

## РАЗДЕЛ 6

# Коленный сустав



### Введение и обзор

Обзор: коленный сустав	636
------------------------	-----

### Кости и хрящи

Перелом дистального отдела бедренной кости	642
Перелом верхней суставной поверхности большеберцовой кости	648
Бедренно-большеберцовый вывих	652
Перелом проксимального большеберцово-малоберцового сустава и проксимального отдела малоберцовой кости	658
Перелом надколенника	662
Отрывная травма колена	668
Стрессовая травма голени	672
Переломы диафизов большеберцовой и малоберцовой костей	678
Перелом у ребенка, начинающего ходить	682
Костно-хрящевая травма коленного сустава	684
Хрящевая травма колена	690
Субхондральный перелом в коленном суставе	696
Суставной хрящ: послеоперационная визуализация	702

### Связки

Травма передней крестообразной связки	708
Передняя крестообразная связка: послеоперационная визуализация	714
Травма задней крестообразной связки	720
Медиальная коллатеральная связка коленного сустава	726
Латеральный коллатеральный связочный комплекс коленного сустава	732
Травма заднебокового угла	738
Синдром трения подвздошно-большеберцового пучка	742

### Мениски

Особенности и варианты анатомии менисков	746
Дискоидный мениск	752
Дегенерация мениска	756
Травма ветви мениска	758
Горизонтальный разрыв мениска	762
Радиальный разрыв мениска	766
Вертикальный продольный разрыв мениска	768



Разрыв мениска по типу ручки лейки	<b>774</b>
Другие разрывы менисков со смещением	<b>778</b>
Сложный разрыв мениска	<b>784</b>
Отделение мениска от капсулы	<b>786</b>
Подколенно-менисковые фасцикулы	<b>788</b>
Околоменисковая киста	<b>790</b>
Внутрименисковая киста	<b>794</b>
Косточка мениска	<b>795</b>
Мениски: послеоперационная визуализация	<b>796</b>

#### **Сухожилия**

Травма четырехглавой мышцы	<b>802</b>
Травма сухожилия надколенника	<b>808</b>
Транзиторный вывих надколенника	<b>814</b>
Бурсит «гусиной лапки»	<b>820</b>
Травма заднемедиального угла	<b>822</b>

#### **Другие структуры**

Подколенная киста	<b>826</b>
Киста межмышцелковой вырезки	<b>832</b>
Препателлярный и претибиаальный бурситы	<b>836</b>
Бурсит глубокой поднадколенниковой сумки	<b>840</b>
Синдром медиальной складки надколенника	<b>842</b>
Травма малоберцового нерва	<b>846</b>
Травма подошвенного сухожилия	<b>850</b>
Компартмент-синдром и грыжа мениска	<b>854</b>

## Введение

Коленный сустав является наиболее часто визуализируемым суставом при многих клинических исследованиях, в частности, при МРТ-визуализации. Достижение максимального профессионального уровня, путем изучения топографической анатомии, патологических особенностей и методик визуализации, является необходимым условием для специалиста в области лучевой диагностики, проводящего исследования пациента, поступившего с болью в колене. Поскольку имеется достаточное количество литературы по визуализации области коленного сустава, возможно и необходимо следовать последним методам и диагностическим стратегиям. В этой главе описывается обширный спектр травматической патологии колена, с использованием последних опубликованных данных и рекомендаций.

## Терминология и условные обозначения

Дегенеративные изменения связок называются тендинопатиями, но не тендинитами или тендинозами, чтобы точно следовать подходящему этимологическому значению этих терминов. Термин спонтанной остеонекроз колена не используется, но используется вместо этого в главе костно-хрящевая травмы, поскольку данные визуализации при этой патологии многими авторами трактуются как трещина и/или перелом при остеопорозе.

## Анатомические особенности

Бедренно-большеберцовый (коленный) сустав является простым блоковидным суставом с очень небольшим объемом вращательных движений, выполняемых при нормальном физиологическом движении сустава. Вращение большеберцовой кости на несколько градусов наружу возникает при максимальном разгибании и служит запирающим механизмом коленного сустава, уменьшающим необходимость постоянного мышечного сокращения для поддержания колена в определенном положении при стоянии (этот механизм в некоторых источниках называется «закручиванием до отказа»). Подколенная мышца вращает бедренную кость наружу во время начала сгибания для отпирания коленного сустава. Надколенник является крупной сесамовидной костью в системе сухожилия четырехглавой мышцы и сочленяется с надколенниковой поверхностью бедренной кости для увеличения рычага четырехглавой мышцы и уменьшения трения между сухожилием и бедренной костью.

Передняя (ПКС) и задняя (ЗКС) крестообразные связки обеспечивают баланс между собой во время всего диапазона сгибания и разгибания коленного сустава. ПКС предотвращает переднее смещение большеберцовой кости по отношению к бедренной кости и используется преимущественно при разгибании колена. ЗКС предотвращает заднее смещение большеберцовой кости; она используется преимущественно при сгибании колена. Две связки также противостоят вращательному движению колена и дополняют друг друга для обеспечения этой функции. Медиальная коллатеральная связка противостоит вальгусным силам, а комплекс латеральной связки – варусным силам. Комплекс заднебоковой угловой связки является серией наиболее утолщенных частей капсулы, которая служит стабилизатором важной части сустава.

Мениски являются фиброзно-хрящевыми клиновидными структурами, повторяющие формы суставных поверхностей большеберцовой кости; они уменьшают вколачивание бедренной кости о большеберцовую во время нагрузки. Медиальный мениск крупнее и обладает большим радиусом кривизны, чем латеральный. Медиальный мениск также прикрепляется более прочно к костям, чем латеральный мениск, что обеспечивает более латеральное смещение мениска при сгибании и разгибании. Мениски получают свое кровоснабжение из сосудистой ножки, которая входит в край капсулы мениска. Кровоснабжение мениска становится постепенно более концентрированным спереди от центрального свободного края и уменьшается в пожилом возрасте.

Ввиду своей поверхностной локализации, общий малоберцовый нерв является единственным часто травмируемым нервом в области коленного сустава. Он лежит близко к коже в месте сгибания проксимального отдела малоберцовой кости и может быть сдавлен при различных внутренних патологических процессах (ганглии, остеофиты и др.) или при внешней травме.

## Особенности патологических изменений

Травма колена является обычной находкой в различных возрастных группах, поэтому частота исследований коленного сустава в обычной врачебной практике также достаточно высока. Рентгенография и КТ позволяют оценить особенности костной травмы и использовать хирургическую классификацию, где это необходимо. Травма колена зачастую возникает у спортсменов и может быть острой или хронической вследствие повторяющейся микротравмы. В любом случае основной удар при подобных травмах на себя берут связки, сухожилия и хрящи коленного сустава. В частности, разрывы менисков коленного сустава, а также очаговые или диффузные дефекты хряща служат причинами существенного процента утраты трудоспособности в современном обществе, поэтому точная оценка данных визуализации при этих травмах помогает в выборе оптимального лечения и в некоторых случаях позволяет избежать хирургического вмешательства.

Понимание характерных черт травм коленного сустава сможет помочь рентгенологу как в распознавании обычных повреждений, так и в предвидении слабовыраженных, но клинически значимых признаков, основываясь на их связи с определенными характерными особенностями. Например, вращательно-сдвигающий механизм травмы коленного сустава (часто при резком смещении во время бега или при зажимной травме) не только иногда вызывает разрыв ПКС, но также и нередко приводит к вертикальным продольным разрывам задних рогов медиального и латерального менисков и изредка с отрывом латеральной связки капсулы и повреждением заднебоковых угловых связок. Такие сопутствующие повреждения могут быть слабовыраженными на МРТ, но раннее распознавание, основанное на характерной визуализационной картине, может помочь рентгенологу поставить правильный развернутый диагноз. С другой стороны, наличие небольшого отрыва латерального края большеберцовой кости при рентгенографии (травма Сегонда) может на первый взгляд не иметь последствий, но весьма часто сочетание с разрывом ПКС служит основанием для дальнейшей оценки с помощью более сложных методов визуализации (МРТ).

## Особенности визуализации

Рентгенологическая оценка коленного сустава обычно включает в себя три стандартные проекции, но при травме может быть ограничена передне-задней и боковой проекциями. Боковая проекция с положением пациента лежа очень полезна при острой травме, поскольку обширный липогемартроз может визуализироваться в виде жидкостно-жирового уровня в наднадколенниковой сумке сустава и является индикатором внутрисуставного перелома. Аксиальная надколеннико-бедренная проекция (проекция восхода солнца) позволяет оценить надколенниково-бедренный артрит и смещение, однако она менее информативна при острой травме (за исключением переломов надколенника).

Артрография коленного сустава в одно время служила основным рентгенологическим методом при внутреннем нарушении функции коленного сустава, но со временем была заменена МРТ. Введение разведенных соединений гадолиния в полость коленного сустава перед МР-визуализацией (МР-артрография) позволяет получить существенную информацию при определенных клинических ситуациях, в частности, при оценке послеоперационного состояния менисков; тем не менее, использование этого метода в значительной степени зависит от хирургической подготовки. Непрямая МР-артрография (внутривенное введение гадолиния на отсроченных МР-томограммах) подтвердила свою информативность при выявлении послеоперационных повреждений хряща и менисков.

КТ коленного сустава чаще всего используется для оценки комплекса внутрисуставных переломов, в частности, верхней суставной поверхности большеберцовой кости. Поскольку эта поверхность может быть анатомически сложной, такие переломы иногда трудно полностью оценить при рутинной рентгенографии. Для оценки подобных переломов в недавнем прошлом использовали линейную полипроекционную рентгеновскую томографию, но в настоящее время в подобных ситуациях повсеместно применяется КТ. МРТ визуализация внутрисуставных переломов позволяет визуализировать сопутствующие травмы мягких тканей, однако этот метод не обладает достаточ-

ной разрешающей способностью для отображения небольших костных отломков.

Ультрасонография области коленного сустава может иметь значение при исследовании поверхностных структур (сухожилий и коллатеральных связок), в частности, при предшествующей артропластике или при невозможности пациента пройти МРТ. Она также позволяет оценить и дренировать кистозные скопления жидкости (подколенная киста или киста Бейкера), а также используется для контроля аспирации или внутрисуставных инъекций.

Основным методом визуализации при внутреннем нарушении функции коленного сустава служит МРТ. Тщательные знания о нормальных анатомических особенностях, типичных и редких вариантах патологических изменений в коленном суставе является необходимым условием для специалиста, интерпретирующего данные этого исследования. МРТ коленного сустава выполняется с использованием ограниченного объема с изоцентром магнитного поля в области рядом с коленным суставом для обеспечения максимального соотношения сигнала-шума и гомогенности поля. Использование приемопередающих режимов для коленного сустава позволит еще больше улучшить качество МР-визуализации. Улучшить качество изображений может также недавно предложенное использование многоканальных датчиков для конечностей.

**Визуализация менисков:** особое упоминание стратегий визуализации МРТ, касающихся менисков, полностью оправдано. Поскольку мениски состоят из относительно гомогенного фиброзного хряща, в норме мениск обычно выглядит гипоинтенсивным на всех последовательностях. Дегенерация или разрыв мениска диагностируется на основании патологического сигнала от вещества мениска. При отсутствии предшествующего хирургического вмешательства на мениске любое повышение интенсивности сигнала, которое четко определяется от верхней или нижней суставной поверхности или от свободного края мениска полностью соответствует МРТ критерию разрыва. Некоторые авторы считают, что подобный контакт мениска с суставной поверхностью должен быть подтвержден по крайней мере на двух МР-томограммах. Морфологические изменения в менисках могут также соответствовать разрыву; затупление свободного края, отделение или смещение части мениска, а также отсутствие вещества мениска в его ожидаемой локализации полностью соответствуют разрыву при отсутствии оперативного лечения в анамнезе. В мениске после оперативного лечения сигнал может распространяться в поверхность мениска вследствие резекции ткани мениска ниже области центральной дегенерации, а наличие жидкости или введенного контраста в мениск на артрографии могут определенно свидетельствовать о разрыве. Опубликованы результаты исследования патологических изменений мениска с использованием ультрасонографии с высоким разрешением, однако этот метод на практике широко не применяется.

## Протоколы визуализации

Ввиду анатомических ограничений, особые приемы для позиционирования пациента отсутствуют. Полезным ориентиром для описания коронарных изображений является линия, проведенная через наиболее удаленные задние края мыщелков бедренной кости на соответствующих аксиальных срезах. В настоящее время все чаще используются магниты мощностью 3 Тл и с их помощью можно добиться более высокого пространственного разрешения, получить информацию о химическом составе и выполнить более быстрое сканирование.

Так как выбор пульсовых последовательностей, доступных при МРТ коленного сустава, обширен и постоянно растет, необходимо запомнить определенные базовые принципы. Визуализация мениска лучше всего достигается при последовательностях с коротким временем релаксации спин-эхо (ВР), такими как T1- или протон-взвешенные изображения для максимизации сигнала от разрыва мениска и минимизации нечеткости эхо-сигнала. Использование быстрых спин-эхо последовательностей для оценки менисков в настоящее время является основным, поскольку ранние опасения по поводу нечеткости эхо-сигнала и ограничения пространственного разрешения были устранены производителями оборудования. Последовательности, чувствительные к жидкостям, обычно обеспечивают спектральное подавление сигнала от жира и позволяют оценить процессы в костном мозге, кистозные скопления жидкости и травмы мягких тканей. Опытные специалисты

стремятся найти оптимальные комбинации срезов и последовательностей, обычно МРТ коленного сустава включает от четырех до шести подобных последовательностей с использованием, по крайней мере, одной последовательности в каждом основном срезе (сагиттальном, коронарном и аксиальном). Общие правила включают в себя использование профилей с тонкими срезами для оценки менисков (толщиной не более 3–4 мм с межсрезовым промежутком не более 1 мм) и использование последовательностей с коротким ВР в сагиттальных и коронарных срезах. Некоторые авторы отстаивают необходимость дополнительного спектрального подавления сигнала от жира в последовательностях, чувствительных к менискам, приводя в доказательство большую чувствительность исследования при разрывах менисков. Обобщенные данные свидетельствуют о том, что решение о необходимости использования режима подавления сигнала от жира в этом случае должно быть индивидуальным.

Оптимальная визуализация суставного хряща достигается с использованием последовательностей, подчеркивающих разницу между жидкостью и хрящом; описаны многие подобные комбинации, которые являются частью базисного инструментария визуализации при рутинном исследовании коленного сустава. С другой стороны, стремление к более точной оценке патологических изменений менисков и суставного хряща привело к бурному развитию специализированных пульсовых последовательностей МРТ, используемых для увеличения чувствительности и специфичности при слабовыраженных травмах. Многие из них стали обычными в практике, в то время как другие, так и остались экспериментальными. Короткий обзор некоторых из этих методов представлены в главах по визуализации суставного хряща, в том числе после оперативного вмешательства. Каждый производитель магнитов имеет свои собственные версии таких последовательностей с запатентованными именами или акронимами, с которыми необходимо ознакомиться.

## Избранные ссылки

1. Xia XP et al: Ultrasonography for meniscal injuries in knee joint: a systematic review and meta-analysis. *J Sports Med Phys Fitness*. ePub, 2015
2. Forney MC et al: Magnetic resonance imaging of cartilage repair procedures. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 22(4):671-701, 2014
3. Mohankumar R et al: Pitfalls and pearls in MRI of the knee. *AJR Am J Roentgenol*. 203(3):516-30, 2014
4. Singer A et al: Tip of the iceberg: subtle findings on traumatic knee radiographs portend significant injury. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 43(3):E48-56, 2014
5. Tan HK et al: Variants and pitfalls in MR imaging of knee injuries. *Semin Musculoskelet Radiol*. 18(1):45-53, 2014
6. Yablon CM et al: Ultrasound of the knee. *AJR Am J Roentgenol*. 202(3):W284, 2014
7. Davis KW et al: Magnetic resonance imaging and arthroscopic appearance of the menisci of the knee. *Clin Sports Med*. 32(3):449-75, 2013
8. Kalke RJ et al: MR and CT arthrography of the knee. *Semin Musculoskelet Radiol*. 16(1):57-68, 2012

(Слева) При рентгенографии в боковой проекции визуализируется нормальный коленный сустав в положении небольшого сгибания. Бедренно-большеберцовый сустав является простым блоковым соединением с очень небольшим диапазоном вращательных движений. Надколенник является крупной сесамовидной костью, которая уменьшает трение между сухожилиями разгибающих мышц и бедренной костью. (Справа) На рисунке задней проекции показана подколенная мышца и сухожилие, следующие с места их начала на латеральной поверхности бедренной кости до широкого места прикрепления на проксимальной заднемедиальной поверхности большеберцовой кости. Мышца открывает коленный сустав при максимальном разгибании для начала сгибания колена.

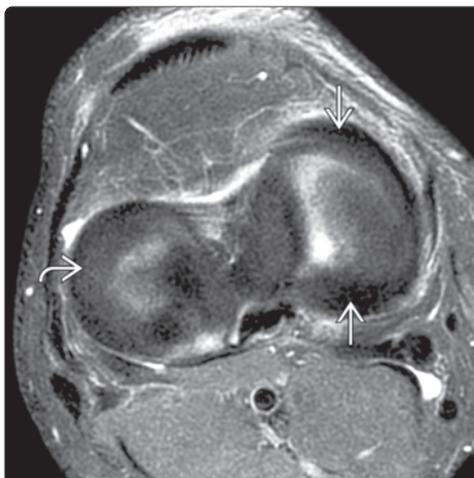
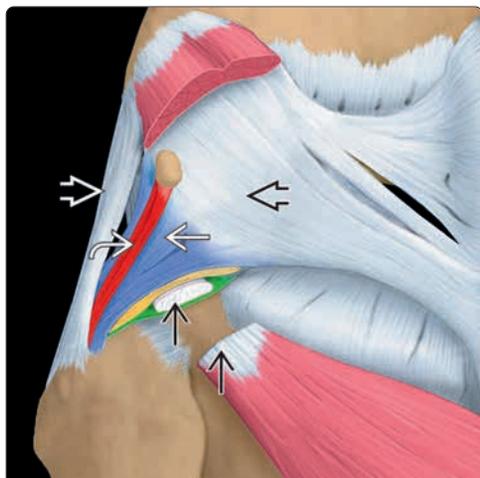


(Слева) На рисунке в боковой проекции показан механизм разгибания колена, который представлен четырехглавыми мышцами и их сухожилиями, надколенником и его сухожилием, а также медиальными и латеральными удерживателями сухожилий. (Справа) МРТ PD ВИ, сагиттальный срез: визуализируются передняя крестообразная связка (ПКС) и задняя крестообразная связка (ЗКС). ПКС функционирует при разгибании и противодействует переднему смещению большеберцовой кости; ЗКС участвует в сгибании и противодействует заднему смещению большеберцовой кости.

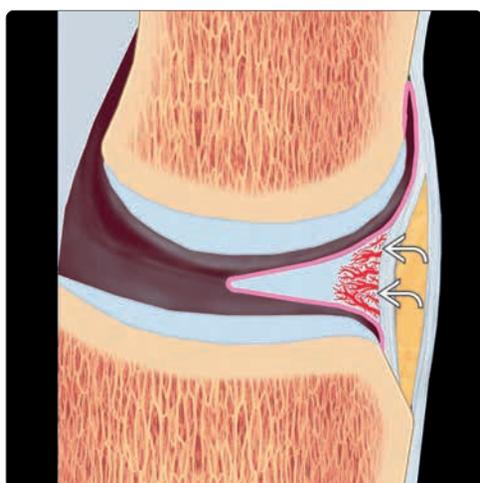


(Слева) МРТ T1 ВИ, коронарный срез: нормальная коллатеральная малоберцовая связка (КМС), идущая от латерального мыщелка бедренной кости до головки шиловидного отростка. Эта связка служит первоначальным ограничителем против варусных сил коленного сустава. (Справа) МРТ T2 ВИ, режим подавления сигнала от жира, коронарный срез: визуализируется нормальный подвздошно-большеберцовый пучок, идущий от тазобедренного сустава к бугорку Жерди на латеральной поверхности большеберцовой кости. Медиальная коллатеральная связка идет от медиального мыщелка бедренной кости к медиальной поверхности большеберцовой кости и прикрепляется на 6–7 см ниже коленного сустава.





(Слева) На рисунке задней проекции заднебокового угла колена показаны подколенное сухожилие [↖], косая подколенная связка [↗], КМС [↕], дугообразная связка [↘] и фавелло-малоберцовая связка [↙]. (Справа) МРТ PD ВИ, режим подавления сигнала от жира, аксиальный срез: определяются различные конфигурации медиального [↖] и латерального [↘] менисков. У медиального мениска более длинная передне-задняя ось, а также он более С-образный; латеральный мениск более симметричный и О-образный.



(Слева) На рисунке коронарного среза показано кровоснабжение медиального мениска. Сосуды, питающие мениск, берут начало от поверхности капсулы [↖] и обычно ограничены периферическими 1/3 или 1/4 мениска («красная зона»). (Справа) МРТ PD ВИ, сагиттальный срез: определяется нормальный медиальный мениск. Передний [↖] и задний [↘] рога треугольные с отсутствием нормального внутреннего сигнала. Заднее мениско-капсулярное сочленение [↙] содержит жировую клетчатку, но не должно содержать жидкость.



(Слева) На рисунке задней проекции нервов вокруг колена показан поверхностный ход общего малоберцового нерва [↖], так как он идет латерально вокруг головки малоберцовой кости. Нерв часто травмируется вследствие его уязвимого поверхностного положения. Обратите внимание на седалищный [↘] и большеберцовый [↙] нервы. (Справа) МРТ PD ВИ, режим подавления сигнала от жира, сагиттальный срез: определяются ушиибы задней латеральной поверхности большеберцовой кости [↖], а также в области терминальной борозды латерального мыщелка бедренной кости [↘]. Это типичный признак вращательно-смещающей травмы, который указывает на почти достоверный разрыв ПКС.

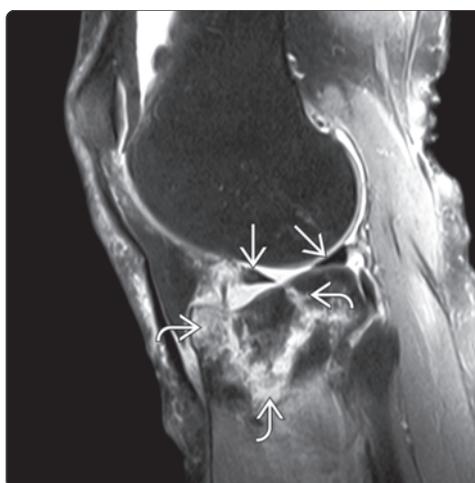
**(Слева)** При рентгенографии в боковой проекции в положении пациента лежа после острой травмы колена определяется жидкостно-жировой уровень  в наднадколенниковом кармане сустава, что указывает на внутрисуставной перелом. Поскольку жир плавает, разделяющая граница визуализируется только при горизонтальном прохождении луча. Перелом латерального отдела верхней суставной поверхности большеберцовой кости может проявляться удвоением плотности кортикального слоя . **(Справа)** При рентгенографии в передне-задней проекции, у этого же пациента определяется удвоение плотности кортикального слоя  вколоченного перелома латеральной поверхности большеберцовой кости.

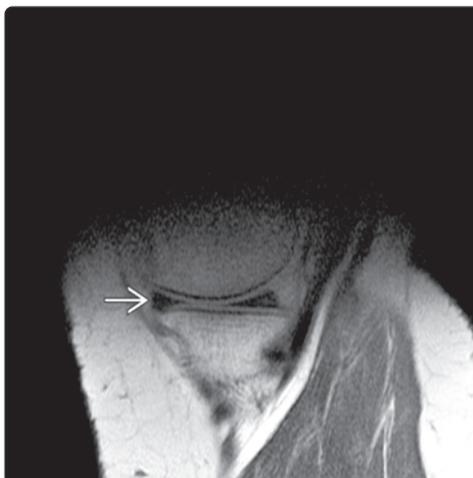
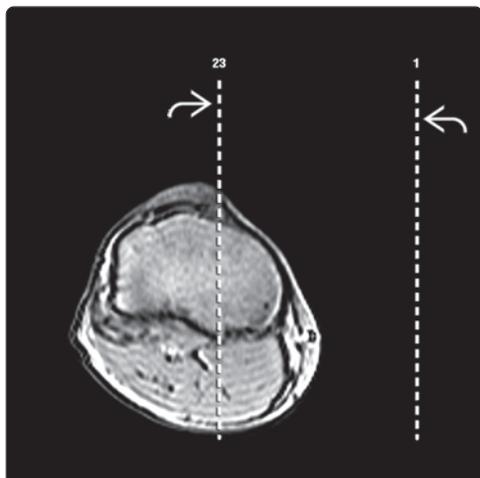


**(Слева)** На рентгенографии в передне-задней проекции после тяжелой травмы колена определяется сложный внутрисуставной перелом проксимального отдела большеберцовой кости. **(Справа)** КТ, реконструкция коронарного среза: у этого же пациента определяется распространение дефекта суставной поверхности большеберцовой кости, а также локализация и положение осколков перелома. Реконструкция изображений на мультисрезовых КТ в повседневное время позволяет обеспечить тонкую детализацию костной анатомии в любой проекции.

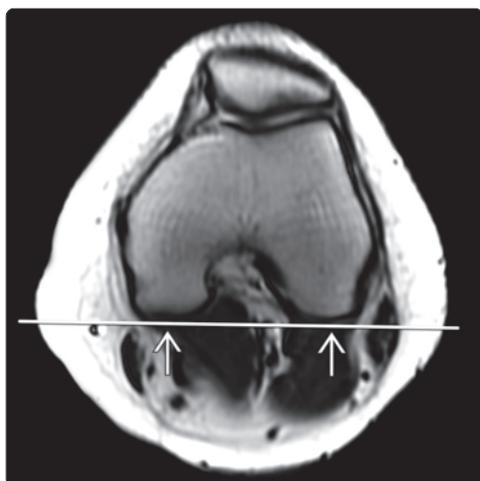


**(Слева)** МРТ PDВИ, режим подавления сигнала от жира, сагиттальный срез: определяется вколоченный многооскольчатый перелом латерального отдела верхней суставной поверхности большеберцовой кости с окружающим отеком костного мозга . При МРТ четко визуализируются мягкотканые структуры, но этот метод не является оптимальным для оценки морфологии осколков при переломах. На этой томограмме визуализируется неповрежденный латеральный мениск . **(Справа)** МРТ PDВИ, коронарный срез: определяется сагиттально-ориентированный перелом латерального отдела верхней суставной поверхности большеберцовой кости , содержащий ущемленный фрагмент латерального мениска .

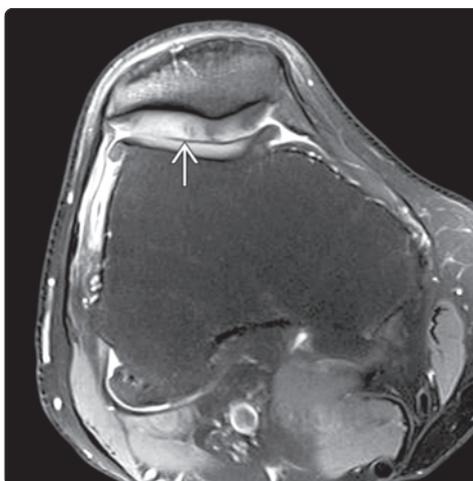




(Слева) Обзорная томограмма коленного сустава, градиентный эхо-сигнал, аксиальный срез: линии , указывающие на положение сагиттальных срезов. Некоторые томографы обладают функцией «средней линии по умолчанию», которая не была выключена перед описанием и обработкой последующих изображений. (Справа) МРТ PD ВИ, сагиттальный срез: результат не правильного позиционирования коленного датчика; отсутствует сигнал от дистального отдела бедра, а оценка медиального мениска  очень ограничена чрезвычайно низким соотношением сигнал-шум.



(Слева) Обзорная томограмма, градиентный эхо-сигнал, аксиальный срез: описательная линия  для создания коронарных изображений. Линия среза проведена через наиболее задние точки медиального и латерального мыщелков бедренной кости. Сагиттальные изображения получают перпендикулярно этому срезу. (Справа) МР-артрография, T1 ВИ, режим подавления сигнала от жира, сагиттальный срез: у пациента после резекции разрыва медиального мениска визуализируется контрастное вещество, заполняющее линейный дефект  мениска, что свидетельствует о повторном разрыве.



(Слева) МРТ, полученная с помощью томографа низкой мощности (0,2 Тл) после восстановления передней крестообразной связки, PD ВИ, сагиттальный срез: определяется биоабсорбируемый блокирующий винт  в искусственном канале бедренной кости. Несмотря на то, что томограф малой мощности обеспечивает слабую анатомическую детализацию и низкое соотношение сигнал-шум по сравнению с системами 1,5 Тл и 3 Тл, он обладает более низкой выраженностью различных артефактов. (Справа) МРТ, выполненная на томографе мощностью 3 Тл, PD ВИ, режим подавления сигнала от жира, аксиальный срез: анатомическая детализация, возможная при визуализации с данной мощностью. Обратите внимание на разволокнение хряща надколенника .

# Перелом дистального отдела бедренной кости

## КЛЮЧЕВАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

- Рентгенография
  - Надмыщелковые и межмыщелковые переломы обычно четко визуализируются при рентгенографии в передне-задней и боковой проекциях в виде линейного просветления ± раздробления
  - Перелом мыщелка может быть слабо выражен рентгенологически, в частности, на коронарном срезе
- КТ позволяет определить степень поражения перед оперативным лечением

### ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ДИАГНОЗ

- Флотирующее колено, вывих колена

### ПАТОЛОГИЯ

- Надмыщелковый
  - Обычно многооскольчатый
- Межмыщелковый
  - Т- или Y-образный
  - Приводит к нарушению конгруэнтности коленного/надколеннико-бедренного сустава

- Мыщелковый
  - Сагиттальная или коронарная линия перелома в одном мыщелке
  - Для выявления и описания часто требуется КТ

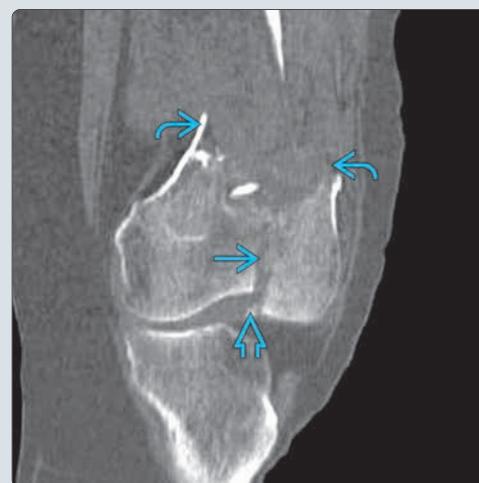
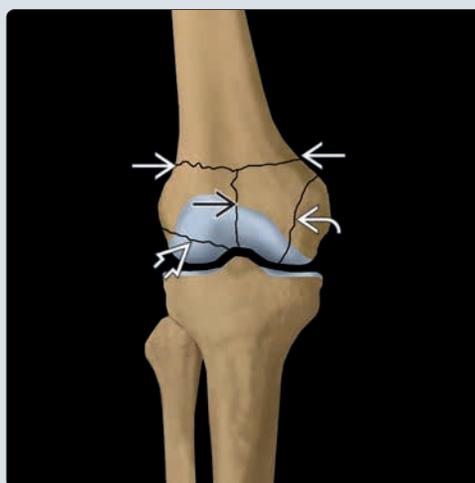
### КЛИНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

- Бимодальное распределение
  - Молодые взрослые: травма высокой интенсивности (например, при ДТП)
  - Пожилые: падения низкой интенсивности
    - Остеопороз
  - После артропластики колена частота надмыщелкового перелома составляет 1%
    - Наиболее распространенный перелом в области протеза
- Составляют 4–7% всех переломов бедренной кости
- Лечение почти всегда хирургическое

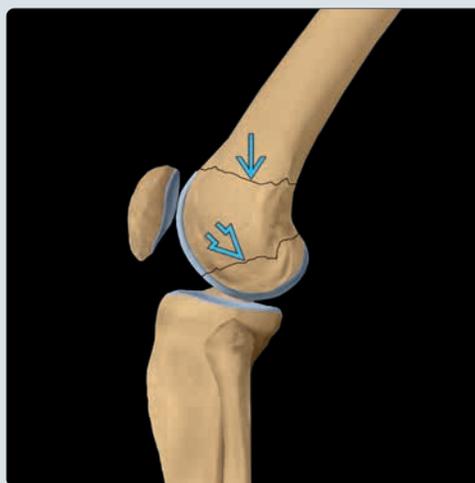
### ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ПАМЯТКА

- Распространение надмыщелкового перелома в межмыщелковую область
- Сопутствующее патологическое образование
- Рекомендуется описать и измерить отступ суставной поверхности

(Слева) На рисунке переломов дистального отдела бедренной кости во фронтальной проекции показаны надмыщелковый Т-образный перелом с распространением в межмыщелковую область, сагиттальный перелом медиального мыщелка и коронарный перелом латерального мыщелка. (Справа) КТ, коронарный срез: определяется Т-образный надмыщелковый перелом с вертикальным компонентом, распространяющимся в межмыщелковую вырезку. Обратите внимание на разрыв суставной поверхности бедренной кости.



(Слева) На рисунке двух видов переломов дистального отдела бедренной кости показаны межмыщелковый перелом и коронарный перелом латерального мыщелка. Обратите внимание на то, что сагиттально-ориентированные переломы в этой проекции не визуализируются. (Справа) КТ, сагиттальный срез: у этого же пациента определяется поперечный компонент отступа перелома. Обратите внимание на вертикальную часть линии перелома, которая частично проходит в коронарном направлении и не визуализируется на коронарном срезе.



## ТЕРМИНОЛОГИЯ

### Синонимы

- Надмыщелковый перелом бедренной кости
- Перелом мыщелка бедренной кости
- Перелом дистального отдела бедренной кости в области протезирования

### Определение

- Перелом мыщелков бедренной кости и/или дистального метафиза бедренной кости

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

### Общая характеристика

- Основные диагностические критерии
  - Линейная линия перелома, идущая в или через дистальный отдел бедренной кости на рентгенографии
- Локализация
  - Дистальный диафиз, метафиз, физис и/или мыщелки бедренной кости
    - Перелом характеризуется тем, какая из данных областей поражена
- Размер
  - Может варьировать от стрессового перелома с отсутствием смещения до крупного сложного многосоставного перелома, вовлекающего диафиз, метафиз и/или мыщелки
- Морфология
  - Может варьировать от небольших переломов Салтера–Харриса до сложных многооскольчатых переломов с распространением во внутрисуставную область

### Рентгенография

- Надмыщелковые и межмыщелковые переломы обычно четко визуализируются при рентгенографии в передне-задней и боковой проекциях в виде линейного просветления ± раздробления
  - Иногда отмечаются угловая деформация и смещение
- Перелом мыщелка может быть слабо выражен рентгенологически, в частности, на коронарном срезе
  - Для визуализации некоторых переломов мыщелков может потребоваться косая проекция
- Отступ суставной поверхности бедренной кости (межмыщелковый и мыщелковый перелом)
- Гемартроз
  - Всегда при острых межмыщелковом или мыщелковом переломах
  - Иногда при остром надмыщелковом переломе

### КТ

- Позволяет лучше описать перелом по классификации АО
- Переломы мыщелка хорошо визуализируются в виде линейной сагиттальной или коронарной линии перелома в одном мыщелке
- У пациентов с незрелым скелетом травма Салтера–Харриса может не обнаруживаться при рентгенографии

### МРТ

- Обычно не назначается, за исключением оценки сопутствующих травм мягких тканей
  - Разрыв связки (крестообразные)
  - Разрыв мениска
  - Травма сосудов и/или нервов (особенно подколенной артерии)
- У пациентов с незрелым скелетом МРТ может быть лучшим методом выявления и оценки распространения травмы Салтера–Харриса
- Лучший метод выявления стрессовой травмы с отсутствием смещения

### Рекомендации по визуализации

- Лучший метод визуализации
  - Обычно достаточно рентгенографии

- МРТ используется при подозрении на стрессовую травму или травму Салтера–Харриса
- Советы по протоколу исследования
  - Рентгенография: косые проекции позволяют оценить переломы мыщелков с отсутствием смещения
  - КТ: позволяет определить степень поражения перед оперативным лечением
    - Для оценки смещения необходимы реконструкции коронарного и сагиттального срезов
  - МРТ: коронарные и сагиттальные T2 ВИ в режиме подавления сигнала от жира являются ключевыми для выявления поражения ростовой зоны у пациентов с незрелым скелетом

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ДИАГНОЗ

### Флотирующее колено

- Сопутствующий перелом проксимального отдела большеберцовой кости, изолирующий коленный сустав

### Вывих колена

- Надмыщелковый перелом бедренной кости со смещением тяжелой степени может имитировать вывих, в частности, при рентгенографии в боковой проекции

## ПАТОЛОГИЯ

### Стадирование, степени и классификация

- Надмыщелковый
  - Поперечный или слегка косой
  - Обычно многооскольчатый
  - Может дополняться вертикальной линией межмыщелкового перелома
  - Иногда распространяется в коленный сустав
  - Может травмироваться подколенная артерия
- Межмыщелковый
  - Т- или Y-образный
  - Иногда простая вертикальная линия перелома
  - Приводит к нарушению конгруэнтности коленного/надколеннико-бедренного сустава
  - При большом разделении мыщелков надколенник может оказываться между ними
- Мыщелковый
  - Сагиттальная или коронарная линия перелома в одном мыщелке
  - Для выявления и описания часто необходимо выполнение КТ
- Осколок Хоффа
  - Коронарно-ориентированный перелом мыщелка бедренной кости
  - Иногда сопутствует надмыщелковому перелому бедренной кости
  - В 30% случаев виден при рентгенографии; хорошо визуализируется на КТ
  - Может изменить хирургическую тактику
- Классификация АО/ОТА
  - **Внесуставной перелом**
    - А1: простой
    - А2: метафизарный гребень
    - А3: сложной метафизарный
  - **Частичный внутрисуставной перелом**
    - В1: сагиттальный перелом латерального мыщелка
    - В2: сагиттальный перелом медиального мыщелка
    - В3: коронарный перелом
  - **Полный внутрисуставной перелом**
    - С1: простые суставные и метафизарные осколки
    - С2: простой суставной перелом с оскольчатый метафизарным компонентом
    - С3: оскольчатые суставные и метафизарные компоненты

## КЛИНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

### Проявления

- Типичные признаки/симптомы
  - Боль и отек колена
  - Невозможность переносить вес
- Другие признаки/симптомы
  - При травме подколенной артерии наблюдается снижение пульсации задней большеберцовой артерии
    - В одном исследовании отмечалось в 33% случаев надмыщелковых переломов
  - Нейропатия малоберцового нерва
    - Редко
    - Может возникнуть вследствие оперативного вмешательства или наложения гипса

### Демография

- Возраст
  - Бимодальное распределение переломов тяжелой степени
    - Молодые взрослые: травма высокой интенсивности (например, при ДТП)
    - Пожилые: падения низкой интенсивности
      - При наличии остеопороза
  - Стрессовые переломы
    - Дети и подростки
      - Обычно травмы Салтера–Харриса
    - Высококласные спортсмены
- Пол
  - Молодые пациенты: М > Ж
  - Пожилые: Ж > М
- Национальность
  - Отсутствие расовой предрасположенности
- Эпидемиология
  - Составляют 4–7% всех переломов бедренной кости
  - После артропластики колена встречаемость надмыщелкового перелома составляет 1%
    - Обычно при наличии остеопороза
    - Наиболее распространенный перелом в области протеза

### Течение и прогноз

- Стрессовые переломы заживают после консервативного лечения
  - Отдых
    - Изменить или снизить причинную физическую нагрузку
  - Лед
  - НПВС
- Хирургический исход переломов тяжелой степени
  - Несращение в 9% случаев
  - Неудачная фиксация в 4% случаев
  - Инфицирование в 3% случаев
  - Повторное хирургическое лечение в 13% случаев

### Лечение

- Стрессовый перелом или перелом Салтера–Харриса могут лечиться путем исключения нагрузки
- В других случаях необходимо хирургическое лечение
  - Внесуставные переломы (A1, A2, A3) или осколки мыщелков (C1, C2) → динамический мыщелковый винт или прижимная пластина мыщелка
  - Переломы мыщелков (B1, B2, B3) → Т-образная поддерживающая пластина
  - Чрезвычайно многооскольчатые переломы (C3) → фиксация всех осколков может оказаться сложно выполнимой
    - Иногда используется комбинация наружной и внутренней фиксации
- Все больше хирургов прибегают к использованию запирающих пластин и фиксирующих винтов, в частности, у пациентов с остеопорозом

- Перелом выше артропластики колена
  - Повторная артропластика
  - Ретроградный интрамедуллярный винт
  - Запирающая пластина и фиксационный винт

## ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ПАМЯТКА

### Следует учесть

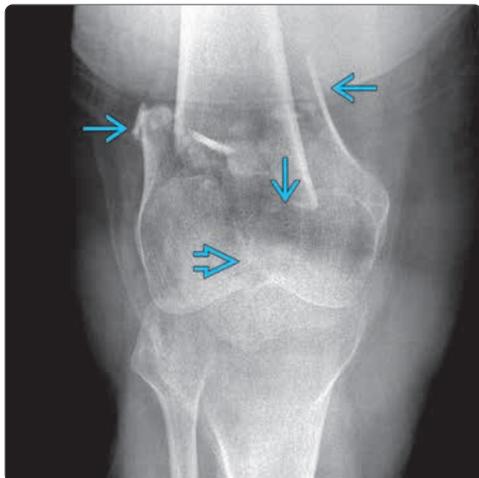
- Распространение надмыщелкового перелома в межмыщелковую область
- Коронарно-ориентированный перелом: может не визуализироваться при рентгенографии
- Сопутствующее патологическое образование
- Оценка нервно-сосудистого пучка

### Рекомендации по отчетности

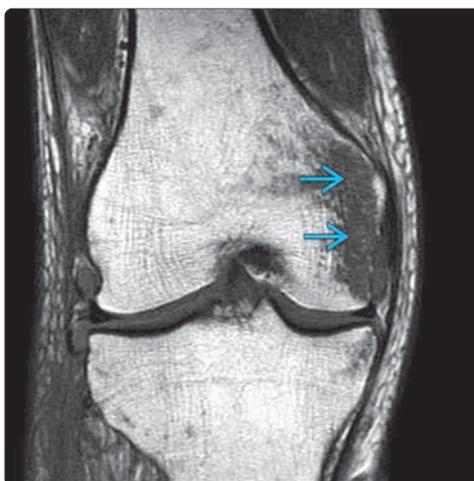
- Следует описать и измерить отступ суставной поверхности

## ИЗБРАННЫЕ ССЫЛКИ

1. White EA et al: Coronal plane fracture of the femoral condyles: anatomy, injury patterns, and approach to management of the Hoffa fragment. *Skeletal Radiol.* 44(1):37-43, 2015
2. Ehlinger M et al: Distal femur fractures. Surgical techniques and a review of the literature. *Orthop Traumatol Surg Res.* 99(3):353-60, 2013
3. Ricci W: Classification and treatment of periprosthetic supracondylar femur fractures. *J Knee Surg.* 26(1):9-14, 2013
4. Johnston AT et al: Periprosthetic fractures in the distal femur following total knee replacement: A review and guide to management. *Knee.* 19(3):156-62, 2012
5. Chettiar K et al: Supracondylar periprosthetic femoral fractures following total knee arthroplasty: treatment with a retrograde intramedullary nail. *Int Orthop.* 33(4):981-5, 2009
6. Kolb K et al: The condylar plate for treatment of distal femoral fractures: a long-term follow-up study. *Injury.* 40(4):440-8, 2009
7. Smith EL et al: Supracondylar femur fracture after knee manipulation: a report of 3 cases. *Orthopedics.* 32(1):18, 2009
8. Herrera DA et al: Treatment of acute distal femur fractures above a total knee arthroplasty: systematic review of 415 cases (1981-2006). *Acta Orthop.* 79(1):22-7, 2008
9. Hutchinson PH et al: Complete and incomplete femoral stress fractures in the adolescent athlete. *Orthopedics.* 31(6):604, 2008
10. Ross K et al: Bilateral femoral supracondylar stress fractures in a cross country runner. *Orthopedics.* 31(8):803, 2008
11. Wu CC: Femoral supracondylar malunions with varus medial condyle and shortening. *Clin Orthop Relat Res.* 456:226-32, 2007
12. Gocke TV: Case of the month. Salter-Harris type I fracture to the supracondylar femur physis. *JAAPA.* 19(10):72, 2006
13. Su ET et al: A proposed classification of supracondylar femur fractures above total knee arthroplasties. *J Arthroplasty.* 21(3):405-8, 2006
14. Abendschein W: Periprosthetic femur fractures--a growing epidemic. *Am J Orthop.* 32(9 Suppl):34-6, 2003
15. Smith NC et al: Supracondylar fractures of the femur in children. *J Pediatr Orthop.* 21(5):600-3, 2001
16. Stover M: Distal femoral fractures: current treatment, results and problems. *Injury.* 32 Suppl 3:SC3-13, 2001
17. Seligson D: Treatment of supracondylar fractures of the femur. *J Trauma.* 49(2):360, 2000
18. Muralikuttan KP et al: Supracondylar stress fracture of the femur. *Injury.* 30(1):66-7, 1999
19. Schatzker J: Fractures of the distal femur revisited. *Clin Orthop Relat Res.* (347):43-56, 1998
20. Albert MJ: Supracondylar Fractures of the Femur. *J Am Acad Orthop Surg.* 5(3):163-171, 1997
21. Marsh JL et al: Supracondylar fractures of the femur treated by external fixation. *J Orthop Trauma.* 11(6):405-10; discussion 411, 1997
22. Karpman RR et al: Supracondylar femoral fractures in the frail elderly. Fractures in need of treatment. *Clin Orthop Relat Res.* (316):21-4, 1995
23. Newman JH: Supracondylar fractures of the femur. *Injury.* 21(5):280-2, 1990



**(Слева)** При рентгенографии коленного сустава в передне-задней проекции у мужчины 35 лет после мотоциклетной аварии определяется Т-образный перелом дистального отдела бедренной кости с заметным раздроблением [1]. Отмечается слабовыраженный вертикальный компонент комплекса перелома [2], который заходит на суставную поверхность. **(Справа)** При рентгенографии в боковой проекции у этого же пациента определяется распространение дробления дистального отдела бедренной кости, а также существенная угловая деформация. Обратите внимание на то, что вертикальная часть перелома в боковой проекции не визуализируется.



**(Слева)** КТ кости, коронарный срез: у этого же пациента определяется раздробление в надмыщелковой области перелома [1]. Отмечается боковое смещение мыщелка [2] по отношению к дистальному диафизу бедренной кости [3]. **(Справа)** МРТ T1 ВИ, коронарный срез: определяется вертикальный перелом медиального мыщелка бедренной кости с отсутствием смещения [1]. Четкие признаки поражения суставной поверхности отсутствуют.



**(Слева)** МРТ T2 ВИ, режим подавления сигнала от жира, коронарный срез: у бегуна 13 лет с хронической болью в бедре определяется поперечный надмыщелковый стрессовый перелом [1], окруженный отеком костного мозга. Обратите внимание на периостальное формирование новой кости [2], что свидетельствует о подострой фазе этой травмы. **(Справа)** МРТ PD ВИ, режим подавления сигнала от жира, сагиттальный срез: у этого же пациента определяется неполный перелом диафиза бедренной кости, который не распространяется на передний кортикальный слой. Сзади визуализируется утолщенная периостальная новая кость [1].

## Перелом дистального отдела бедренной кости

(Слева) При рентгенографии женщины 84 лет после падения, в передне-задней проекции определяется заметное раздробление дистального отдела бедренной кости. Вероятно, что существенную причинную роль в этом переломе играет остеопения. Отмечается слабовыраженный отступ суставной поверхности латерального мыщелка . (Справа) При рентгенографии у этой же пациентки в боковой проекции определяется степень дробления надмыщелковой поверхности дистального отдела бедренной кости, а также заднее смещение мыщелков бедренной кости по отношению к диафизу.



(Слева) КТ кости, коронарный срез: у этой же пациентки определяется раздробление дистальной части бедренной кости и слабовыраженный вертикальный перелом, распространяющийся на суставную поверхность латерального мыщелка и разрывающий его . Кровоизлияние в пространство костного мозга  не должно быть ошибочно принято за опухоль. (Справа) КТ кости, сагиттальный срез: у этого же пациента определяется скопление продуктов крови  в костномозговом пространстве дистального отдела бедренной кости вследствие острого перелома. Острый край кровоизлияния  может быть ошибочно принят за новообразование.



(Слева) МРТ T2 ВИ, режим подавления сигнала от жира, коронарный срез: у пациента 13 лет определяется повышение интенсивности сигнала  от дистального физиса, характерный для травмы Салтера–Харриса. Небольшой осколок метафиза  классифицирует данный перелом как II степень. Над уровнем осколка отмечается периостальное возвышение . (Справа) МРТ T1 ВИ, коронарный срез: определяется продольная линия перелома , распространяющаяся через межмыщелковую вырезку дистального метафиза бедренной кости. Отмечается некоторое расширение медиальной поверхности зоны роста , однако метафиз нормальный. Это перелом Салтера–Харриса III степени.

