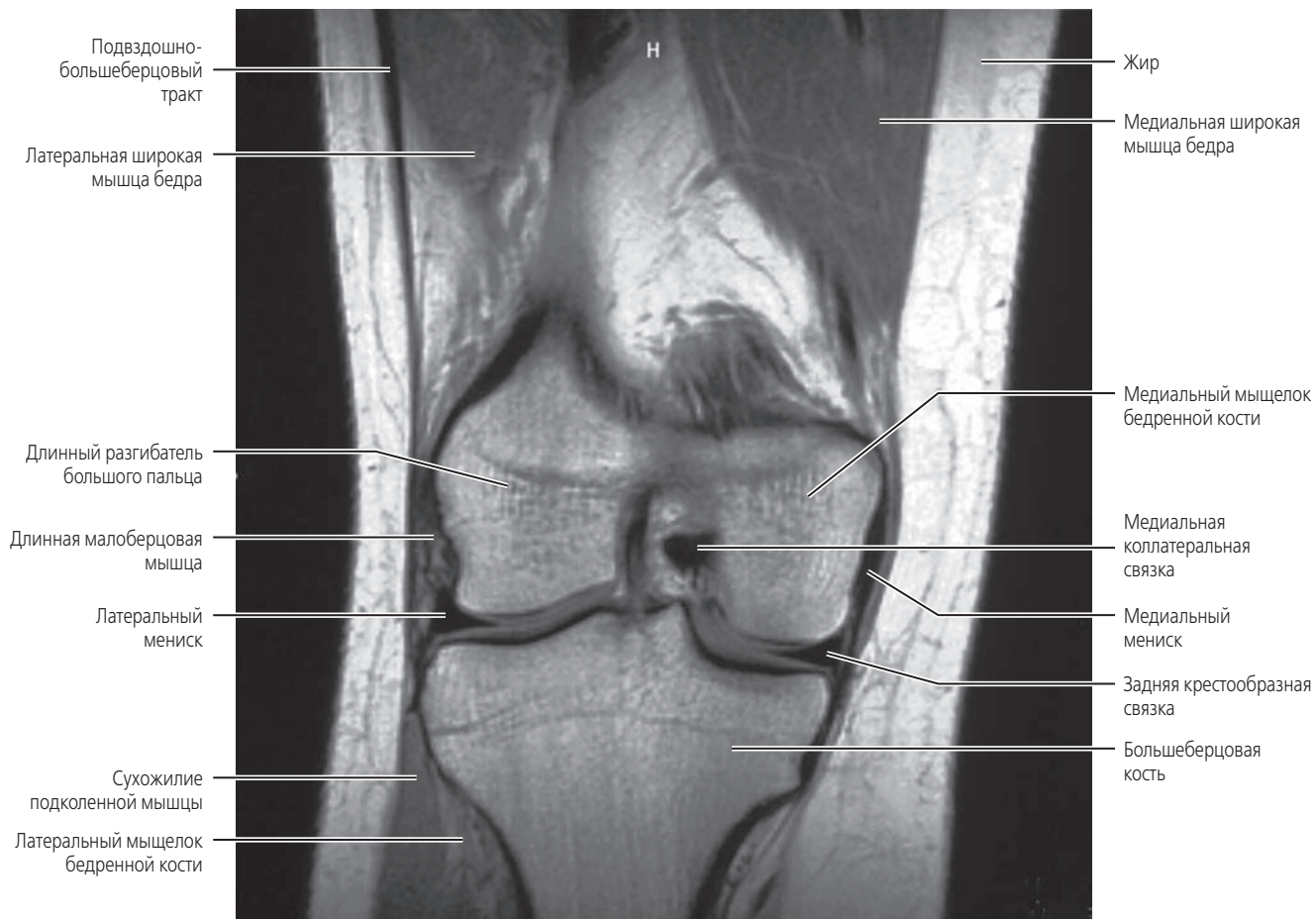


Рисунок 13-2 Коронарная МРТ коленного сустава в режиме T1 (снимок <http://www.medcyclopaedia.com> by GE Healthcare).

Надколенник

Надколенник — большая сесамовидная кость, расположенная в сухожилии четырехглавой мышцы бедра. Гладкая суставная поверхность имеет множество фасеток для эффективного механизма распределения нагрузки во время движений в блоковидном углублении. Наружная передняя поверхность выпуклая и шероховатая. Широкая верхняя поверхность является основанием, нижняя поверхность — вершиной надколенника.

Проксимальная часть большеберцовой кости

Проксимальная часть большеберцовой кости имеет медиальный и латеральный мыщелки, формирующие сверху расширяющуюся суставную поверхность — верхнюю суставную поверхность (плато) большеберцовой кости. Между мыщелками на плато расположено межмыщелковое возвышение или бугристость большеберцовой кости, состоящая из двух небольших возвышений с вершинами межмыщелковых бугорков. Латеральный мыщелок имеет фасетку на задненижней поверхности для сочленения с головкой малоберцовой кости. На срединной линии передней стороны проксимальной части большеберцовой кости, чуть дистальнее мыщелков, находится бугристость большеберцовой кости, возвышение, служащее дистальным местом прикрепления связки надколенника. Дистальнее этой точки идет гребень большеберцовой кости. Этот острый выступ представляет переднюю поверхность диафиза большеберцовой кости, доходя до медиальной лодыжки.

Малоберцовая кость

Малоберцовая кость является не несущей нагрузки весом костью нижней конечности. Проксимальный ко-

нец является головкой, сочленяющейся с большеберцовой костью. Верхний кончик головки — верхушка или шиловидный отросток. Клиновидная область ниже головки — шейка малоберцовой кости. Длинный тонкий диафиз малоберцовой кости заканчивается дистально латеральной лодыжкой.

Анатомия связок

У коленного сустава четыре стабилизирующих связки (рис. 13-3): медиальная коллатеральная, латеральная коллатеральная, передняя и задняя крестообразные связки. Дополнительная стабильность обеспечивается другими разнообразными малыми связками и комплексами мышц.

Медиальная коллатеральная или большеберцовая связка начинается от медиального надмыщелка бедренной кости и идет до медиального мыщелка и медиальной поверхности большеберцовой кости. Волокна медиальной коллатеральной связки соединяются с капсулой сустава и медиальным мениском. Медиальная коллатеральная связка — основной стабилизатор при вальгусной нагрузке во время сгибания или разгибания.

Латеральная коллатеральная или малоберцовая связка коленного сустава отходит от латерального надмыщелка бедренной кости и идет к головке малоберцовой кости. Эта связка внесуставная, она не сливается с суставной капсулой или латеральным мениском. Она играет роль в защите коленного сустава от варусной нагрузки.

Передняя крестообразная связка идет от несуставной части плато большеберцовой кости почти вперед и от межмыщелкового возвышения и проходит к задней медиальной части латерального мыщелка бедренной кости. Передняя крестообразная связка находится целиком вне

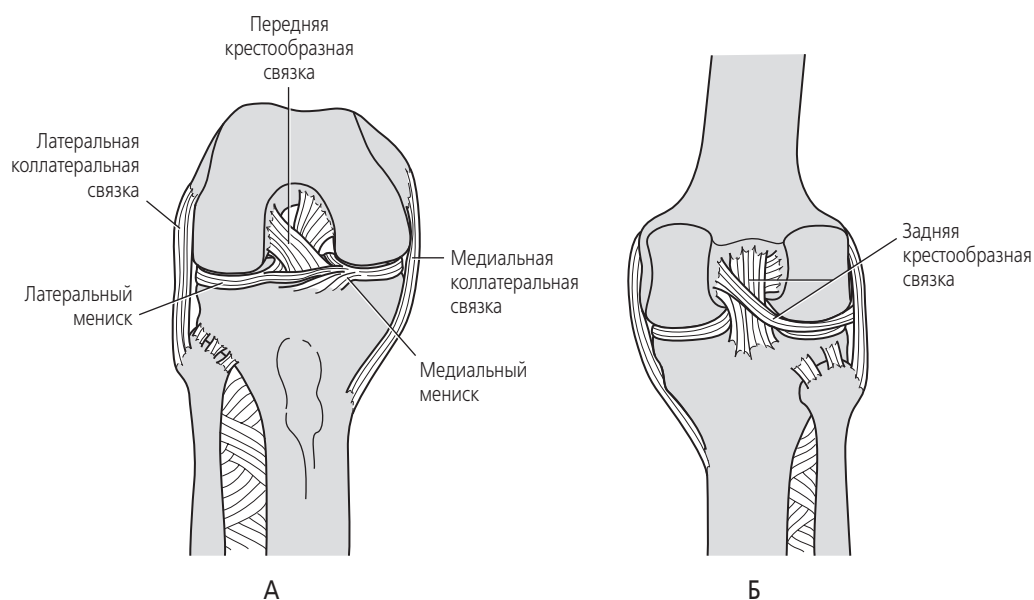


Рисунок 13-3 Большие связки коленного сустава: вид спереди (А) и сзади (Б).

капсулы сустава, но является экстрасиновиальной. Функция заключается в первичном удержании от переднего смещения большеберцовой кости.

Задняя крестообразная связка также экстрасиновиальная, но находится в капсуле сустава. Она начинается позади межмышечкового возвышения и проходит к латеральной части медиального мыщелка бедренной кости. Она служит пассивным стабилизатором от возможного заднего смещения большеберцовой кости.

Связка надколенника, определяемая также и как сухожилие надколенника, идет от верхушки надколенника к бугристости большеберцовой кости (рис. 13-4). Связка надколенника может рассматриваться в качестве продолжения общего сухожилия мышечной группы четырехглавой мышцы.

Подвижность сустава

Функции коленного сустава в качестве специфического шарнирного сочленения заключаются в передаче широкого диапазона движений сгибания и разгибания в сагиттальной плоскости. Имеется дополнительная ротационная подвижность в поперечной плоскости.

Остеокинематика бедренно-большеберцового отдела

Показатели нормы для амплитуды активных движений составляют от 0° разгибания или 10° гиперэкстензии до 145° сгибания. Ротация большеберцовой кости возможна до 45° в медиальном и латеральном направлениях в положении сгибания.

Приведение и отведение во фронтальной плоскости сходным образом определяются объемом сгибания сустава, достигающим только нескольких градусов каждый раз, когда колено сгибается в диапазоне от 0 до 30°.

Артрокинематика бедренно-большеберцового отдела

Артрокинематика этого сочленения определяется ортопедическим правилом для выпукло-вогнутых поверхностей. Это означает, что движения сгибания и разгибания колена происходят путем комбинированного вращения и скольжения выпуклой бедренной поверхности относительно вогнутой большеберцовой. Специфическое участие суставных поверхностей зависит от того, функционирует ли сустав в замкнутой или разомкнутой кине-

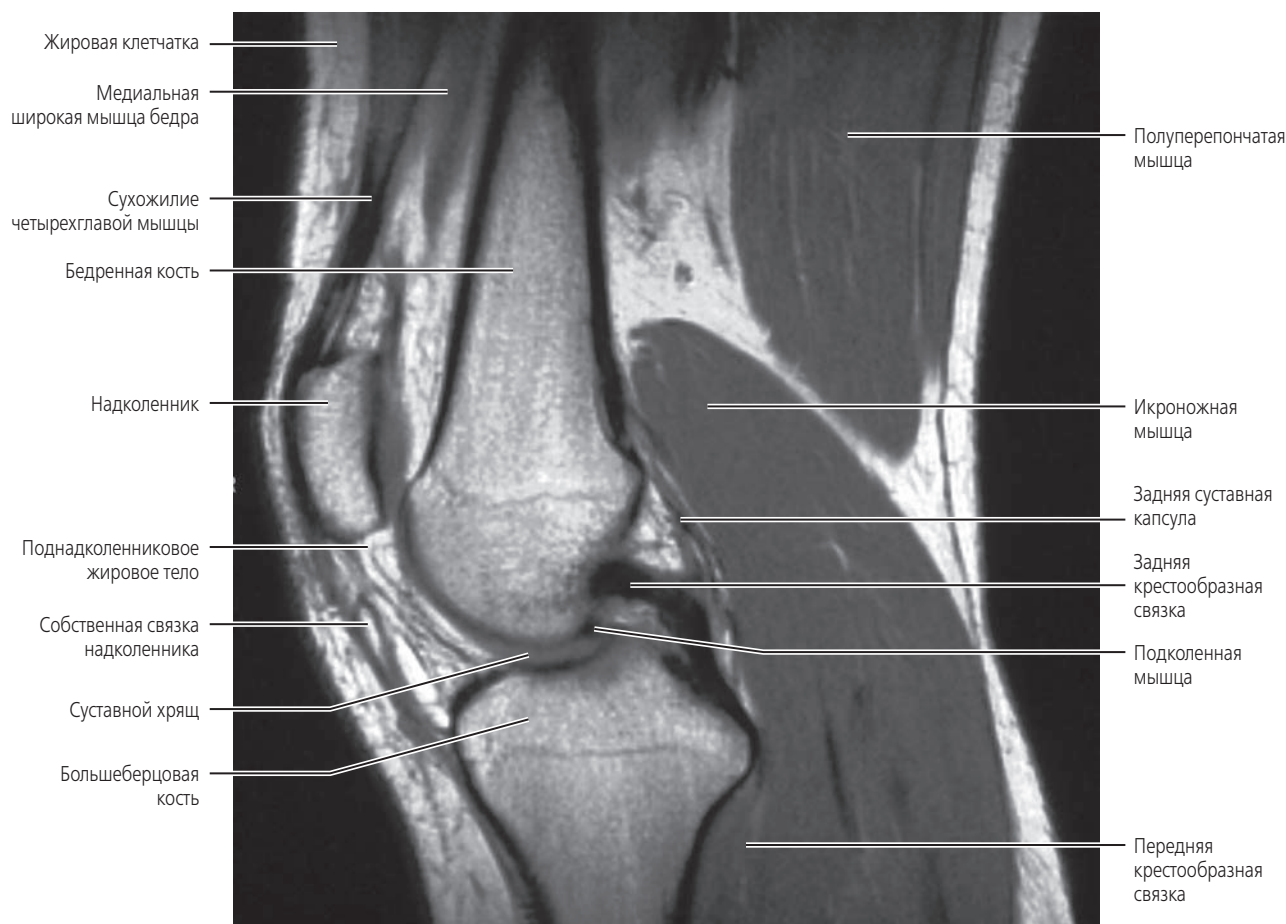


Рисунок 13-4 Сагиттальная МРТ коленного сустава в режиме T1. Надколенник расположен в сухожилии четырехглавой мышцы. Дистальное продолжение сухожилия четырехглавой мышцы — связка надколенника (снимок <http://www.medcyclopaedia.com> by GE Healthcare).

тической цепочке или же происходит сгибание или разгибание.

Биомеханика надколенно-бедренного сустава

Надколенно-бедренный сустав функционирует как седловидный сустав. Основным движением является скольжение или сопровождение движения вдоль блоковидной борозды. При разгибании колена надколенник расположен на верхнем конце блоковидной борозды, а во время сгибания следует или скользит каудальнее в борозду. Надколенник смещается в дистальном направлении примерно на 7 см от полного выпрямления колена до сгибания. И медиальная и латеральная фасетки надколенника контактируют с бедренной костью при разгибании и на 90° при сгибании. При превышении 90° надколенник ротируется или наклоняется и сохраняет контакт лишь с медиальным мыщелком бедренной кости. При полном сгибании колена надколенник находится глубоко в межблоковом углублении.

Q-угол

Механика надколенно-бедренного сустава прямо или косвенно опосредуется тягой четырехглавой мышцы надколенника.

Угол тяги четырехглавой мышцы, Q-угол, может измениться в проксимальном направлении поворотом тазобедренного сустава или в дистальном при движении стопы. Угол Q определяется по пересечению линии тяги четырехглавой мышцы с линией, соединяющей центр надколенника с центром бугристости большеберцовой кости (рис. 13-5). В норме он составляет примерно 10° , больший угол может указывать на предрасположенность к неадекватной тяге надколенника и возникающей в результате этого нестабильности. Сам по себе надколенник служит для увеличения рычага силы четырехглавой мышцы и способствует распространению сжимающего усилия бедренной кости. Неадекватная механика надколенно-бедренного сустава может вызывать болезненные состояния и функциональные нарушения коленного сустава.

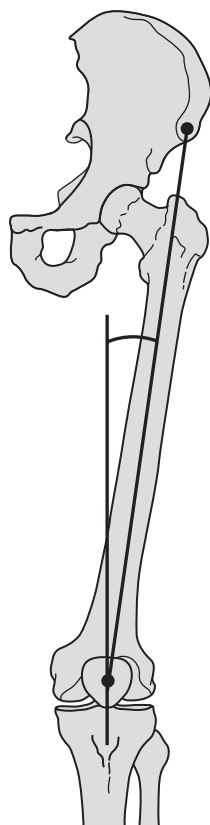


Рисунок 13-5 Направление тяги четырехглавой мышцы по отношению к надколеннику описывается с помощью угла Q, сформированного пересечением линий от центра надколенника к бугристости большеберцовой кости и от центра надколенника до передненижней подвздошной ости.

Биомеханика межберцового сустава

Проксимальный межберцовый сустав относится к скользящему синовиальному типу. Ограниченное движение возможно между латеральным большеберцовым мыщелком и головкой малоберцовой кости. Учитывайте, что дистальный межберцовый сустав является не синовиальным, а синдесмотическим, с очень малой подвижностью.

Рост и развитие

При рождении имеются вторичные эпифизарные центры дистальной части бедренной кости и проксимальной большеберцовой кости, их можно идентифицировать на рентгенограмме как оссифицированные структуры (рис. 13-6). Вторичный эпифизарный центр головки малоберцовой кости не появится примерно до трех лет. Надколенник не виден на рентгенограммах до начала оссификации примерно в четырехлетнем возрасте. Эпифизиз (*physis*) каждой длинной кости продолжает постепенно расти, а пластинки эпифиза в итоге сливаются после пубертатного периода примерно в 16–18 лет (рис. 13-7). У женщин полное развитие скелета обычно происходит раньше, чем у мужчин.

Рутинное рентгенологическое исследование¹¹⁻²¹

Практическое руководство по рентгенографии коленного сустава у взрослых и детей¹¹

Американская коллегия рентгенологов, главная профессиональная организации США, определяет следующие

практические рекомендации в качестве инструментов обучения практике выполнения соответствующих рентгенологических исследований.

Задачи

Задачей рентгенологического исследования является выявление или исключение анатомических изменений или патологических процессов в коленном суставе.

Показания

Показания для рентгенологического исследования включают (но не ограничиваются) травму, в том числе предполагаемое физическое насилие; костные изменения, вторичные по отношению к метаболическим нарушениям; системные заболевания или связанные с питанием; новообразования; инфекции; неопластические заболевания кости; артропатии; пред- и после операционные исследования и длительное наблюдение; врожденные синдромы и нарушения развития; сосудистые повреждения; оценку мягких тканей; боль; взаимосвязь патологических изменений скелета, выявленных другими методами визуализации.

Основные проекции и данные рентгенологического наблюдения¹¹⁻²¹

Минимум рекомендуемых проекций включает передне-заднюю и боковую проекции коленного сустава и надколенника и тангенциальную проекцию надколенника. К обычным дополнительным вариантам при рутинной рентгенографии относятся задне-передняя осевая проекция межмышцелковой ямки.

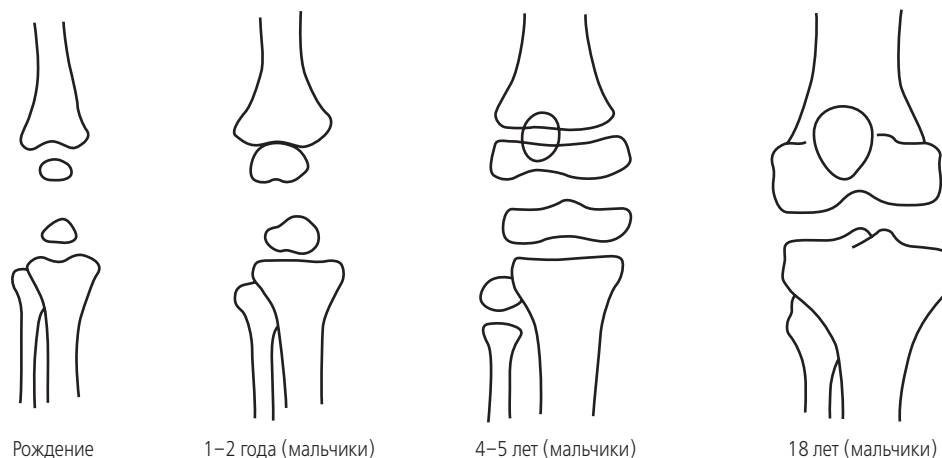


Рисунок 13-6 Рентгенографические признаки оссификации коленного сустава в разном возрасте от рождения до 18 лет (адаптировано из Meschan,⁵ стр. 218).

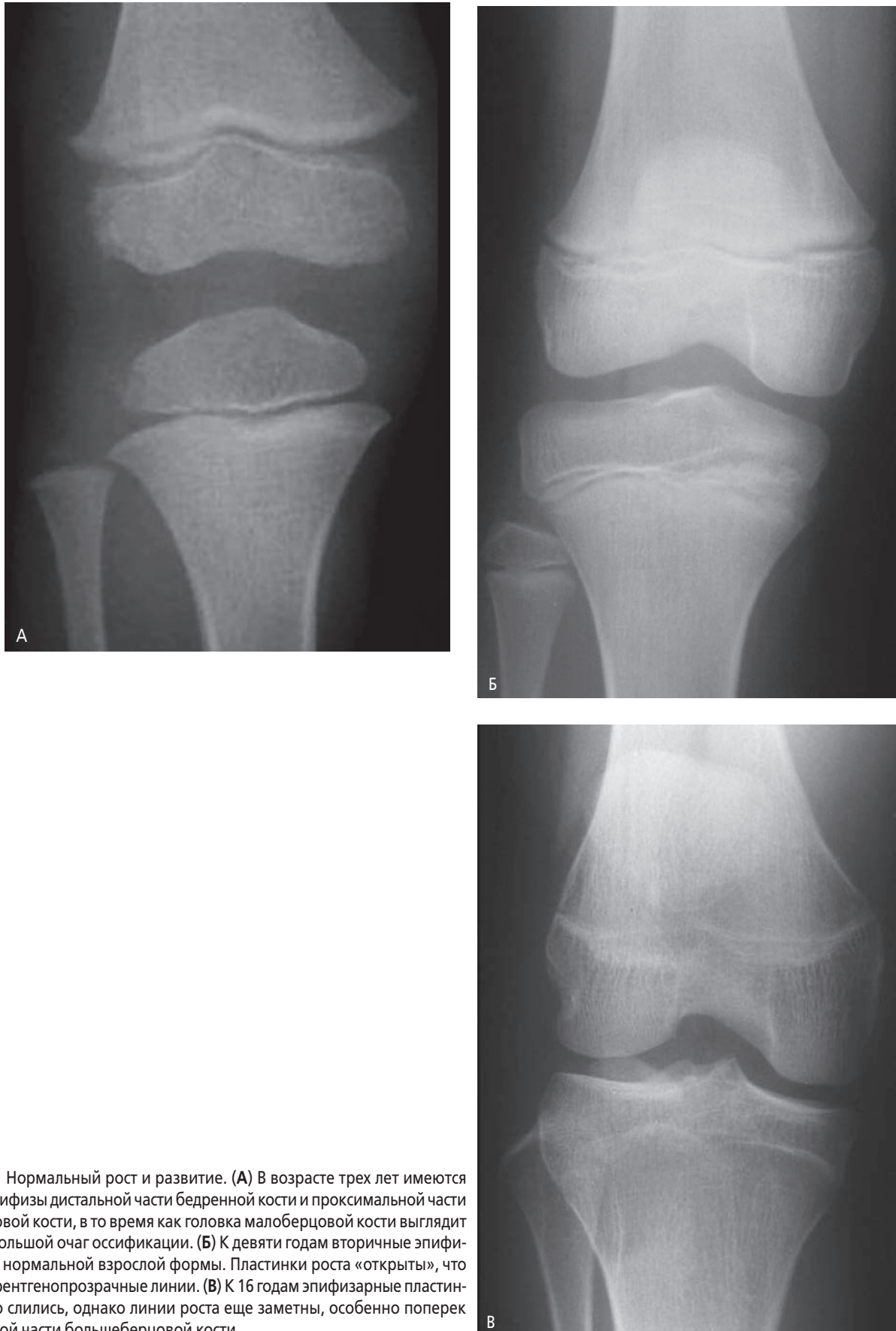


Рисунок 13-7 Нормальный рост и развитие. (А) В возрасте трех лет имеются вторичные эпифизы дистальной части бедренной кости и проксимальной части большеберцовой кости, в то время как головка малоберцовой кости выглядит лишь как небольшой очаг оссификации. (Б) К девяти годам вторичные эпифизы достигают нормальной взрослой формы. Пластинки роста «открыты», что показывают рентгенопрозрачные линии. (В) К 16 годам эпифизарные пластинки полностью слились, однако линии роста еще заметны, особенно поперек проксимальной части большеберцовой кости.

Рутинная рентгенологическая оценка коленного сустава

Передне-задняя проекция

В этой проекции визуализируются дистальный сегмент бедренной кости, проксимальный сегмент большеберцовой кости, бедренно-большеберцовое сочленение и головка малоберцовой кости.

Анализ рентгенологической картины

Наиболее важными результатами являются:

1. Надколенник накладывается на бедренную кость. Нижний полюс (вершина) надколенника в норме расположен на уровне линии стыка (а, на рисунке 13-8), но без пересечения.
2. В норме бедренно-большеберцовая суставная щель хорошо определяется рентгенографически в срединном и в боковом отделах. В нормальном коленном суставе эти промежутки имеют равную высоту (б, на рисунке 13-8).
3. Суставная поверхность плато большеберцовой кости видна в боковой проекции с визуализацией лишь минимума поверхности.
4. Медиальная половина головки малоберцовой кости закрыта сзади наложением большеберцовой кости.
5. В норме продольные оси бедренной и большеберцовой костей расположены по одной линии (в, на рисунке 13-8).
6. В норме должен быть выражен контраст между костью и мягкой тканью. Трабекулярные маркеры и кортикальные края представлены раздельно.

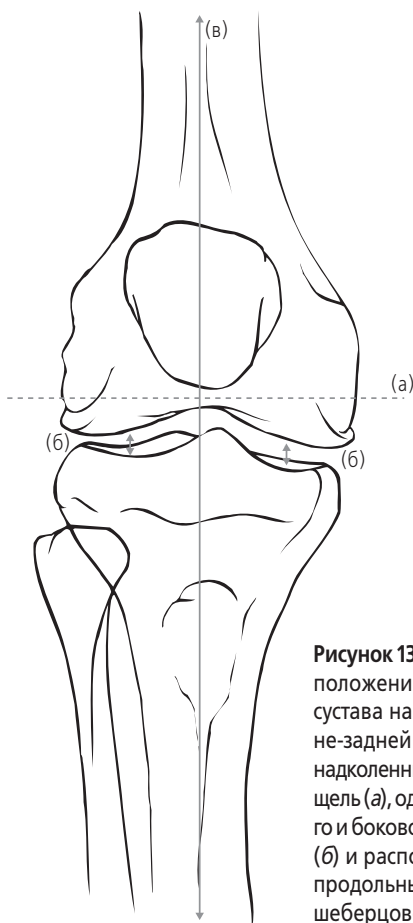


Рисунок 13-8 Пространственное расположение нормального коленного сустава на рентгенограмме в передне-задней проекции: нижний полюс надколенника не пересекает суставную щель (а), одинаковая высота срединного и бокового суставного пространства (б) и расположение по одной линии продольных осей бедренной и большеберцовой костей (в).

Основные проекции

- Передне-задняя
- Боковая
- Задне-передняя осевая «туннельная» проекция межмыщелковой ямки
- Тангенциальная проекция надколенно-бедренного сустава

Укладка для рентгенологического исследования

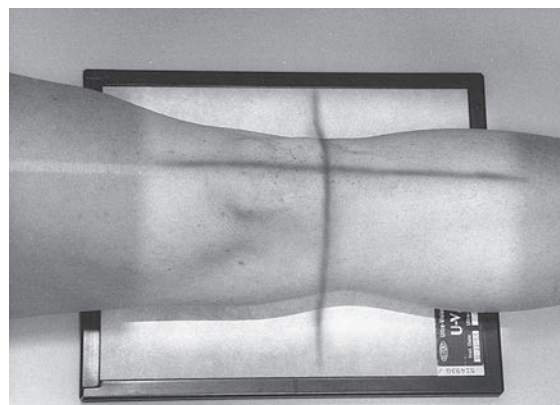


Рисунок 13-9 Положение пациента для передне-задней проекции коленного сустава.

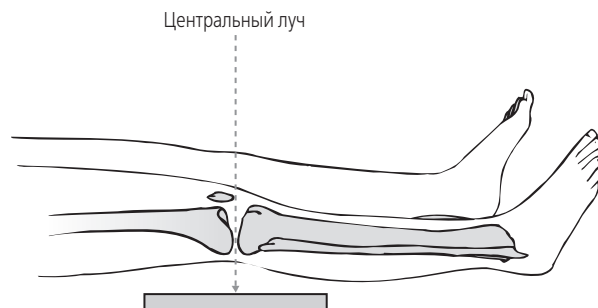


Рисунок 13-10 Центральный луч направлен снизу к дистальному полюсу надколенника, проходя через бедренно-большеберцовое суставное пространство.

Что мы видим?

Посмотрите на рентгенограмму (рис. 13-11) и попытайтесь определить лучевую анатомию. Нанесите на кальку контуры структур и сравните результат с приведенным на рисунке 13-12. Сравните также с трехмерным КТ-изображением колена (рис. 13-13). Можно определить:

- Дистальную часть бедренной кости (идентифицируются медиальный и латеральный мыщелки)
- Проксимальную часть большеберцовой кости (идентифицируются медиальный и латеральный мыщелки и межмыщелковое возвышение)
- Бедренно-большеберцовое суставное пространство (сравните высоту в срединном отделе с боковым отделом)
- Надколенник
- Проксимальная часть малоберцовой кости (идентифицируются головка, шейка и тело).



Рисунок 13-11 Рентгенограмма коленного сустава в передне-задней проекции.

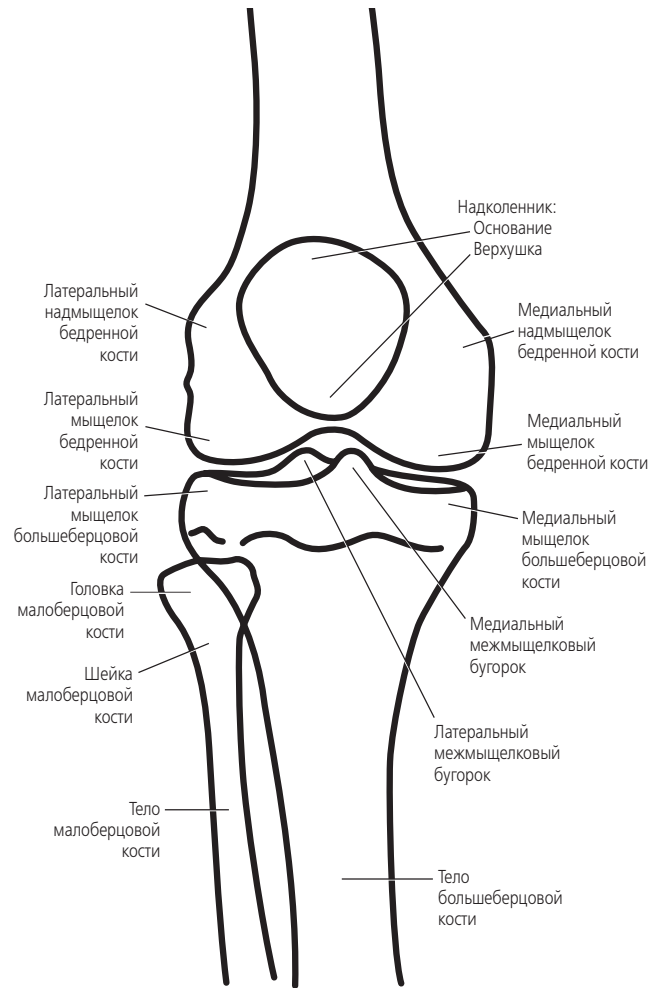


Рисунок 13-12 Скалькированный чертёж рентгенограммы передне-задней проекции правого коленного сустава.

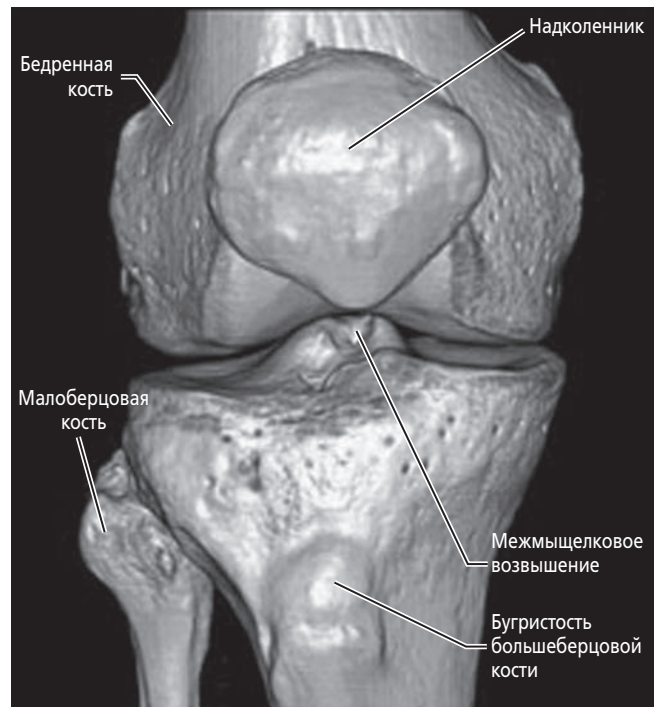


Рисунок 13-13 Трёхмерная КТ коленного сустава (снимок <http://www.medcyclopaedia.com> by GE Healthcare).

Рутинная рентгенологическая оценка коленного сустава

Боковая проекция

В этой проекции визуализируется в профиль надколенно-бедренный сустав, наднадколенниковая сумка, сухожилие четырехглавой мышцы и сухожилие надколенника. Обычно пациент лежит на боку на исследуемой стороне.

Анализ рентгенологической картины

Наиболее важными результатами являются:

1. Для стандартной проекции колено сгибается примерно под углом 20° .
2. Пучок направляется через колено в медиально-латеральном направлении; таким образом часть головки малоберцовой кости скрывается за большеберцовой костью.
3. При истинно латеральном положении мыщелки бедренной кости почти полностью накладываются один на другой. Тем не менее, увеличение медиального мыщелка может стать причиной того, что его линейное изображение будет расположено несколько ниже латерального мыщелка.
4. Медиальный и латеральный мыщелки большеберцовой кости также накладываются один на другой. Межмышцелковое возвышение отбрасывает тень выше плато большеберцовой кости и частично совмещается с мыщелками бедренной кости.
5. Исследуют соотношение надколенника с бедренной костью. Аномально высокое положение надколенника определяется как *patella alta*. Аномально нижнее положение определяется как *patella baja*.
6. Определяют соотношение длины надколенника (измеряется от основания до верхушки, *a*, на рисунке 13-14) с длиной связки надколенника (измеряется от места прикрепления у верхушки надколенника до бугристости большеберцовой кости, *b*, на рисунке 13-14). В норме они почти равны, разница не должна превышать 20%. Увеличение более чем на 20% указывает на патологическое положение надколенника.

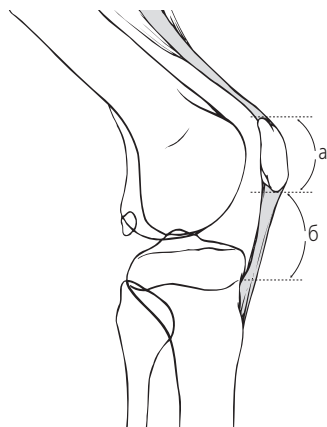


Рисунок 13-14 Пространственное расположение надколенника при рентгенографии. В норме длина надколенника (*a*) равна длине связки надколенника (*b*) с отклонением не более 20% .

Основные проекции

- Передне-задняя
- Боковая
- Задне-передняя осевая «туннельная» проекция межмышцелковой ямки
- Тангенциальная проекция надколенно-бедренного сустава

Укладка для рентгенологического исследования



Рисунок 13-15 Положение пациента при рентгенограмме коленного сустава в боковой проекции.

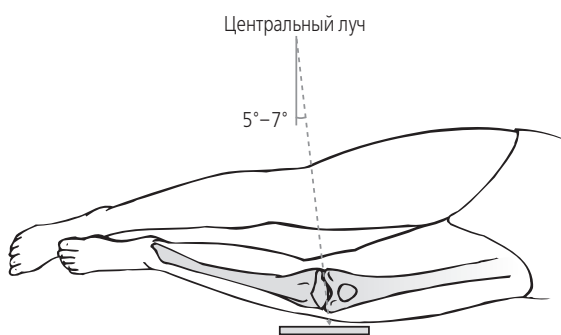


Рисунок 13-16 Центральный луч направляется на коленный сустав с наклоном $5-7^\circ$ краниально. Такое небольшое отклонение предотвращает возможность скрытия суставной щели из-за увеличения изображения медиального мыщелка бедренной кости.

7. В норме должен быть выражен контраст между костью и мягкими тканями. Трабекулярные маркеры и кортикальные края представлены раздельно.
8. В норме наднадколенниковая сумка выглядит как тонкая рентгенопрозрачная полоска чуть позади сухожилия четырехглавой мышцы. При выпоте сумка растягивается и дает изображение овальной плотности при наличии повреждения сустава.
9. Фабелла, небольшая сесамовидная кость, расположенная в задней суставной капсуле у места прикрепления латеральной головки икроножной мышцы, встречается примерно у 18% людей. Она выглядит как небольшая овальная плотность в задних мягких тканях. Патологические состояния, такие как выпот в сустав или артрит, могут смещать фавеллу.

Что мы видим?

Посмотрите на рентгенограмму (рис. 13-16) и попытайтесь определить лучевую анатомию. Нанесите на кальку контуры структур и сравните результат с приведенным на рисунке 13-17. Сверьте костную анатомию на рентгенограмме и МРТ в режиме T1 (рис. 13-19). Можно определить:

- Дистальную часть бедренной кости (идентифицируются медиальный и латеральный мыщелки)
- Проксимальную часть большеберцовой кости (бугристость большеберцовой кости, суставная поверхность и межмыщелковое возвышение)
- Проксимальную часть малоберцовой кости (головку, шейку и тело)
- Надколенник (измерить и сравнить длину надколенника и длину связки надколенника).



Рисунок 13-17 Боковая проекция коленного сустава.

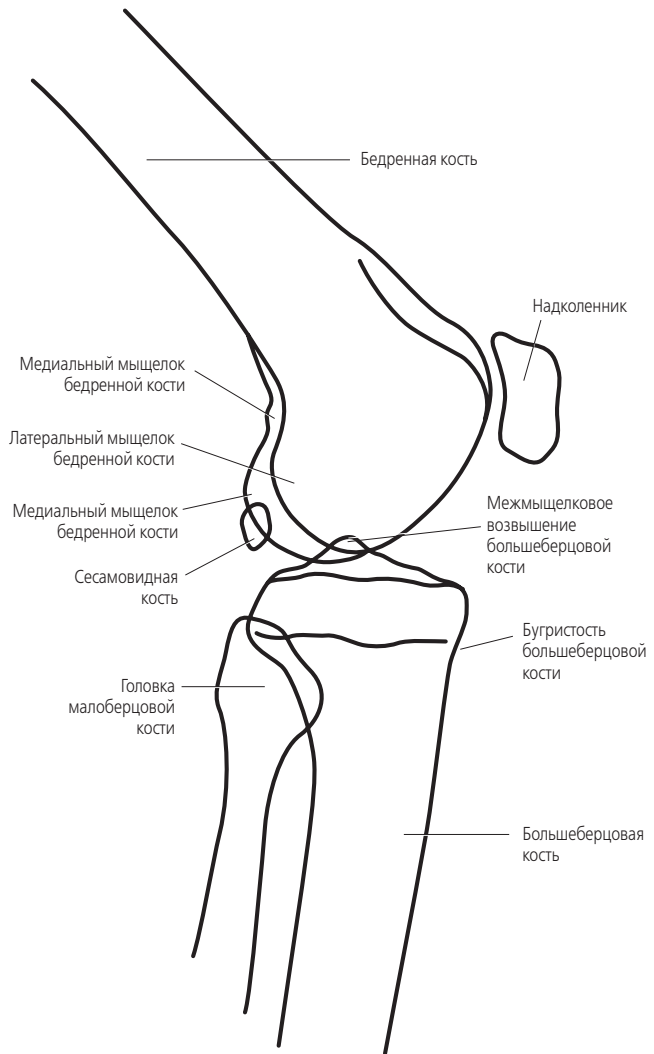


Рисунок 13-18 Скалькированный чертёж рентгенограммы боковой проекции коленного сустава.

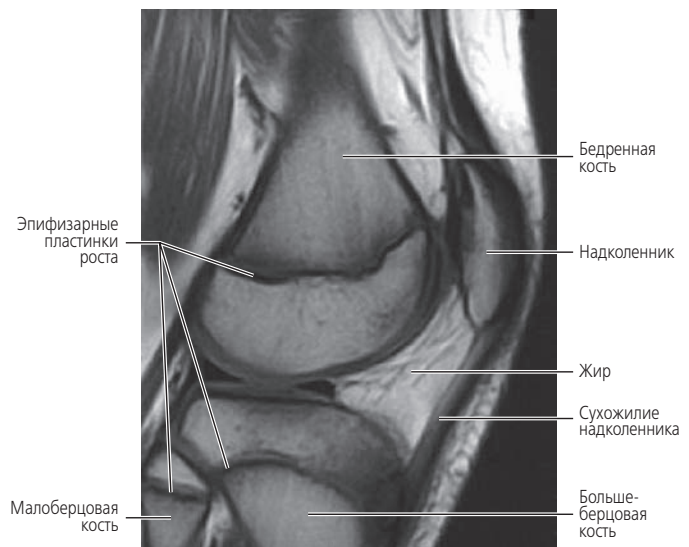


Рисунок 13-19 Сагиттальная проекция коленного сустава на МРТ в режиме T1.