

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

В.Д. Завадовская

**ОСНОВЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ
ЗАБОЛЕВАНИЙ
ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Учебное пособие

Томск
Издательство СибГМУ
2016

УДК 616.7-073.75(075.8)
ББК 54.18-43я73
3-130

Завадовская В.Д.

З 130 Основы лучевой диагностики заболеваний опорно-двигательного аппарата : учебное пособие для студентов / В. Д. Завадовская. – Томск : Изд-во СибГМУ, 2016. – 94 с.

В учебном пособии представлены общие положения о развитии и анатомии опорно-двигательного аппарата, методы лучевой диагностики и показания для их использования при исследовании костей и суставов, изложены основы посиндромного подхода к диагностике заболеваний костно-суставной системы, основы диагностики травматических повреждений.

Учебное пособие подготовлено по дисциплине «лучевая диагностика и лучевая терапия» в соответствии с Федеральным государственным стандартом высшего образования для студентов, обучающихся по специальностям «Лечебное дело», «Педиатрия», «Медицинская биофизика», «Медицинская кибернетика», «Стоматология».

Рецензенты:

Ю.Т. Игнатъев – д-р мед. наук, профессор, заведующий, кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО ОмГМА, (г. Омск).

А.В. Брюханов – д-р мед. наук, профессор, кафедра лучевой диагностики и эндоскопии ФПК и ППС ГБОУ ВПО АГМУ, (г. Барнаул).

Утверждено и рекомендовано Учебно-методической комиссией лечебного факультета (протокол № 78 от 15.06.2016 г.)

© В.Д. Завадовская, 2016
© ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
1. Общие положения о развитии и анатомии костей и суставов.....	5
2. Методы лучевой диагностики, физические основы, анатомия.....	8
2.1. Рентгенография.....	8
2.2. Компьютерная томография.....	13
2.3. Ультразвуковое исследование.....	16
2.4. Магнитно-резонансная томография.....	22
2.5. Сцинтиграфическое исследование опорно-двигательного аппарата.....	26
3. Основные патологические процессы в костях и их лучевая диагностика.....	30
3.1. Остеопороз.....	31
3.2. Остеомалация.....	38
3.3. Деструкция.....	41
3.4. Остеолиз.....	44
3.5. Атрофия.....	45
3.6. Остеосклероз.....	46
3.7. Периостит.....	48
3.8. Гипертрофия.....	53
3.9. Параостоз.....	53
3.10. Некроз и секвестрация кости.....	56
4. Травматические повреждения костей.....	58
4.1. Перелом кости.....	58
4.2. Вывихи.....	576 0
4.3. Особенности переломов детского возраста.....	61
4.4. Особенности переломов у лиц пожилого и старческого возраста.....	62
4.5. Заживление переломов.....	63
4.6. Возможности КТ, УЗИ, МРТ и сцинтиграфии в диагностике травматических повреждений опорно-двигательного аппарата.....	66
5. Тестовые задания.....	69
6. Эталоны ответов на тестовые задания.....	77
7. Ситуационные задачи.....	78
8. Ответы на ситуационные задач.....	91
Рекомендуемая литература.....	93

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лучевая диагностика заболеваний опорно-двигательного аппарата предполагает использование всех методов лучевого исследования, включая классическую рентгенографию, рентгеновскую компьютерную и магнитно-резонансную томографию, ультразвуковое сканирование и радионуклидную остеосцинтиграфию. Подобное многообразие методов медицинской визуализации, используемое в современной клинической медицине, обусловлено анатомической областью исследования и предполагаемой патологией.

Так, для оценки состояния оссифицированных структур оптимальными методами являются рутинная рентгенография и рентгеновская компьютерная томография (КТ), т. е. методы, основанные на использовании рентгеновского излучения.

Мягкотканые элементы суставов, хрящи, сухожилия, нервы, т. е. неоссифицированные структуры, являются прерогативой ультразвукового исследования (УЗИ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Особое место при патологии опорно-двигательного аппарата занимает ядерная медицина, позволяющая на основании отражения метаболических процессов костной ткани, возможности образования связи радиофармакологических препаратов (РФП) с определенными клеточными структурами обеспечить раннюю индикацию воспалительных и неопластических процессов.

При этом перечисленные методы могут применяться как самостоятельно, так и в определенном, оптимальном для конкретной клинической ситуации сочетании, являясь не взаимоисключающими, а взаимодополняющими.

В данном разделе методического пособия, наряду с общими положениями о развитии и анатомии костей и суставов, излагаются особенности визуализации определенных анатомических структур при каждом из многочисленных современных методов лучевой диагностики в зависимости от их физических основ, показания к использованию каждого метода, визуальная характеристика синдромов па-

тологических состояний опорно-двигательного аппарата, основы диагностики травматических повреждений, в том числе возрастные особенности переломов.

Данное пособие будет представлять интерес для интернов, клинических ординаторов, обучающихся по специальности «Рентгенология», а также для интернов и ординаторов смежных специальностей.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ О РАЗВИТИИ И АНАТОМИИ КОСТЕЙ И СУСТАВОВ

Кость – важное и сложное образование, состоящее из собственно костной ткани, костного мозга, эндоста, периоста, сосудов, нервов, лимфоидных и хрящевых элементов.

Основной единицей кости является остеон. Остеон представляет собой мельчайшие костные пластинки, состоящие из остеоцитов и коллагеновых волокон, располагающиеся в виде цилиндров вокруг костных канальцев, внутри которых находятся сосуды. Остеоны образуют костные балки – трабекулы. Промежутки между костными балками представляют собой костномозговые пространства, заполненные костным мозгом. Каждая костная балка покрыта однослойным клеточным покровом – эндостом. Снаружи кость покрыта надкостницей – периостом.

Костная ткань человека, в зависимости от анатомической принадлежности, проходит в своем развитии две фазы (мезенхимальную и костную) или три фазы (мезенхимальную, хрящевую и костную).

Мезенхимальная фаза развития начинается на 3 неделе внутриутробного развития и сохраняется в отдельных костях (кости свода черепа) до окончательного формирования скелета. *Хрящевая фаза* начинается на 3 месяце пренатального развития и также завершается на этапе внутриутробного периода развития полностью к 5 месяцу. *Костная фаза* возникает к концу 2 месяца внутриутробного развития и завершается к 20–22 годам жизни человека.

Кости, создающиеся первым путем – непосредственно из соединительной ткани, носят название первичных (покровных), и к ним относятся кости свода черепа и лицевого скелета, ключица. Остальные кости образуются трехфазным путем и называются вторичными. К ним относятся трубчатые кости, позвонки, ребра, грудина и весь скелет конечностей, за исключением ключицы.

Процесс окостенения происходит перихондрально и энхондрально. Путем перихондрального окостенения создается компактная кость, находящаяся на поверхности кости. Путем энхондрального окостенения образуется губчатая кость, располагающаяся внутри. Процесс окостенения всех костей начинается с образования в них центров (ядер) окостенения, которые появляются в определенный возрастной период.

К моменту рождения ребенка сформированы ядра окостенения дистального эпифиза бедренной кости и проксимального эпифиза большеберцовой кости, что является одним из признаков доношенности новорожденного. Во всех остальных костях у новорожденного ребенка ядер окостенения эпифизов нет. Рост кости в длину осуществляется за счет зон роста (метаэпифизарного хряща), а в ширину – за счет надкостницы.

В кости различают компактное и губчатое вещество. В компактном веществе костные балки прилежат тесно друг к другу. В губчатой части кость имеет трабекулярную структуру, образованную пересечением костных балок и пространства между ними, заполненного красным костным мозгом.

Все кости подразделяются на трубчатые (длинные и короткие), губчатые и плоские. Примером длинных трубчатых костей являются кости плеча, предплечья, бедра и голени. Короткие трубчатые кости – это плюсневые и пястные кости, фаланги. Губчатые кости – это позвонки, пяточная кость, кости запястья и предплюсны. Плоские кости – кости таза, черепа, лопатка, грудина, ребра.

В трубчатых костях различают диафиз, метафиз и эпифиз. Кроме того, как в трубчатых, так и в губчатых и плоских костях имеются апофизы.

Диафиз – это центральная часть кости, которая представлена костномозговым каналом, окруженным компактным (кортикальным) веществом кости. Наибольшая толщина компактного слоя кости имеет место в центре диафиза. Костномозговой канал заполнен желтым костным мозгом, снаружи диафиз покрыт надкостницей. Метафиз является непосредственным продолжением диафиза и представлен губчатым веществом. Снаружи метафиз, так же как и диафиз, покрыт надкостницей. Границей между метафизом и эпифизом служит у детей зона роста или метаэпифизарный хрящ. Метаэпифизарный хрящ обеспечивает рост кости в длину. Периферический отдел метафиза называется зоной предварительного обызвествления, в которой в те-

чение всего периода роста организма происходят размножение хрящевых клеток, их обызвествление и последующее замещение костной тканью.

Концевые отделы длинных трубчатых костей, принимающие участие в образовании суставов, носят название эпифизов и представлены губчатым веществом. Эпифизы имеют собственное ядро окостенения, которое в большинстве костей появляется в постнатальном периоде в определенный для этого отдела скелета срок. Как указывалось выше, только в эпифизах, образующих коленный сустав, ядра окостенения возникают в пренатальном периоде. Ядра окостенения эпифизов вначале имеют вид небольшого плотного островка губчатой кости, который с возрастом постепенно увеличивается в размерах и приобретает форму эпифиза, характерного для данной кости. Чем меньше размер ядра окостенения, тем шире зона роста, и наоборот. Слияние эпифиза с метафизом означает прекращение роста кости в длину. Поверхность эпифизов, образующая суставную поверхность, покрыта суставным гиалиновым хрящом, наружные поверхности эпифизов вне гиалинового хряща надкостницы не содержат.

Короткие трубчатые кости кистей и стоп имеют особенности развития. Эти особенности состоят в том, что только один конец кости представляет собой эпифиз, имеющий собственное ядро окостенения. Второй конец кости не имеет собственной точки окостенения и образуется за счет диафиза. Во всех фалангах кистей и стоп, в 1 пястной и 1 плюсневой костях самостоятельная точка окостенения появляется в проксимальном конце кости – эпифизе основания кости. Во 2, 3, 4 и 5 пястных и плюсневых костях такая же точка окостенения появляется только в дистальном конце кости – эпифизе головки кости. Добавочные точки окостенения, появляющиеся в противоположных нормальному эпифизу концах костей, называются псевдоэпифизами.

Апофизами обозначают костные выросты, к которым прикрепляются сухожилия мышц. Апофизы состоят из губчатого вещества, имеют собственное ядро окостенения и поэтому у детей отделяются от основной кости зоной роста. Так же как и эпифизы, они не покрыты надкостницей. Однако апофизы не участвуют в образовании суставов. Примером апофизов являются большой и малый вертел бедренных костей, гребень подвздошной кости, бугристость пяточной кости, край тела позвонка.

Кости соединяются друг с другом посредством суставов, в образовании которых участвуют дистальные эпифизы вышележащей ко-

сти и проксимальные эпифизы нижележащей кости. Суставная поверхность эпифизов покрыта гиалиновым хрящом.

2. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, АНАТОМИЯ

2.1. Рентгенография

Основополагающим методом диагностики заболеваний и повреждений костей и суставов является рентгенография, которая обеспечивает визуализацию анатомических элементов исследуемого отдела скелета, позволяет судить о целостности кости и ее структуре, о взаимоотношении костных элементов, образующих суставы.

Именно остеология является тем разделом клинической медицины, развитие которого в первую очередь обязано открытию рентгеновских лучей и описанию неизвестных до внедрения рентгеновских методов исследования заболеваний. Применение рентгенографии при исследовании костной системы обусловлено ослаблением рентгеновского излучения оссифицированными структурами скелета.

Показания для выполнения рентгенографии при исследовании опорно-двигательного аппарата

1. Диагностика доброкачественных и злокачественных новообразований скелета.
2. Диагностика специфических и неспецифических воспалительных заболеваний скелета.
3. Травматические повреждения костей и суставов.
4. Оценка формирования костной мозоли.
5. Первоначальный этап исследования больных суставным синдромом.
6. Диагностика метаболических изменений скелета.

Методика рентгенологического исследования костей и суставов

Рентгенография костей и суставов выполняется в рентгеновских кабинетах, оснащенных рентгеновскими диагностическими установками, которые могут давать изображение как в аналоговом (плёночном) режиме, так и с использованием цифровой обработки изображения. Рентгенография исследуемого отдела скелета выполняется в

стандартных режимах для имеющихся в распоряжении конкретного лечебного учреждения рентгеновских аппаратов. Обязательное условие при рентгенологическом исследовании скелета – это рентгенография исследуемой области в двух взаимно-перпендикулярных проекциях. Исключение составляют кости таза, сложно получить изображение в двух проекциях лопатки, грудины.

При рентгенографии трубчатых костей обязательным условием является получение изображения на рентгенограмме одновременно с исследуемой костью близлежащего сустава для правильной анатомической ориентации.

Рентгеновская анатомия костей и суставов

Кость в рентгеновском изображении представлена структурами, содержащими кальций, которые поглощают рентгеновское излучение и на рентгенограмме создают интенсивную тень. Остальные элементы кости, не содержащие кальций, – костный мозг, хрящ, надкостница – рентгенонегативны.

Как уже указывалось выше, в кости различают компактное и губчатое вещество. Наиболее интенсивную и одновременно однородную тень образует компактная кость, поскольку в компактном веществе костные балки прилежат плотно друг к другу. Губчатое вещество дает на рентгенограмме в целом менее интенсивную тень в результате чередования костных оссифицированных балок и костномозгового пространства. В связи с этим отдельные анатомические отделы кости имеют свои особенности.

Диафиз, представляющий собой центральную часть трубчатой кости, характеризуется различной плотностью в проекции компактного вещества и костномозгового канала. Компактная кость визуализируется по периферии диафиза и в рентгенологическом отображении характеризуется высокой интенсивностью, в проекции костномозгового канала интенсивность затемнения меньше. Необходимо еще раз подчеркнуть, что в середине диафиза толщина компактного слоя наибольшая, а ширина костномозгового канала наименьшая. Знание данной анатомической закономерности имеет значение в рентгенологической диагностике остеопороза. Надкостница, покрывающая снаружи диафиз и метафиз, в норме на рентгенограммах не видна и визуализируется только в случае ее обызвествления.

Метафиз примыкает к диафизу и представляет собой участок губчатой кости определенной протяженности. Выделяют два ориен-

тира, по которым можно определить границу между диафизом и метафизом. Первым ориентиром границы между метафизом и диафизом является уровень окончания костномозгового канала, что не всегда можно отчетливо выявить на рентгенограмме. Другим критерием является уровень истончения кортикального слоя. Граница между метафизом и эпифизом проходит по зоне метаэпифизарного хряща, который не поглощает рентгеновское излучение и поэтому представлен светлой рентгенонегативной полоской. Метафиз снаружи также покрыт надкостницей.

Эпифизы состоят из губчатой кости, и поэтому они имеют такую же структуру и плотность, как и метафизы. До появления ядра окостенения зона эпифиза представлена рентгенонегативным участком, а основу его составляет гиалиновый хрящ. Отсутствие ядра окостенения создает на рентгенограмме кажущееся впечатление широкой суставной щели. Ядро окостенения эпифиза трубчатых костей при его появлении имеет на рентгенограмме вид округлого образования диаметром несколько миллиметров, по плотности соответствующего губчатой кости. По мере увеличения размеров ядра окостенения ширина зоны роста постепенно уменьшается. Закрытие зоны роста и отсутствие визуализации рентгенонегативной полоски между метафизом и эпифизом свидетельствуют о завершении роста кости в длину и завершении развития данного участка скелета. Ширина зоны роста зависит от возраста человека – зона роста наиболее широкая в раннем детском возрасте, у взрослых людей в месте бывшей «светлой» зоны роста имеется тонкая линия уплотнения кости.

Апофизы как части костей, имеющие собственное ядро окостенения, отделены от основной кости при незавершенном развитии скелета зоной роста. Форма апофизов различна и зависит от анатомической локализации. Так, например, апофизы гребня подвздошной кости представлены серпообразной линией, апофизы большого вертела бедренной кости, мышечков локтевой кости имеют вид компактного островка. Знание локализации апофизов и их формы помогает избежать ошибочного диагноза травматического повреждения кости.

Понятие рентгеновской суставной щели включает в себя «светлый» рентгенонегативный промежуток определенной высоты, расположенный между суставными концами костей, образующих сустав, и обусловленный гиалиновым хрящом, покрывающим с обеих сторон сочленяющиеся поверхности эпифизов суставных концов костей. Ширина суставной щели конкретного сустава должна быть одинакова

на обеих конечностях и у взрослого человека в зависимости от анатомического вида сустава может колебаться от 1 до 8 мм (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Рентгеновский снимок костей голени и голеностопного сустава ребенка (а) и взрослого (б). Эпифизы большеберцовой и малоберцовых костей у ребенка отделены от метафизов светлой полоской метаэпифизарного хряща. Визуализируется апофиз бугра пяточной кости

Функциональной единицей позвоночного столба является двигательный сегмент, включающий два смежных позвонка, межпозвонковый диск между ними, дугоотростчатые суставы, связочный аппарат.

Все элементы позвонков имеют губчатое строение. Позвонки состоят из тела, дужек, верхних и нижних суставных отростков, поперечных отростков, остистого отростка. В детском возрасте тела позвонков имеют двояковыпуклую форму за счет отсутствия оссифицированных апофизов. Апофиз позвонков у человека имеет вид валика,

располагающегося по каудальной и вентральной поверхностям позвонка. Ядра окостенения апофизов появляются в возрасте от 6 до 9 лет, синостозирование с телом позвонка происходит в период с 23 до 26 лет. В результате синостозирования апофизов и тел последние приобретают форму, приближающуюся к четырехугольной. В структуре губчатых тел позвонков костные балки имеют различную направленность, при остеопорозе преобладает визуализация вертикальных балок. Краниальная и вентральная поверхности позвонков имеют слегка вогнутую поверхность, они покрыты гиалиновым хрящом. Задняя поверхность тел позвонков и замкнутые на уровне остистого отростка дужки образуют спинальный канал. Межпозвонковое пространство выполнено межпозвонковым диском, состоящим из гидратированного пульпозного ядра и окружающего его фиброзного кольца. Волокна фиброзного кольца имеют вертикальную направленность и плотно фиксированы на замыкательных поверхностях позвонков (рис. 2.2). Дегидратация пульпозного ядра, растрескивание фиброзного кольца лежат в основе дегенеративного поражения позвоночника – остеохондроза.

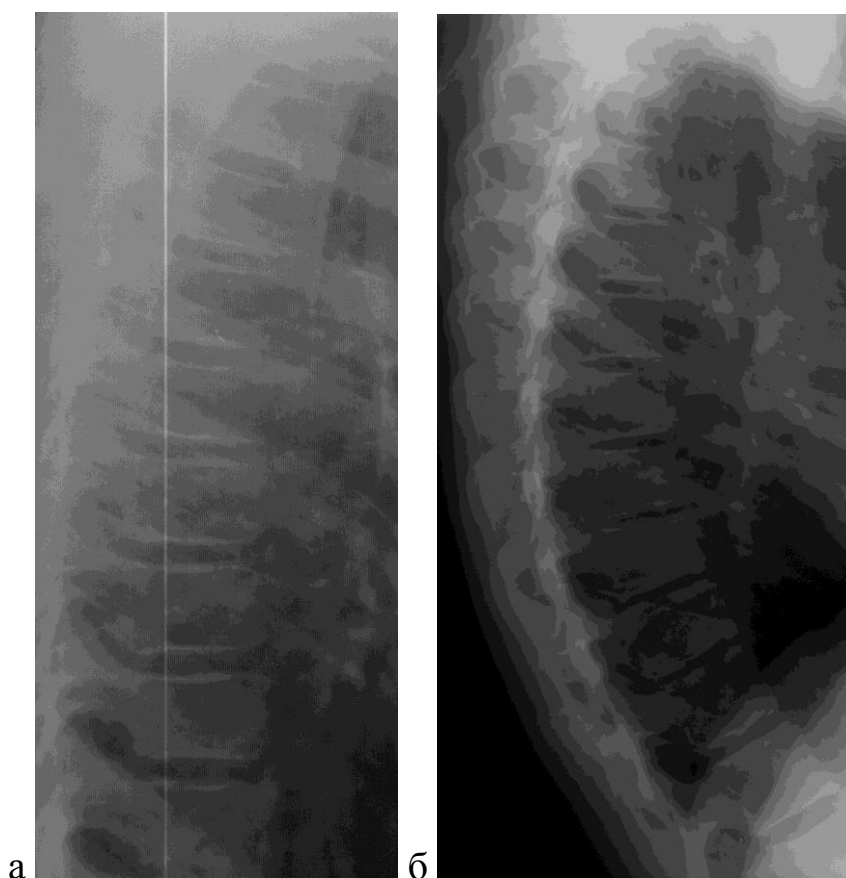


Рис. 2.2. Рентгеновский снимок позвоночника ребенка (а) и взрослого (б) в боковой проекции. Апофизы позвонков у ребенка не оссифицированы

Оставаясь основополагающим методом исследования скелета, рентгенографический метод имеет существенное ограничение, заключающееся в том, что с помощью рентгенографии можно определить нарушение структуры кости и выявить костную деструкцию, если потеря костной массы в исследуемой зоне составляет не менее чем 30%. Изменение структуры кости, возникающее в меньшем объеме, увидеть практически невозможно за счет суммационного эффекта при рутинном рентгенологическом исследовании. Поэтому не все патологические процессы в кости сопровождаются таким морфологическим субстратом, который может быть зарегистрирован на рентгенограммах. Это относится к малым объемам деструкции, начальным проявлениям структурной перестройки кости метаболического характера, изменениям костного мозга, состоянию мягкотканых структур. Для выявления подобных патологических состояний используется широкий спектр современных методов медицинской визуализации.

2.2. Компьютерная томография

Компьютерная томография (КТ) обеспечивает высокое разрешение изображения при визуализации костей скелета в аксиальной плоскости и получение 3-х мерной реконструкции изображения.

Учитывая, что в основе получения изображения костей при рентгенографии и КТ лежат принципиально аналогичные условия — ослабление пучка рентгеновского излучения при прохождении через костные структуры, то основные показания будут подобны показаниям для рутинной рентгенографии. В то же время существенно высокая разрешающая способность, отсутствие суммационного эффекта, большая чувствительность детекторов в регистрации ослабления излучения и возможность денситометрической оценки позволяют выделить ряд уточняющих показаний для выполнения КТ при исследовании скелета.

Показания для применения КТ при исследовании опорно-двигательного аппарата

1. Выявление начальных (ограниченных) проявлений деструкции как при неопластических, так и при воспалительных процессах.
2. Установление кортикальной, периостальной и эндостальной инвазии неопластического процесса.
3. Исследование отделов скелета, создающих проблемы для рутинной рентгенографии в двух взаимно перпендикулярных проекциях (кости таза, лопатка, грудина).

4. Установление внутрикостных и интрамедуллярных секвестров, поверхностных параоссальных секвестров при планировании объема секвестрэктомии у больных хроническим остеомиелитом.
5. Установление по денситометрическим показателям состояния костного мозга.
6. Определение топографо-анатомических взаимоотношений неизмененной кости, сосудов, окружающих мягких тканей и патологического образования для планирования адекватного объема и подхода при оперативных вмешательствах.
7. КТ с контрастным усилением (пофазное контрастное усиление) для дифференциальной диагностики ряда неопластических и воспалительных заболеваний.
8. Выполнение интервенционных вмешательств под контролем КТ: диагностическая пункция патологического образования, лечебные интервенционные мероприятия – эмболизация, цементирование и т. д.

Методика КТ исследования опорно-двигательного аппарата

Исследование выполняется в кабинете компьютерной томографии с использованием стандартных программ для каждой диагностической установки и анатомической области. Толщина среза в зависимости от исследуемого фрагмента скелета колеблется от 1 мм до 10 мм. Принцип получения изображения костей при КТ аналогичен в целом принципу отображения костей на рутинных рентгенограммах и определяется степенью ослабления коллимированного пучка рентгеновского излучения при прохождении его через ткани различной плотности. В то же время чувствительность детекторов более чем в 100 раз превышает чувствительность рентгеновской пленки в регистрации степени ослабления рентгеновского излучения, что в сочетании с цифровой обработкой электрического импульса обеспечивает визуализацию структур с большим диапазоном различий в плотности.

КТ опорно-двигательного аппарата выполняется в аксиальной проекции, а также с использованием 3-х мерной реконструкции, что обеспечивается мультисрезовыми спиральными компьютерными томографами. Оценка состояния костей и окружающих их мягких тканей осуществляется как качественно визуально, так и по денситометрическим показателям плотности. Условия визуального наблюдения меняются в зависимости от поставленных задач, для чего

изменяются ширина и уровень электронного «окна». Основным преимуществом метода является отсутствие суммационного эффекта, что позволяет отчетливо визуализировать и дифференцированно оценить состояние кортикального слоя кости, структуру губчатой кости, ширину просвета и содержимое костномозгового канала и состояние окружающих мягких тканей.

КТ-анатомия костно-суставной системы

Как и при рутинном рентгенологическом исследовании, при КТ надкостница в нормальном состоянии у взрослого человека самостоятельно не дифференцируется. Кортикальный слой оценивается по всему периметру кости, он представлен однородной высокоплотной (гиперденсной), четко отграниченной от окружающих мягких тканей структурой. В норме кортикальный слой не должен прерываться, исключения составляют попадающие в поперечный срез аа. nutriticia. Толщина кортикального слоя зависит от конкретного отдела скелета. Плотность кортикального слоя кости соответствует +500 НУ. Губчатая кость представлена отчетливо визуализируемой трабекулярной структурой, при остеопорозе количество видимых костных трабекул может уменьшаться, а их толщина может как уменьшаться, так и увеличиваться (гипертрофированные трабекулы). Толщина собственно губчатого слоя в трубчатых костях, как и кортикального, зависит от исследуемого отдела конечности. Денситометрическая плотность губчатой кости колеблется в широком диапазоне, она представляет собой сочетание плотности красного костного мозга и плотности костных трабекул.

Костномозговой канал должен прослеживаться на всем протяжении диафиза трубчатых костей, ширина костномозгового пространства зависит от конкретной трубчатой кости и уровня томографического среза. Костномозговой канал выполнен желтым костным мозгом, структура его однородна без каких-либо включений. Плотность костномозгового канала по денситометрическим показателям находится в пределах от 0 до -150 НУ, в среднем -46 ± 3 НУ. Разница в плотности костного мозга на симметричных участках здоровых конечностей в среднем составляет 8 ± 4 НУ.

Окружающие мягкие ткани представлены кожей и подкожно-жировой клетчаткой, мышцами, фиброзной тканью, сухожильно-связочным аппаратом, сосудами. Слой кожи однороден, ввиду тонкого слоя возникновения артефактов делает измерение его плотности

некорректным. Подкожно-жировая клетчатка разделена соединительнотканными перегородками, имеет плотность жира от -50 до -100 HU. На фоне жировой ткани визуализируются сосуды (подкожные вены) в виде округлых структур мягкой плотности (от $+30$ до $+50$ HU). Мышцы визуализируются как четко очерченные мягкотканые структуры (от $+50$ до $+60$ HU), разделенные межмышечными плотными фасциальными перегородками. Плотность мышечной ткани по денситометрической плотности соответствует жидкостным структурам. Сухожилия и связки имеют плотность выше денситометрической плотности мышц (от $+80$ до $+90$ HU) (рис. 2.3).

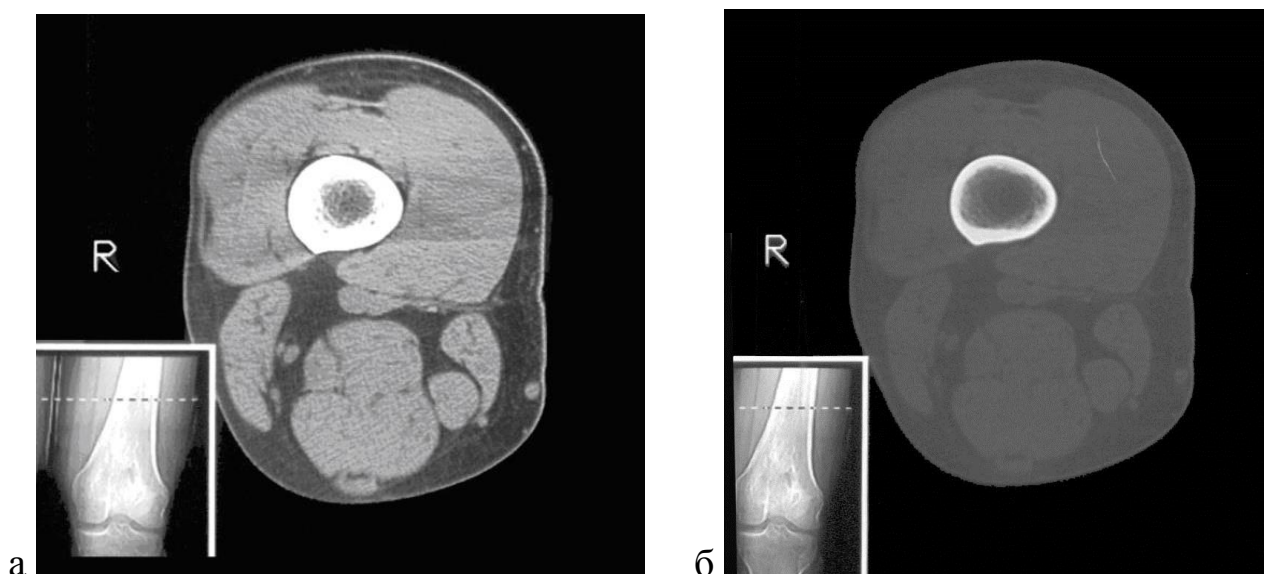


Рис. 2.3. КТ дистального метадиафиза бедренной кости в мягкотканном (а) и костном (б) электронных окнах

Несмотря на высокую разрешающую способность КТ, этот метод имеет определенные ограничения при визуализации мягкотканых элементов, в частности сухожилий, связок, синовиальной оболочки и т. д.

2.3. Ультразвуковое исследование

Получение изображения определенного органа или системы при ультразвуковом исследовании основывается на способности ультразвука отражаться в различной степени от тканей с различными акустическими свойствами.

Несмотря на то, что кость относится к тканям, не обладающим свойством звукопроводимости, ультразвук имеет широкую область применения при патологии опорно-двигательного аппарата, обусловленную хорошей визуализацией мягких тканей, окружающих кость, включая кожу и подкожную клетчатку, мышцы и фасциальные про-

слойки, сухожильно-связочный аппарат, все мягкотканые элементы суставов – суставную капсулу, содержимое суставной сумки, суставные хрящи, а также нервы, прилежащие сосуды. Кроме того, достаточную диагностическую информацию можно получить на основании визуализации собственно кортикального слоя кости и отдельных элементов скелета в зависимости от анатомического положения и возраста пациента. Отсутствие лучевой нагрузки, относительная быстрота исследования и экономическая доступность позволяют проводить неоднократное динамическое наблюдение, в том числе и в качестве мониторинга лечения.

Показания для применения УЗИ при исследовании опорно-двигательного аппарата

1. Диагностика остеомиелита на основании оценки состояния надкостницы, прилежащих мягких тканей и кортикального слоя кости.
2. Диагностика воспалительных и неопластических процессов мягких тканей.
3. Оценка распространенности костной опухоли на мягкие ткани и собственно опухоль мягких тканей.
4. Диагностика синовитов различной этиологии на основании визуализации внутрисуставного выпота и пролиферации синовия.
5. Диагностика энтезопатии (патологии места прикрепления сухожильно-связочного аппарата к кости).
6. Оценка динамики репаративных процессов на различных этапах формирования костной мозоли.
7. Диагностика травматических и дистрофических изменений мышц, сухожильно-связочного аппарата, менисков, патологии периферических нервных стволов.
8. Диагностика переломов отдельных костей скелета (ребра, кости свода черепа).
9. Диагностика патологии тазобедренного сустава новорожденных.
10. Инвазивные вмешательства под контролем ультразвука – диагностическая пункция локальных патологических образований, контроль за выполнением тонкоигольной аспирации и биопсии.
11. Обнаружение инородных тел в мягких тканях.

Методика УЗ исследования опорно-двигательного аппарата

Для ультразвукового исследования мягких тканей и костей используется линейный датчик частотой от 3,5 до 10–12–15 МГц. При исследовании глубоко расположенных структур, например при исследовании кортикального слоя кости бедренных костей, глубоко расположенных связок области таза, особенно у пациентов повышенного питания, применяют конвексные датчики с частотой до 5 МГц. Конвексные датчики используются и при исследовании межпозвоноковых дисков в вертебрологии. При исследовании области лучезапястного сустава необходимо большое количество геля. Единственным условием, ограничивающим возможности сонографии, является раневая поверхность над областью исследования.

Ультразвуковая анатомия мягкотканых и костных структур опорно-двигательного аппарата

Кожа в ультразвуковом изображении визуализируется в виде однородного гиперэхогенного пласта, толщина которого зависит от анатомической области исследования. Подкожно-жировой слой четко дифференцируется от кожи, имеет пониженную эхогенность, структура его разнородная за счет соединительнотканых прослоек, представленных гиперэхогенными структурами линейной или неправильной формы.

Мышцы характеризуются упорядоченно расположенными гипоэхогенными структурами, соответствующими мышечным волокнам, которые разделяются параллельно идущими гиперэхогенными линиями, являющимися соединительноткаными перегородками. В целом мышечные волокна приобретают «перистый» вид. Эхогенность мышечной ткани в норме ниже эхогенности подкожно-жирового слоя и кожи (рис. 2.4).

Нормальный мышечный пласт имеет сниженную эхогенность, окружен перимизиумом, состоящим из соединительной ткани. При продольном сканировании перистый компонент хорошо виден. Сухожилия, образованные коллагеновыми волокнами, имеют волокнистую (фибриллярную) структуру в виде чередования параллельных тонких гипоэхогенных сухожильных волокон и нежных линейных эхогенных соединительнотканых прослоек.

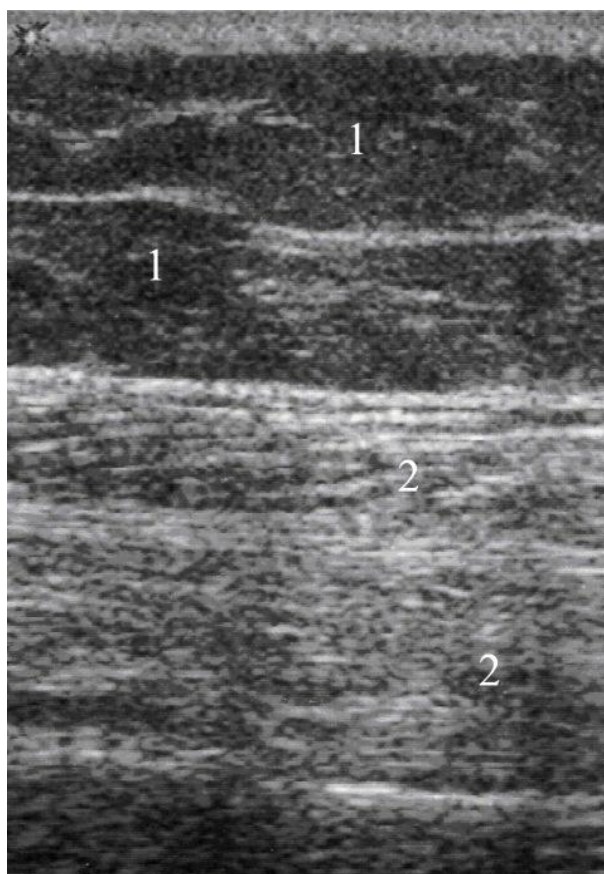


Рис. 2.4. Эхограммы жировой ткани и мышц. 1 – жировой слой, 2 – мышцы

Паратенон визуализируется в виде двух гиперэхогенных линий, которые идут вдоль сухожилия и пограничны с подкожным жиром. В месте прикрепления к кости ход волокон сухожилия не всегда строго перпендикулярный, за счет чего возникают эффект анизотропии и появление гипоэхогенных участков в структуре сухожилия. Связки имеют относительно сходную с картиной сухожилий ультразвуковую картину – гиперэхогенные образования с волокнистой, но менее отчетливой линейной структурой. Отличия крестообразных связок коленного сустава от связок другой локализации состоят в их нелинейном ходе.

Крупные периферические нервные стволы, так же как и сухожилия, визуализируются как линейные эхогенные структуры, близко примыкающие к сосуду. Визуализация периферических нервов основывается на эхогенности окружающих тканей. Ткань нервных стволов более эхогенна по сравнению с мышцами, но менее эхогенна по сравнению с сухожилиями. Эпиневриум, окружающий нервы и пограничный с окружающим подкожным жиром, имеет с основным нервным стволом одинаковую эхогенность, также менее выраженную по сравнению с сухожилиями и связками. Детальный ультразвуковой анализ структуры нервов показал, что менее эхогенная по сравнению

с сухожилиями линейная структура нервов обусловлена гипоэхогенными структурами эндоневрия, разделенными гиперэхогенным эпиневриумом (рис. 2.5).

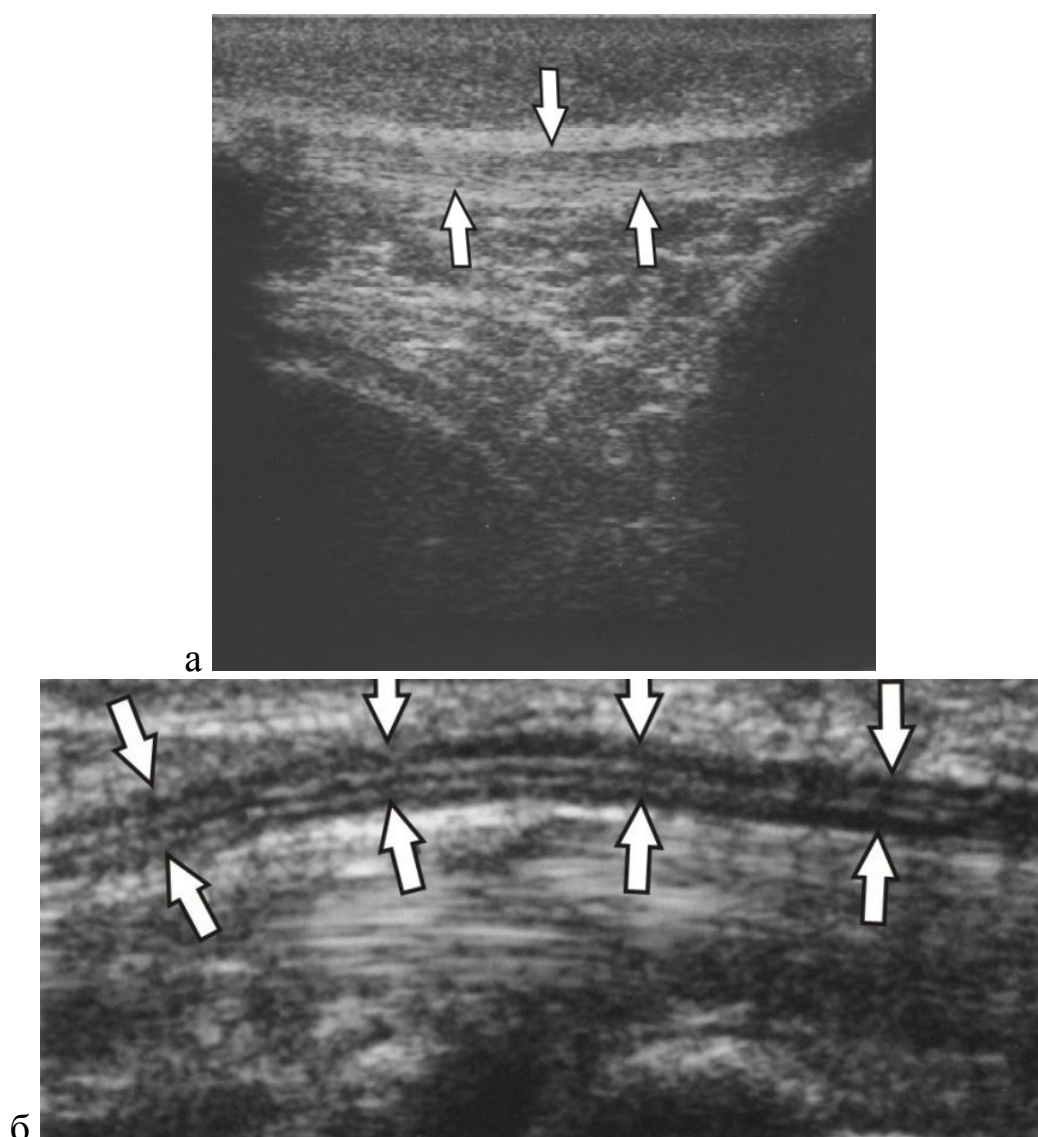


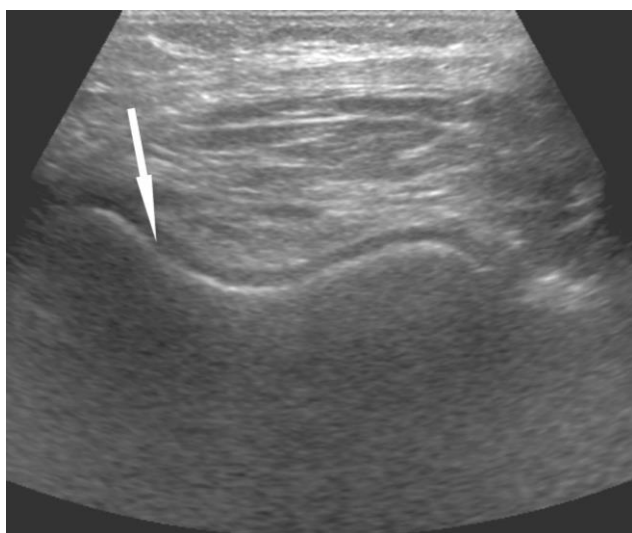
Рис. 2.5. Эхограммы собственной связки надколенника (а) и периферического нервного ствола (б) в продольном сечении (указаны стрелками)

Суставные сумки располагаются в месте прикрепления сухожилия – между сухожилием и костью. В норме в полости суставной сумки, в зависимости от ее размеров, могут определяться от 2 до 5 мл жидкости. В этих случаях полость суставной сумки выглядит в виде узкой гипоэхогенной полоски между гиперэхогенными стенками. Стенки суставной сумки представлены фиброзной (наружной) и синовиальной (внутренней) оболочками, которые не дифференцируются при ультразвуковом исследовании как отдельные структуры. Визу-

ализация синовиальной оболочки улучшается при наличии выпота или иной жидкости в полости сумки

Гиалиновый хрящ визуализируется в виде однородной гипоэхогенной или анэхогенной структуры на суставных поверхностях костей, образующих сустав. Его наружный и внутренний контуры ограничиваются тонкой гиперэхогенной полосой. Метаэпифизарный хрящ у детей также представлен гипоэхогенной или анэхогенной линией.

Волокнистый хрящ, образующий такие анатомические образования, как хрящевая губа крыши вертлужной впадины и суставной впадины лопатки, а также мениски имеют вид эхогенных структур. Например, мениски выглядят в виде гиперэхогенной структуры треугольной формы (рис. 2.6).



а



б

Рис. 2.6. Эхограммы анэхогенного гиалинового хряща (а), гиперэхогенного мениска (б) (указаны стрелками)

Надкостница у взрослых не видна, у детей надкостница визуализируется в виде полосы средней эхогенности, плотно прилежащей к кортикальному слою кости и отграниченной со стороны мягких тканей гиперэхогенным фасциальным влагалищем.

Кость является структурой с высоким акустическим сопротивлением, поэтому в ультразвуковом изображении она представлена только кортикальным слоем. Кортикальный слой кости имеет вид ровной резко эхогенной линии с акустической тенью. Приборы современного класса с использованием датчиков до 24 МГц в состоянии

визуализировать мелкие кости (фалангу, пястные или плюсневые кости) на всю глубину (рис. 2.7).

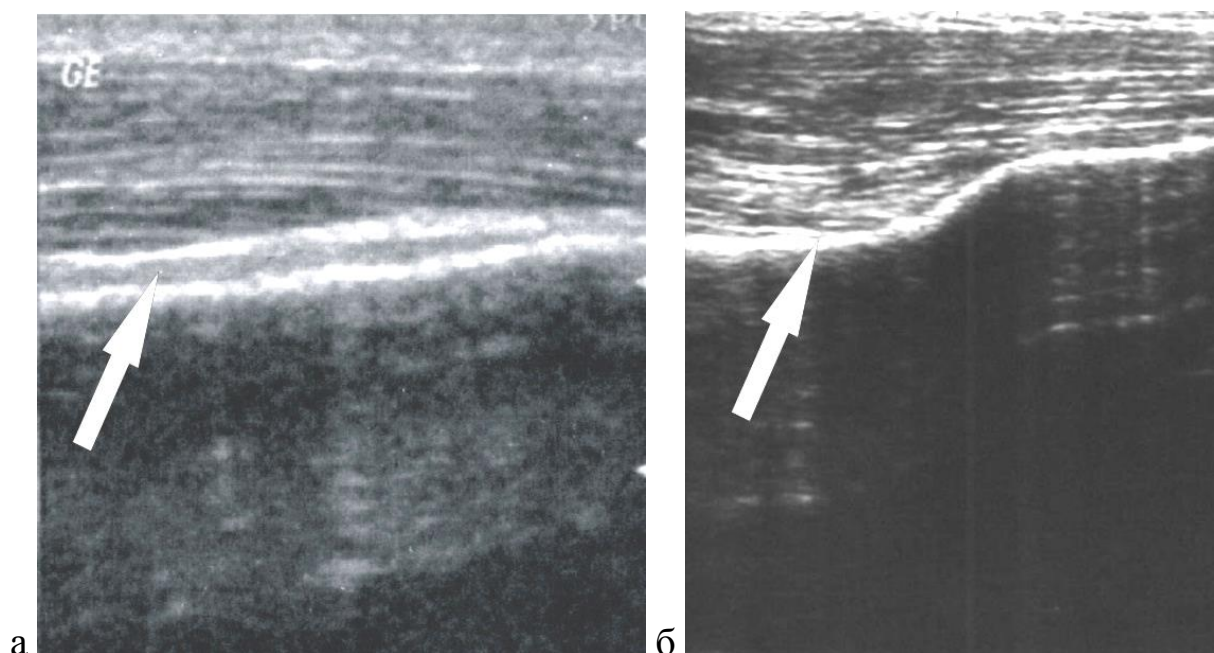


Рис. 2.7. Эхограммы надкостницы (стрелка) и кортикального слоя кости (а) и кортикального слоя кости без визуализации надкостницы (б)

2.4. Магнитно-резонансная томография

МРТ оптимально сочетает одновременную визуализацию костей и окружающих кость мягких тканей, включая все мягкотканые элементы суставов и обеспечивая тем самым практически полное анатомическое отображение исследуемой области при отсутствии лучевой нагрузки на организм.

При МРТ изображение получается не только в аксиальной, но и в сагиттальной и фронтальной проекциях, а также, как и при КТ, возможно выполнение 3-х мерной реконструкции изображения. Контрастное усиление изображения с использованием парамагнетиков повышает диагностическую эффективность метода путем лучшей дифференциации нормальных и отдельных патологических структур.

Показания для применения МРТ при исследовании опорно-двигательного аппарата

1. Широкое использование в артрологии для одновременной визуализации морфологического субстрата в мягкотканых и костных элементах сустава при воспалительных и дистрофических заболеваниях, травматических повреждениях.

2. Определение распространенности опухоли на окружающие мягкие ткани и костный мозг, контроль результатов терапии и выявление рецидивов.
3. Диагностика воспалительных процессов, включая дифференциальную диагностику воспаления костей и мягких тканей, в том числе в диабетической стопе.
4. Травматические повреждения опорно-двигательного аппарата при отрицательных или неопределенных рентгенологических данных – в том числе при ушибах костей и суставов, стрессовых переломах костей, травматических повреждениях сухожильно-связочного аппарата.
5. Генерализованные и локальные патологические процессы в костном мозге (дегенеративные, воспалительные, неопластические, травматические).
6. Аvascularные некрозы (головки бедренной кости у взрослых и детей, полулунной кости запястья и т. д.).
7. Заболевания позвоночника (дегенеративные, воспалительные, неопластические), травматические повреждения позвоночника.
8. Опухоли мягких тканей.
9. Метаболические заболевания скелета – остеопороз.

Методика исследования опорно-двигательного аппарата

Исследование пациента проводится в кабинете магнитно-резонансной томографии с использованием различного набора катушек (катушка для исследования коленного сустава, катушка для исследования лучезапястного сустава, катушки для исследования различных отделов позвоночника). При исследовании костей и суставов используются стандартные режимы – T1 взвешенное изображение (T1 ВИ), предназначенное преимущественно для анатомо-топографической оценки исследуемых структур, и T2 взвешенное изображение (T2 ВИ), которое используется для лучшей визуализации гидратированных структур. Достаточно часто при исследовании опорно-двигательного аппарата применяется режим подавления сигнала от жировой ткани, который выполняется при последовательности STIR (short-tau-inversion-recovery) или FSat (fat saturation). Контрастное усиление с использованием парамагнетиков типа «Магневист», «Гадовист» (фирма «Шеринг») и «Омнискан» (фирма «Никомед») выполняется в режиме T1 ВИ. Противопоказанием для МРТ

являются наличие у больного водителей ритма, металлические сосудистые клипсы, металлические имплантаты, клаустрофобия.

МРТ-анатомия мягкотканых и костных структур опорно-двигательного аппарата

Магнитно-резонансная томография позволяет получать изображения костей и суставов не только в аксиальной, но и в коронарной и сагиттальной проекциях. При этом методе отчетливо дифференцируются мышцы, жир, сухожилия, связки, все мягкотканые элементы суставов.

Кость при МРТ визуализируется опосредованно за счет сигнала от красного и желтого костного мозга, что в свою очередь обусловлено высокой протонной плотностью жира, составляющего от 50 до 80% костного мозга.

Собственно костные балки представляют собой структуры низкой протонной плотности, поэтому во всех режимах они характеризуются отсутствием сигнала и выглядят в виде участков черного цвета, соответствующих по форме исследуемому анатомическому фрагменту кости.

Между костными балками в губчатых костях располагается красный костный мозг, который характеризуется сигналом средней интенсивности в T1 ВИ и несколько более высоким в T2 ВИ. Желтый костный мозг по ходу костномозгового канала характеризуется в T1 ВИ высокоинтенсивным сигналом, в T2 ВИ МР-сигнал выглядит менее интенсивным.

Зона роста (метаэпифизарный хрящ) при незавершенном развитии скелета в T1 ВИ выглядит в виде черной полосы за счет отсутствия сигнала от зон базального (со стороны эпифиза) и предварительного (со стороны метафиза) обызвествления и от высоко гидратированного росткового хряща. В T2 ВИ зона роста дает яркий гиперинтенсивный сигнал в виде ярко-белой поперечной полосы гидратированного хряща между черными полосами от зон базального и предварительного окостенения.

Гиалиновые хрящи (суставные хрящи, зоны эпифизов и апофизов до их оссификации) в качестве относительно гидратированных структур образуют промежуточный сигнал, практически одинаковый в обоих основных режимах, поэтому суставные хрящи визуализируются как «серые» полосы, отделенные от пространства, заполненного красным костным мозгом в губчатой кости, низкоинтенсивной чер-

ной полоской субхондрального слоя кости. Фиброзно-волокнистый хрящ, который участвует в образовании менисков, хрящевой губы тазобедренного и плечевого суставов, треугольного хряща, обладает меньшей протонной плотностью, в результате чего в T1 ВИ и в T2 ВИ характеризуется однородным гипоинтенсивным сигналом, т. е. черным цветом.

Окружающие кость мягкие ткани, а также мягкотканые элементы сустава отчетливо дифференцируются в различных режимах МРТ.

Кожа, подкожная жировая клетчатка, а также межфасциальный жир в определенной степени напоминают отображение красного костного мозга и характеризуются в T1 ВИ гиперинтенсивным, а в T2 ВИ менее интенсивным сигналом, что соответственно визуализируется в виде ярко-белых и светло-серых структур. Сухожилия, связки, фасции, представленные практически не гидратированной фиброзной тканью, дают отчетливо низкий сигнал, т. е. выявляются в виде структур черного цвета в обоих стандартных режимах. Отдельные связки, например передняя крестообразная связка, в T2 ВИ характеризуются более интенсивным сигналом и поэтому представлены «серым» цветом.

Суставная капсула визуально сливается с синовиальным слоем.

Мышцы, в силу особенностей протонной плотности, практически не дают сигнала в T1 ВИ и с некоторым повышением сигнала в T2 ВИ. Поэтому визуально мышцы характеризуются структурами черного (T1 ВИ) или темно-серого (T2 ВИ) цвета, разделенными хорошо визуализируемыми за счет относительно высокого сигнала прослойками межфасциального жира (рис. 2.8).

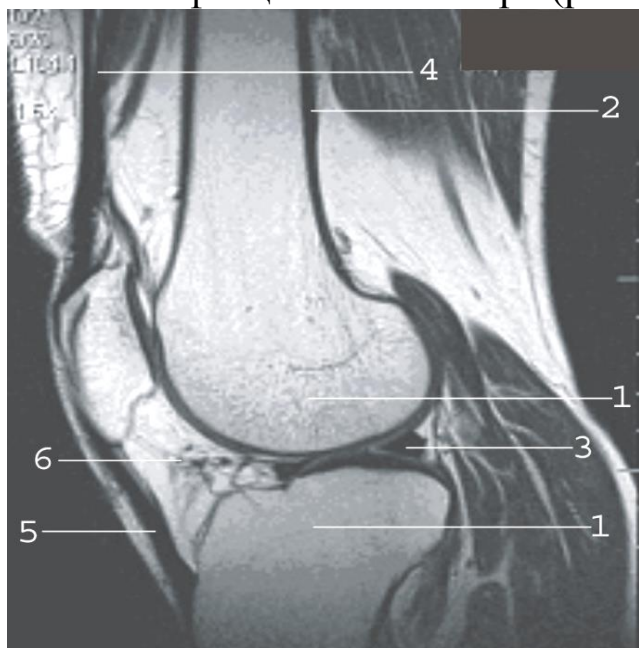


Рис. 2.8. МРТ (T1 ВИ) коленного сустава в сагитальной плоскости. 1 – эпифизы бедренной и большеберцовой кости; 2 – кортикальный слой; 3 – мениск; 4 – сухожилие четырёхглавой мышцы бедра; 5 – собственная связка надколенника; 6 – жировая ткань (тело Гоффа)

2.5. Сцинтиграфическое исследование опорно-двигательного аппарата

Методы ядерной медицины в силу кинетики РФП в состоянии отражать патофизиологические и патобиохимические процессы, в том числе и при исследовании костей. Радионуклидное исследование костей – остеосцинтиграфия – с применением остеотропных препаратов, представляющих собой фосфатные комплексы, меченые ^{99m}Tc , является высокочувствительным диагностическим методом, который широко используется в клинической практике. Возможность визуализации скелета при использовании данного метода основана на двух факторах – состоянии внутрикостного и мягкотканного кровотока и активности костного метаболизма. Остеосцинтиграфия не обладает высокой разрешающей способностью при визуализации патологического субстрата, однако этот метод позволяет на ранних стадиях заболевания обеспечивать индикацию любого патологического процесса.

В то же время некоторые патологические процессы в кости, которые не связаны с остеобластическими процессами, могут не отражаться на сцинтиграммах (например, миеломная болезнь). В подобных случаях сцинтиграфия скелета осуществляется с использованием коллоидных препаратов, депонирующихся в ретикулоэндотелиальной системе.

Показания для применения остеосцинтиграфии при исследовании опорно-двигательного аппарата

1. Диагностика первичных и вторичных опухолей скелета.
2. Диагностика воспалительных процессов в кости и мягких тканях.
3. Травматические повреждения (переломы ребер, крестца, стресс-перелом, травма детского возраста).
4. Аvascularные некрозы костей (болезнь Пертеса, аваскулярный некроз костей запястья и т. д.).
5. Оценка состояния и определение уровня нарушения внутрикостного и мягкотканного кровотока при облитерирующих заболеваниях сосудов конечностей.

Методика исследования опорно-двигательного аппарата (включая сцинтиграфическую индикацию очагов воспаления)

Радионуклидное исследование скелета выполняется в отделениях радионуклидных методов диагностики с использованием гамма-

камер, работающих как в планарном, так и в томографическом режимах. Остеосцинтиграфия осуществляется с применением остеотропных препаратов – фосфатных комплексов, меченых ^{99m}Tc , в количестве 350–400 МБк. После введения РФП в сосудистое русло они избирательно депонируются в кости, аккумулируясь на кристаллах гидроксипатита – неорганической части кости. Два фактора влияют на степень накопления РФП в костной ткани – состояние кровотока и активность костного метаболизма.

В современной ядерной медицине используется так называемая 3-х фазная сцинтиграфия скелета, которая включает радионуклидную ангиографию, фазу Blood pool и собственно остеосцинтиграфию.

Первая фаза исследования осуществляется в течение первых 2 минут после введения РФП. На протяжении этого периода каждые 2 секунды производится покадровая регистрация распространения радиоактивного индикатора по магистральным сосудам исследуемого отдела скелета.

Вторая фаза – Blood pool (мягкотканная) – проводится в период от 5 до 10 минут после введения РФП, что позволяет оценить характер распределения РФП в мягких тканях.

Третья фаза – отсроченная или костная (собственно остеосцинтиграфия) – выполняется через 2–3 часа после введения остеотропного РФП. В этот период времени происходит максимальное накопление (аккумуляция) РФП в костях скелета, что обеспечивает его визуализацию.

Для диагностики остеомиелита наряду с рутинным сцинтиграфическим исследованием используется сцинтиграфическая индикация очага воспаления.

Сцинтиграфическая диагностика очагов воспаления подразделяется на неспецифические и специфические методы индикации патологического процесса. Неспецифический метод предполагает использование РФП (^{67}Ga -цитрат, ^{111}In -цитрин, ^{199}Tl -хлорид, ^{99m}Tc -наноколоид и др.), которые обеспечивают визуализацию очага воспаления на основании поступления РФП в экстравазальное пространство зоны воспаления, усиленного кровотока и повышенной проницаемости сосудов.

Специфический метод диагностики воспаления заключается в мечении радионуклидными соединениями (как правило, липофильными комплексами, пенетрирующими клеточную мембрану, – ^{111}In -oxin, ^{99m}Tc -НМРАО) выделенных клеток крови с последующим ре-

инъектированием меченых комплексов в сосудистое русло и поступлением их на основании хемотаксиса в зону воспаления.

Сцинтиграфическая анатомия опорно-двигательного аппарата

В первую фазу визуализируются магистральные сосуды исследуемой анатомической области. При исследовании конечностей радионуклидные ангиограммы в норме характеризуются одновременным поступлением индикатора в симметричные сосуды с одинаковой степенью активности. В мягкотканную фазу наблюдается равномерное распределение РФП в мягких тканях туловища и конечностей.

В костную фазу РФП равномерно распределяется в костях скелета с наибольшей концентрацией радионуклида в костях с губчатой структурой (эпифизы, метафизы, позвонки). Поэтому на сцинтиграммах скелета хорошо визуализируются область суставов и позвоночник, а также плоские кости, когда они располагаются в ортогональной проекции по отношению к детектору. У детей и у лиц с незавершенным развитием скелета наблюдается избыточная аккумуляция РФП в зоне роста (зоны предварительного обызвествления) ввиду повышенного метаболизма в этих участках скелета. Кроме того, более отчетливо визуализируются те участки скелета, которые прилежат ближе к детектору. Так, при исследовании в вентральной проекции лучше видны кости лицевого скелета, грудина, *spina iliaca anterior superior et inferior*. При исследовании в дорсальной проекции хорошо визуализируются углы лопаток, позвоночный столб, крестцово-подвздошные сочленения, нисходящие ветви седалищных костей. В силу фармакинетики остеотропных РФП, которые преимущественно выводятся органами мочевого выделения, на остеосцинтиграммах визуализируются почки и особенно хорошо мочевой пузырь (рис. 2.9).

При использовании сцинтиграфической диагностики воспаления участок локальной аккумуляции в месте предполагаемого воспалительного процесса является сцинтиграфическим признаком очага воспаления (рис. 2.10).

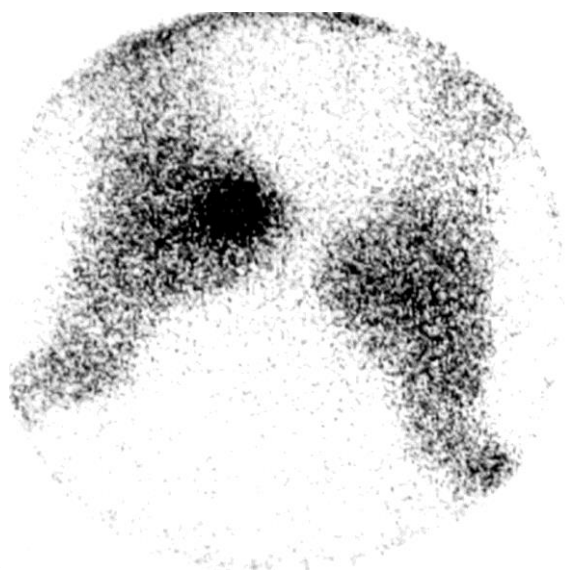


а



б

Рис. 2.9. Остеосцинтиграмма скелета в вентральной (а) и дорзальной (б) проекциях. Равномерное распределение РФП в костях скелета с физиологически повышенным накоплением индикатора в губчатых костях, в участках, приближенных к детектору гамма-камеры; визуализируются органы мочевого выделения



а



б

Рис. 2.10. Сцинтиграфическая диагностика остеомиелита. Локальная аккумуляция ^{67}Ga -цитрата (а) в очаге гнойной деструкции (б) правой пяточной кости

Резюмируя обзор лучевых методов исследования в остеологии, следует сказать, что в большинстве случаев стандартная рентгенография остается основополагающим методом диагностики заболевания скелета, а с учетом возраста и пола пациента, анатомической локализации, протяженности процесса и клинических симптомов рентгенография может обеспечить и установление гистологического типа патологического процесса. В тех случаях, когда состояние морфологического субстрата не позволяет выявить его на рентгенограммах или не позволяет установить конкретную нозологическую форму заболевания, прибегают к использованию других методов лучевой диагностики. При этом вопрос о выборе одного или комплекса методов лучевой диагностики решается в каждой клинической ситуации индивидуально.

3. ОСНОВНЫЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КОСТЯХ И ИХ ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА

Для правильной постановки диагноза необходимо уметь выделять определенные патологические состояния со стороны костей и суставов, которые изолированно или в различных сочетаниях обеспечат установление конкретной нозологической формы заболевания. Данные состояния описаны в классических руководствах применительно к рентгенографии, но правомочно излагать их при других методах лучевой диагностики.

Выделяют состояния, сопровождающиеся уменьшением костной массы (остеопороз, деструкция, остеолиз, атрофия, остеомалация), увеличением костной массы (остеосклероз, периостит, гипертрофия, паростозы), а также некрозом и секвестрацией кости.

При анализе визуального изображения костей и суставов необходимо оценивать:

- локализацию процесса;
- форму кости;
- состояние надкостницы;
- контуры кортикального слоя;
- толщину кортикального слоя кости;
- структуру кости (губчатой и компактной);
- состояние костномозгового канала и состояние костного мозга;
- форму и ширину суставной щели;

- состояние зон роста и ядер окостенения (при незавершенном развитии скелета);
- состояние окружающих мягких тканей, включая мягкотканые структуры суставов.

3.1. Остеопороз

Остеопороз в настоящее время рассматривается как метаболическое заболевание скелета, сопровождающееся уменьшением костной массы и изменением микроархитектоники кости, приводящим к повышенной хрупкости кости и возникновению остеопоротических переломов. Остеопороз возникает в первую очередь в губчатой кости, более отсрочено – в компактной кости.

Остеопороз подразделяется на первичный и вторичный. К первичному остеопорозу относятся остеопороз у женщин в постменопаузальном периоде, сенильный остеопороз и идиопатический юношеский остеопороз. Вторичный остеопороз является следствием большого числа заболеваний эндокринной системы, диффузных заболеваний соединительной ткани, хронической почечной недостаточности, заболеваний органов пищеварения, а также проявлением побочного действия ряда медикаментозных препаратов, включая кортикостероиды, антиконвульсанты и т. д.

Рентгенография

Рентгенологически для остеопороза губчатой кости характерно уменьшение количества костных трабекул на единицу площади кости, что приводит к повышению прозрачности кости, а ее структура приобретает крупнопетлистый рисунок. Наряду с уменьшением количества костных трабекул возникает утолщение тех трабекул, которые испытывают на себе осевую нагрузку, т. е. симптом подчеркнутости трабекул по силовым линиям. Компактная кость при остеопорозе истончается. Это наглядно видно в диафизах коротких и длинных трубчатых костей. В норме наибольшая толщина компактного слоя кости имеет место в центре диафиза, вследствие чего костномозговой канал в этом участке наиболее узкий. При остеопорозе истончение кортикального слоя приводит к тому, что его толщина на всем протяжении практически одинаковая, а костномозговой канал расширяется. При резко выраженном остеопорозе костные балки дифференцируются слабо, кортикальный слой резко истончается, но тем не менее визуализируется. В результате возникает симптом «стеклянной

кости», на основании которого дифференцируются только наружные контуры кости (рис. 3.1). Еще одним симптомом остеопороза является спонгиозирование (продольная исчерченность) кортикального слоя кости по внутренней поверхности в диафизе.

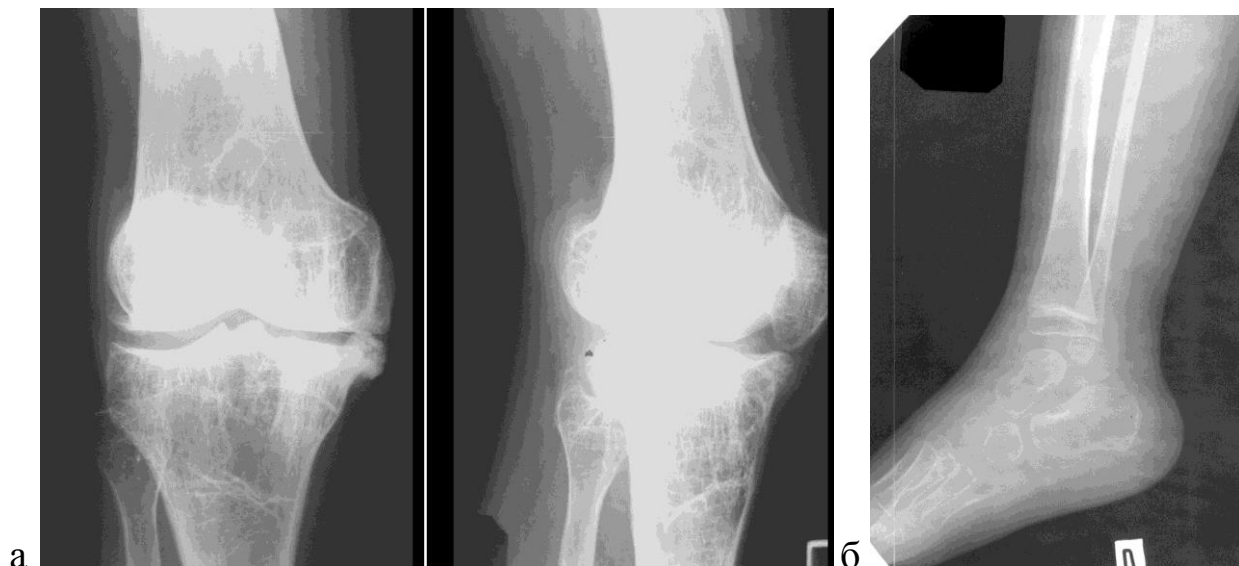


Рис. 3.1. Рентгенограммы коленного (а) и голеностопного (б) суставов. Крупнопетлистая структура эпиметафизов бедренной и большеберцовой костей (а) и «стеклянная кость» (б) как проявление остеопороза

Остеопороз в телах позвонков приводит к визуализации преимущественно продольных трабекул, подчеркнутости замыкательных пластинок («феномен рамки»), приближению интенсивности тени позвонков к интенсивности тени мягких тканей, деформации тел позвонков по типу клиновидной или по типу «рыбьих позвонков» (рис. 3.2).

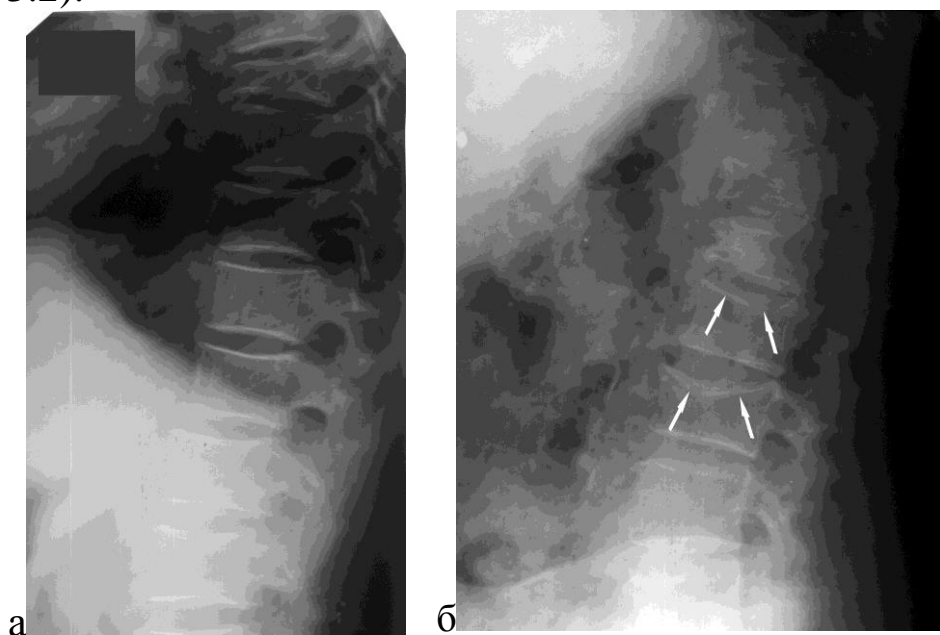


Рис. 3.2. Рентгенограммы позвоночника больных остеопорозом. Выраженная вертикальная исчерченность тел позвонков (а), деформация тел позвонков по типу «рыбьих» (б)

Диагностика остеопороза с помощью рентгенологического метода возможна, когда потери костной массы составляют не менее 30%, поэтому существует проблема ранней рентгенологической диагностики остеопороза.

Для объективной оценки остеопороза используются денситометрические методики, основанные на оценке плотности кости, которая меняется пропорционально уменьшению костной массы. Как правило, для измерения используются поясничные позвонки. В качестве «золотого стандарта» диагностики остеопороза в настоящий момент расценивается рентгеновская абсорбциометрия, в основе которой – измерение степени ослабления рентгеновского пучка при прохождении через костную ткань пропорционально массе минерального компонента кости или минеральной плотности кости (МПК). МПК рассчитывается на единицу площади – в г/см^2 . К недостаткам метода относятся суммация кортикальной и трабекулярной плотности кости, включение в плотность позвонков обызвествления стенок аорты, остеофитов, остеосклероза, повышенной плотности тел позвонков при их переломах.

Компьютерная томография

Для диагностики остеопороза можно использовать и КТ. Принципиально основные критерии остеопороза остаются и при классической визуальной КТ. Существует количественная КТ (ККТ), выполнение которой возможно при соответствующем программном обеспечении и при наличии в качестве референтной зоны специального калибровочного эталона, идентичного плотности нормальной кости. Одновременно осуществляется томография пациента и калибровочного эталона. При ККТ возможно исследование любой части скелета, но чаще проводят сканирование позвоночника. ККТ обеспечивает дифференцированную оценку МПК трабекулярной и кортикальной кости тела позвонка, определяет истинные значения МПК в г/см^3 , исключает ошибки, обусловленные кальцинозом аорты и остеофитами (рис. 3.3).

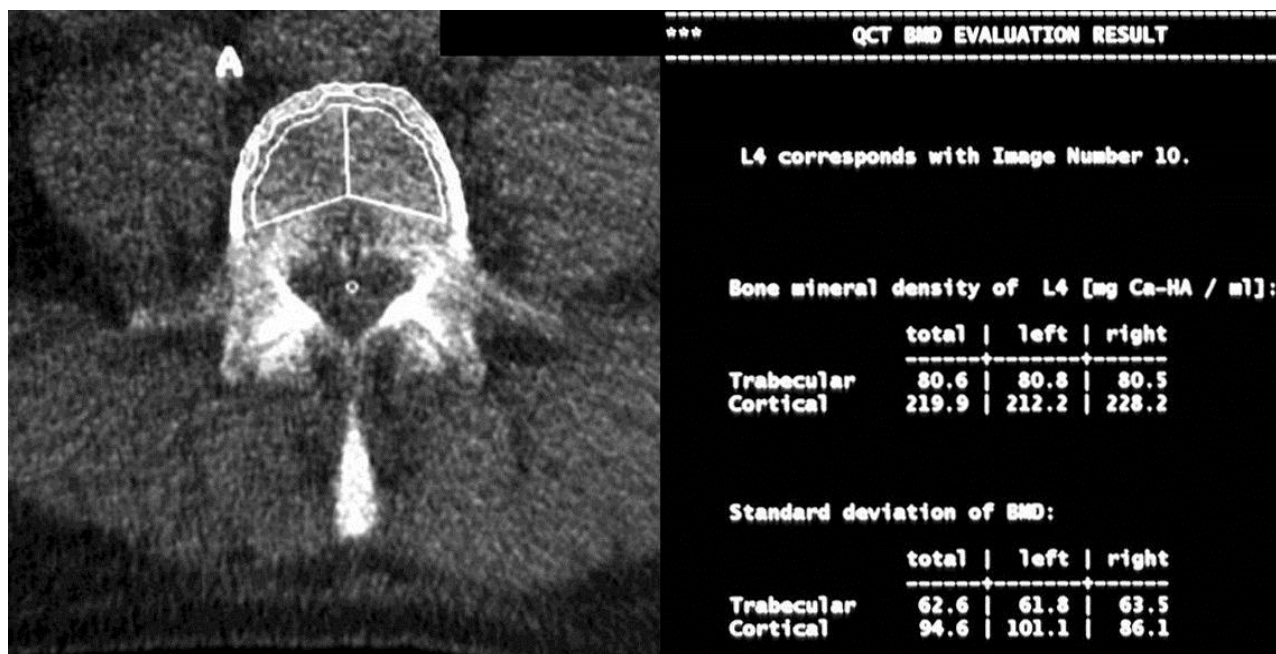


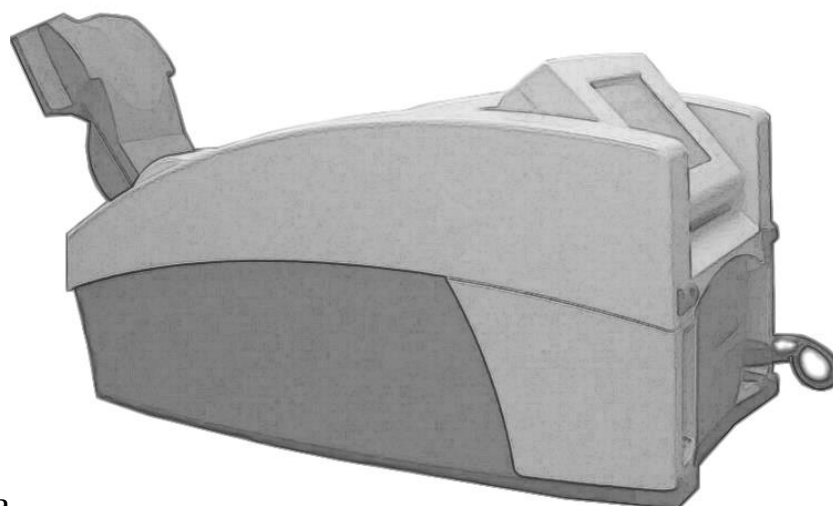
Рис. 3.3. Количественная компьютерная томография в диагностике остеопороза

Ультразвуковое исследование

Ультразвуковая остеометрия обеспечивает диагностику остеопороза на основании измерения скорости прохождения ультразвуковой волны по кортикальному слою пяточной кости (SOS-Speed of Sound) в м/с, определения широкополосного рассеяния ультразвука в губчатой костной ткани пяточной кости (BUA-Broadband Ultrasound Attenuation) в дБ/мГц и определения величины их интегрального показателя (STI-Stiffness Index) в абсолютных числах (рис. 3.4).

При всех количественных методах определения уменьшения костной массы используется количество стандартных отклонений от среднестатистических значений, получаемых с помощью конкретной диагностической установки с использованием Т- и Z-критериев. Т-критерий предполагает сопоставление результатов остеометрии конкретного пациента со среднестатистическими показателями молодых людей, имеющих пик костной массы. Z-критерий представляет собой сопоставление результатов остеометрии исследуемого пациента со среднестатистическими показателями человека аналогичного пола и возраста.

В соответствии с рекомендациями ВОЗ оценка состояния костной ткани осуществляется с использованием Т-критерия, при этом его значение до $-1,0$ SD трактуется как норма, диапазон от $-1,0$ SD до $-2,4$ SD соответствует остеопении, а значения от $-2,5$ SD и ниже указывают на остеопороз.



а

б

Achilles Express
Lunar Corporation

ID 555
DATE 4/24/2003
TIME 11:15

STIFFNESS INDEX 113 \pm 2

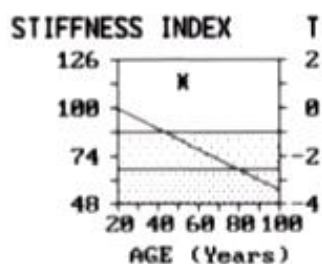
AGE 52
SEX Female
FOOT Right

REFERENCE German

% YOUNG ADULT 113
T SCORE 1.0

% AGE MATCHED 137
Z SCORE 2.4

BUA 128
SOS 1600



норма

Achilles Express
Lunar Corporation

ID 584
DATE 5/15/2003
TIME 12:05

STIFFNESS INDEX 78 \pm 2

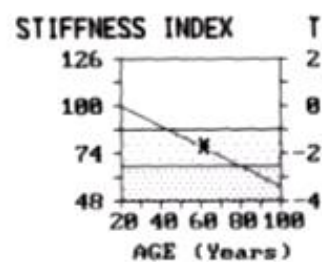
AGE 61
SEX Female
FOOT Left

REFERENCE German

% YOUNG ADULT 78
T SCORE -1.7

% AGE MATCHED 101
Z SCORE 0.0

BUA 110
SOS 1516



остеопения

Achilles Express
Lunar Corporation

ID 576
DATE 5/13/2003
TIME 11:37

STIFFNESS INDEX 64 \pm 2

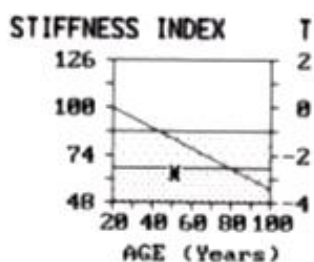
AGE 51
SEX Female
FOOT Left

REFERENCE German

% YOUNG ADULT 64
T SCORE -2.8

% AGE MATCHED 77
Z SCORE -1.5

BUA 94
SOS 1503



остеопороз

Рис. 3.4. Ультразвуковой остеометр Achilles express (фирмы «LUNAR») (а). Показатели костной прочности (норма, остеопения, остеопороз) (б)

Магнитно-резонансная томография

Роль МРТ при исследовании больных остеопорозом состоит в диагностике остеопоротических переломов и в исследовании микроархитектоники остеопоротической кости. Зона остеопоротического перелома или участок кости с т. н. транзиторным остеопорозом характеризуется низким сигналом в T1 и высоким сигналом в T2 в результате отека костного мозга. Отличие остеопоротических переломов позвонков и патологических переломов при неопластических процессах заключается в форме измененных сигналов, степени и динамике измененных сигналов. При остеопоротических переломах низкий сигнал в T1 ВИ имеет линейную форму параллельно замыкательной пластинке компримированного позвонка (рис. 3.5). В период восстановления при исследовании в динамике структура позвонка восстанавливается.

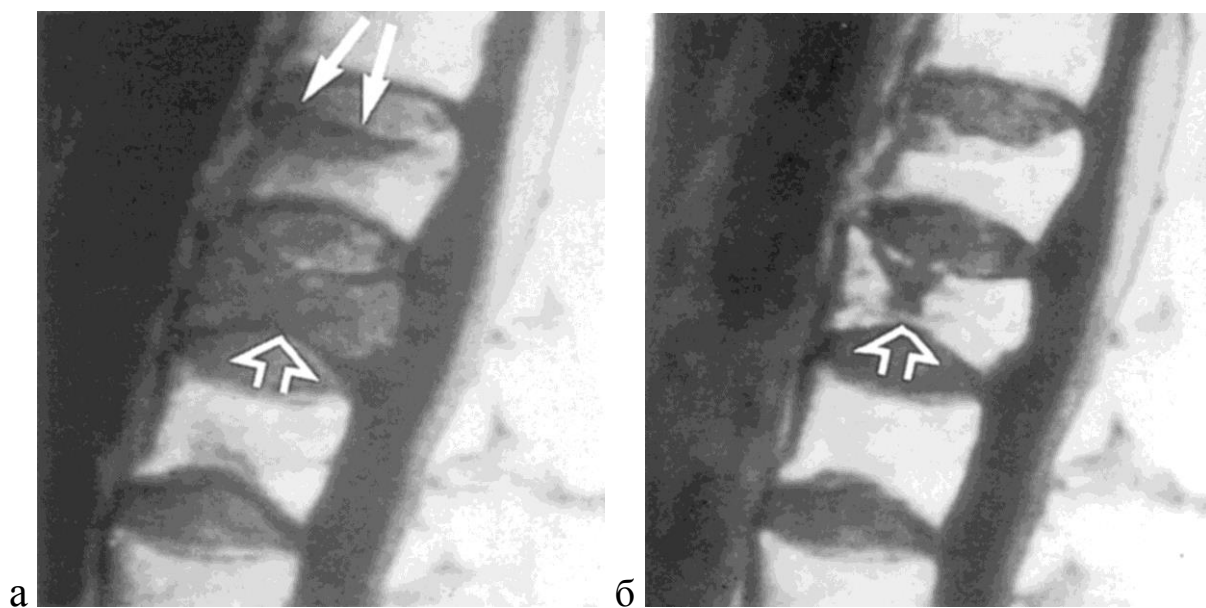


Рис. 3.5. МРТ (T1 ВИ) ниже-грудного и поясничного отделов позвоночника. Остеопоротический перелом Th12 и L1 острый (а) и в динамике (б). Низкий сигнал в Th12 в острый период перелома и восстановление сигнала через 3 месяца. Локальный участок склероза в L1 (б). [Vahlensieck M., Reiser M. MRT des Bewegungsapparats. – Georg Thieme Verlag, 1997]

Высокоразрешающие количественные МРТ и КТ используются для оценки микроархитектоники кости с определением таких гистоморфометрических критериев, как количество трабекул в единице объема, толщина трабекул, пространство между трабекулами, число соединений трабекул (рис. 3.6).

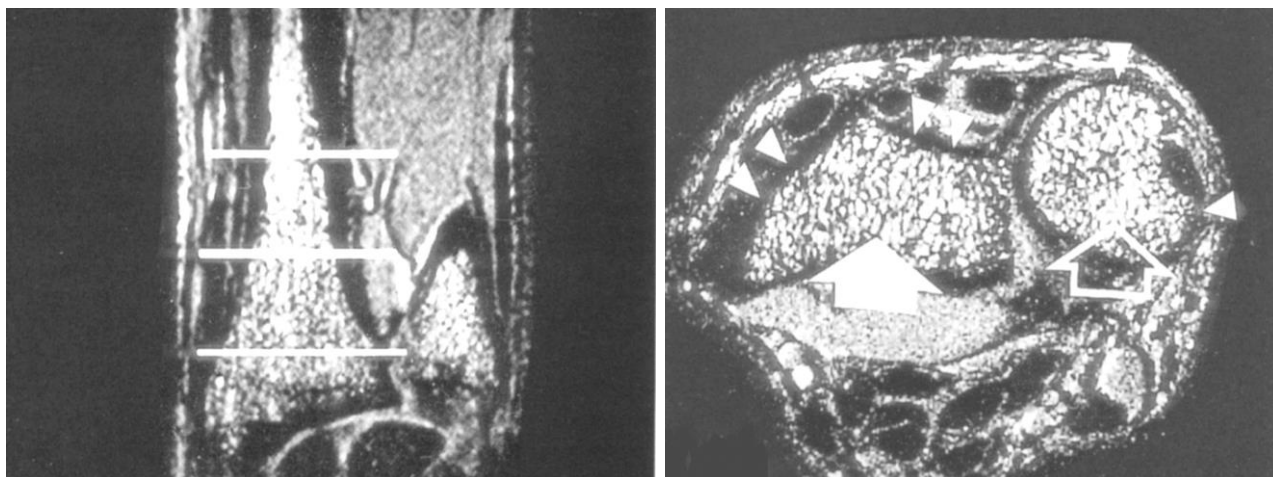


Рис. 3.6. Высокоразрешающая МРТ дистального метаэпифиза лучевой кости в коронарной и аксиальной проекции (МРТ напряженностью 1,5 тесла, T2 ВИ, толщина слоя – 700 микрон, площадь разрешения – 156 микрон). [Vahlensieck M., Reiser M. MRT des Bewegungsapparats. – Georg Thieme Verlag, 1997]

Остеосцинтиграфия

Сцинтиграфическая картина определяется типом остеопороза. Остеопороз при иммобилизации, синдроме Зудека и транзиторном остеопорозе сопровождается локальным повышенным накоплением РФП различной степени выраженности (рис. 3.7). При постменопаузальном и сенильном остеопорозе накопление диффузно снижено. Остеопоротический перелом характеризуется участками повышенного накопления линейной формы параллельно компримированным замыкательным пластинкам (рис. 3.8).

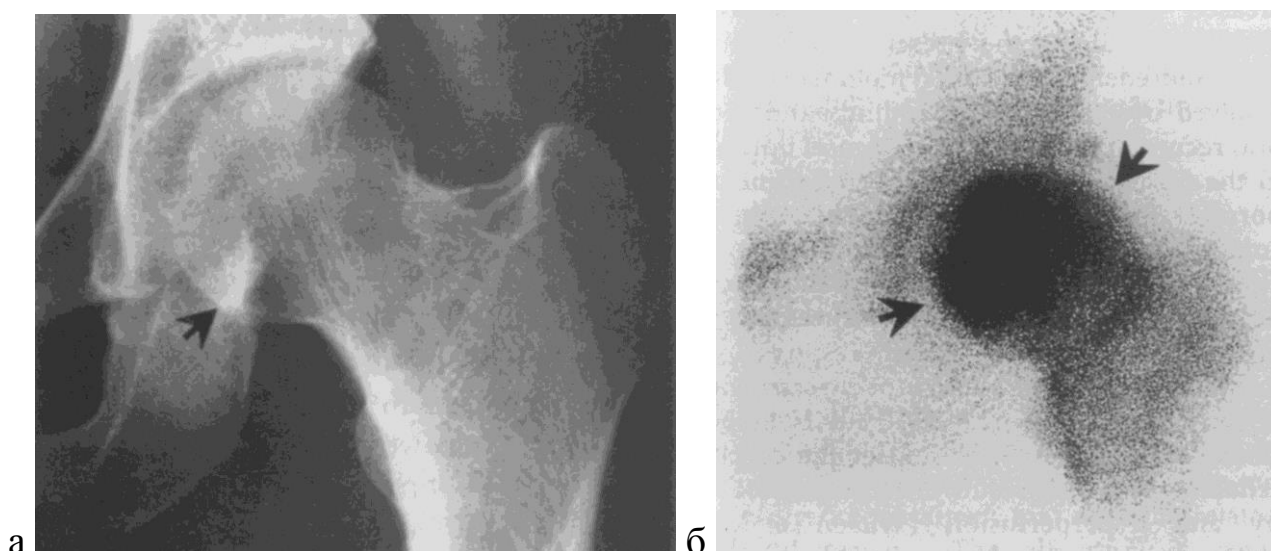


Рис. 3.7. Рентгенограмма (а) и сцинтиграмма (б) тазобедренного сустава с транзиторным остеопорозом головки левого бедра. Повышенная аккумуляция РФП в области регионарного остеопороза

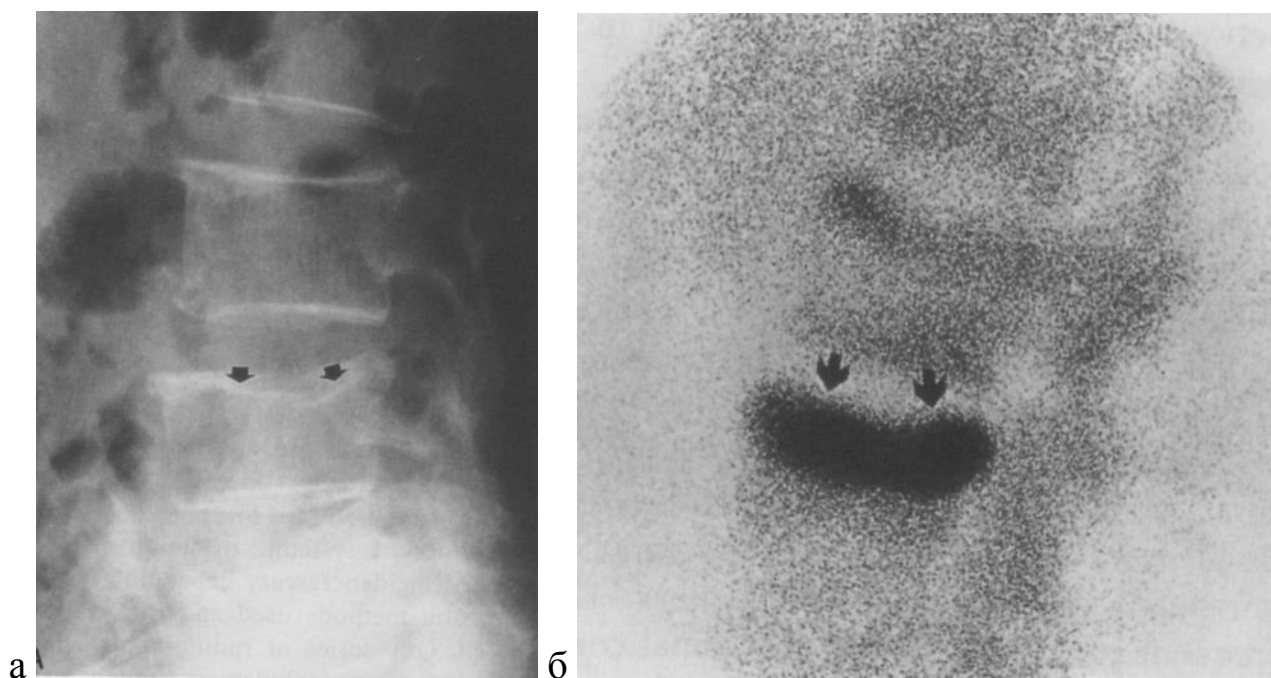


Рис. 3.8. Рентгенограмма (а) и сцинтиграмма (б) остеопоротического перелома позвоночника

3.2. Osteomalacia

Остеомаляция, так же как и остеопороз, сопровождается повышением прозрачности кости при рентгенологическом исследовании. В основе остеомаляции лежит недостаточная минерализация избыточных костных остеоидных балок.

Остеомаляция возникает при рахите, при гиперпаратиреозе.

Рентгенография

Для остеомаляции характерны «размытость» мелкопетлистой трабекулярной структуры кости, отсутствие подчеркнутости силовых линий, характерных для остеопороза. В результате остеомаляции возникает деформация кости в виде искривления длинных трубчатых костей. Известным в классических рентгенологических руководствах симптомом остеомаляции является деформация бедренной кости по типу «пастушьего посоха». В местах наибольшего искривления возникают лоозеровские зоны перестройки в виде поперечных линий просветления, обусловленные локальным избыточным развитием не-оссифицированной остеоидной ткани (рис. 3.9).

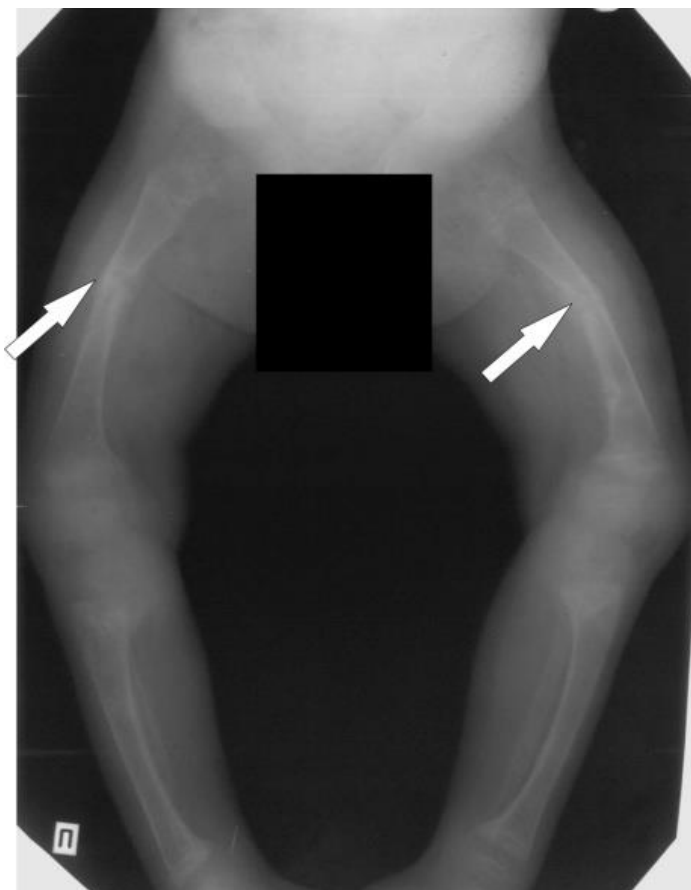


Рис. 3.9. Рентгенограмма нижних конечностей ребенка, больного рахитом. Дугообразное искривление трубчатых костей, повышенная прозрачность, лоозеровские зоны перестройки (указаны стрелками) в диафизах бедренных костей

Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография

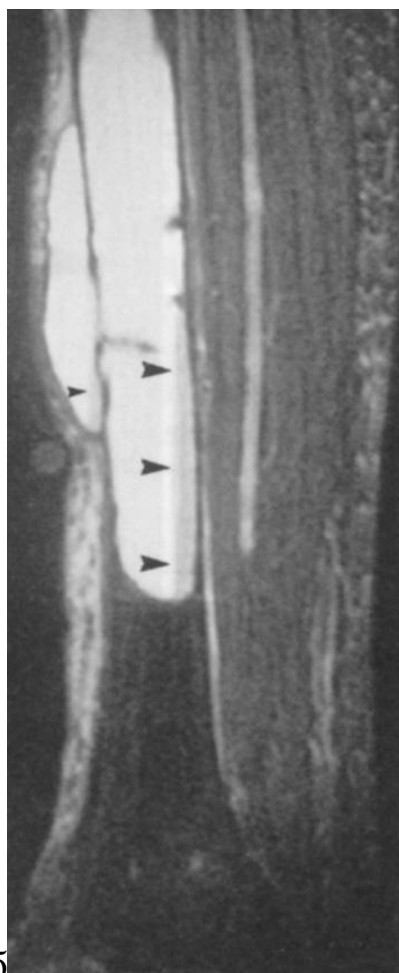
Одним из проявлений остеомалации при гиперпаратиреозе является образование кист в местах резорбции костной ткани, заполненных соединительной тканью и геморрагическим содержимым (т. н. «бурые опухоли»). Подобное состояние визуализируется на рентгенограммах, а также при КТ и МРТ (рис. 3.10).

Остеосцинтиграфия

Сцинтиграфическая манифестация остеомалации может быть системной и локальной, и во всех случаях в костях имеет место резко повышенное накопление РФП, что характеризуется термином «superscan». Локальные участки повышенного накопления могут иметь место в лоозеровских зонах перестройки и в «бурых опухолях» (рис. 3.11). При сцинтиграфическом исследовании почек (нефросцинтиграфии) в типичных случаях остеомалации на почве гиперпаратиреоза почки визуализируются слабо.



а



б

Рис. 3.10. Рентгенограмма (а) и МРТ (б) костей голени больных гиперпаратиреозом. На фоне повышенной прозрачности кости у пациента 26 лет субкортикально определяются кистозные просветления с резко истонченным кортикальным слоем кости (а). На МРТ (FSAT) пациента 63 лет интрамедуллярно и субпериостально определяется т. н. «бурая опухоль», заполненная жидкостным содержимым

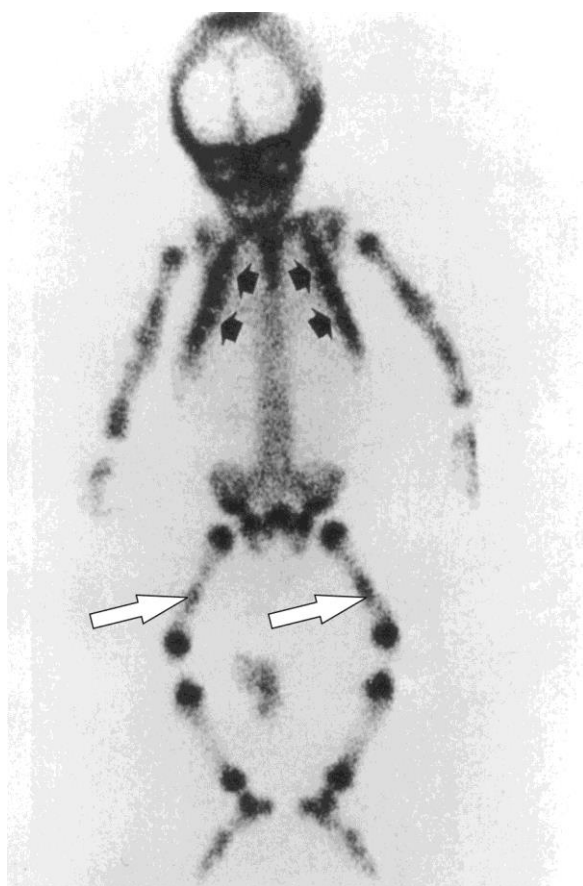


Рис. 3.11. Сцинтиграмма всего скелета ребенка 1 года, страдающего рахитом. Множественные «горячие» очаги длинных трубчатых костей и ребер (стрелки) в зонах предварительного обызвествления и в зонах лоозеровской перестройки (указаны стрелками)

3.3. Деструкция

Деструкция кости – разрушение костных балок, обусловленное воспалительным (остеомиелит, туберкулез) или опухолевым процессом (доброкачественными и злокачественными опухолями как остеогенного, так и неостеогенного происхождения). При деструкции кость замещается патологической тканью – гноем, грануляциями, опухолевыми массами.

Участки отсутствия костной ткани могут быть результатом разрушения кости образованиями, расположенными в мягких тканях, например активно пролиферирующей синовиальной оболочкой (паннусом) при ревматоидном артрите, скоплениями солей мочевой кислоты (тофусами) при подагре и т. д.

Рентгенография

В рентгенологическом изображении деструкция характеризуется участками просветлений, контуры разрушенного участка кости имеют нечеткие размытые границы или могут быть уплотненными (склерозированными). В зависимости от степени протяженности деструкция может быть мелко- или крупноочаговой, локальной или обширной, поверхностной или центральной (рис. 3.12).

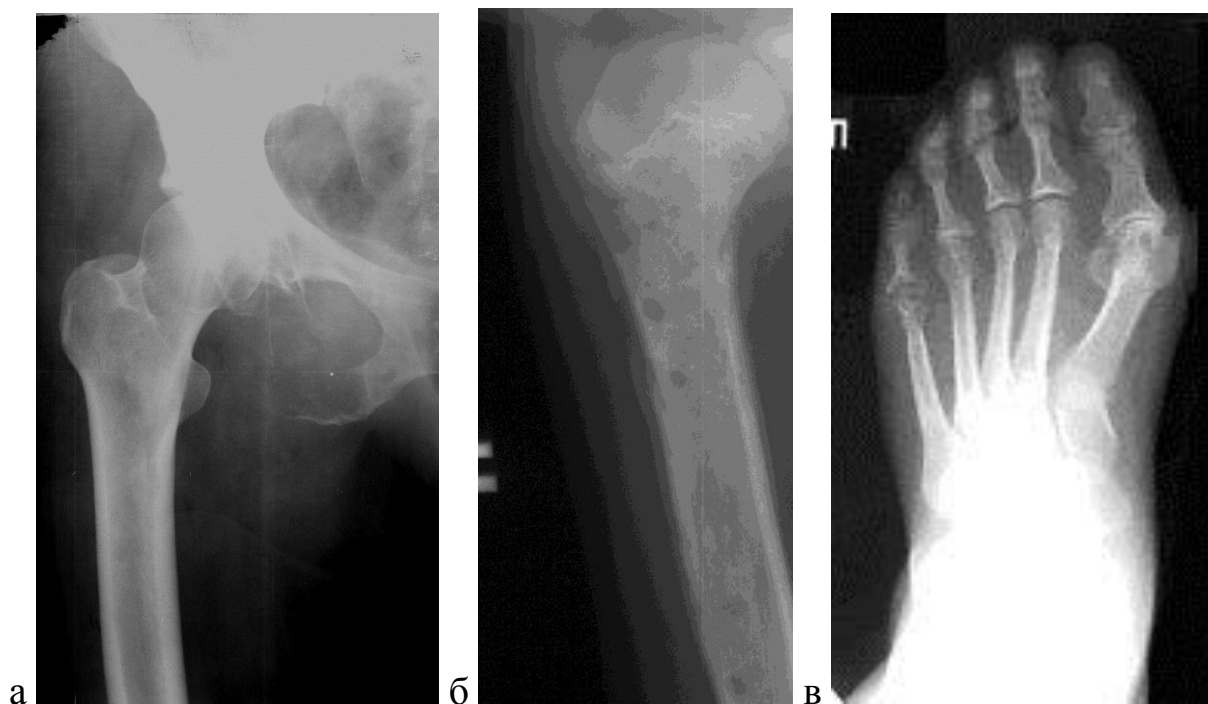


Рис. 3.12. Рентгенограммы костей таза (а), плечевой кости (б), стопы (в). Литическая злокачественная деструкция седалищной кости (а), остеомиелитическая деструкция плечевой кости (б), эрозия костей 1 плюснефалангового сустава стопы при подагре (в)

Компьютерная томография

В современной лучевой диагностике КТ является ведущим методом в выявлении деструкции костей, при этом симптомы деструкции кости как кортикальной, так и губчатой при КТ аналогичны симптомам рутинной рентгенографии. При КТ в зоне деструкции отсутствует визуализация костных балок, кортикального слоя, отчетливо визуализируется периостальная реакция. КТ особенно актуальна для выявления деструкции как кортикальной, так и губчатой кости на начальных этапах ее развития ввиду высокой разрешающей способности метода и отсутствия суммационного эффекта (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Компьютерная томограмма бедренной кости: деструкция кортикального слоя по переднемедиальной поверхности, наличие секвестра неправильной линейной формы, увеличение объема и изменение плотности мышц передней группы бедра

Ультразвуковое исследование

При ультразвуковом исследовании деструкцию кости можно визуализировать, если разрушен кортикальный слой кости. Ультразвуковыми признаками деструкции кортикального слоя кости являются его прерывистость и изменение его эхогенности.

Магнитно-резонансная томография

При МРТ деструкция губчатых костей визуализируется главным образом опосредованно за счет изменения костного мозга. Зона поражения характеризуется низким сигналом в T1 и несколько более или менее повышенным сигналом в T2 в результате замещения костного мозга патологической тканью (новообразованием, гноем, грануляциями). Деструкция кортикального слоя кости характеризуется истончением гипоинтенсивной линии кортикального слоя и его неоднородной структурой с различными характеристиками сигнала в зависимости от субстрата, замещающего кость. Субхондральная деструкция (краевые эрозии) характеризуется краевыми дефектами низкоинтенсивного неомогенного характера (рис. 3.14).



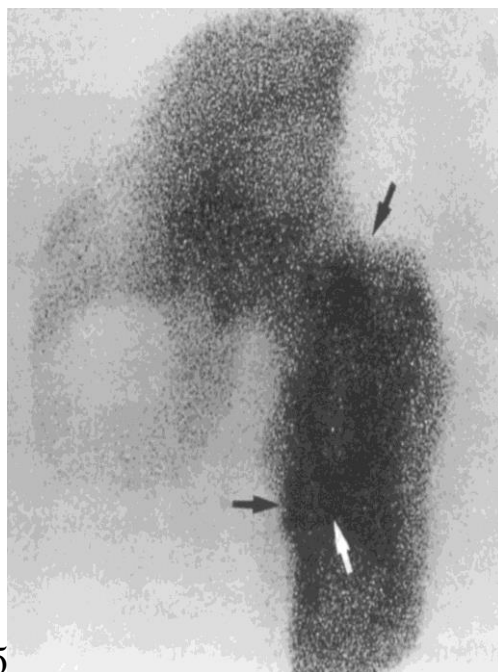
Рис. 3.14. МРТ (T2 ВИ) лучевой кости больного остеобластокластомой. Замещение костного мозга патологическим субстратом, истончение кортикального слоя кости

Остеосцинтиграфия

Сцинтиграфическая картина костной деструкции характеризуется участками повышенной аккумуляции РФП («горячего» узла) или наличием фотопенического участка («холодного» узла). Избыточное накопление РФП обусловлено повышением метаболической активности кости и усиленным кровотоком в качестве реакции на деструкцию, в том числе в зонах, пограничных с деструкцией. Пониженное накопление РФП или полное отсутствие аккумуляции радионуклида обусловлено большой протяженностью отсутствия костной ткани (рис. 3.15).



а



б

Рис. 3.15. Рентгенограмма (а) и сцинтиграмма (б) тазобедренного сустава и верхней 1/3 бедренной кости больного хроническим остеомиелитом с участками деструкции и костной репарации. Избыточное поглощение РФП в метафизе и верхней 1/3 диафиза пораженного бедра

3.4. Остеолиз

Остеолиз – патологический процесс, сопровождающийся рассасыванием кости, при котором костная ткань полностью исчезает без реактивных изменений окружающих тканей.

Остеолиз возникает в результате нарушения нервной трофики или сочетанного нарушения сосудистой и нервной трофики при таких заболеваниях, как синдром Рейно, склеродермия, болезнь Рейно.

Рентгенография

При рентгенологическом исследовании края сохранившейся кости сохраняют четкость, а форма разрушенного участка кости может быть различной. При остеолитических изменениях дистальных отделов ногтевых фаланг последние становятся заостренными или округлыми. При внутрисуставном остеолитическом процессе форма суставных концов костей становится причудливой, и конгруэнтность их теряется (рис. 3.16).



Рис. 3.16. Рентгенограмма кистей при склеродермии. Остеолиз ногтевых фаланг всех пальцев кистей

Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография

Поскольку при остеолитическом процессе отсутствуют структурные изменения в кости, а кортикальный слой сохранен, то принципиально новых симптомов при данном синдроме при КТ и МРТ нет. Возможна визу-

ализация изменений внутрисуставных структур при внутрисуставном остеоллизе в зависимости от основного патологического процесса, сопровождающегося данным синдромом.

3.5. Атрофия

Атрофия кости – это процесс, сопровождающийся уменьшением объема всей кости или ее части. Атрофия кости возникает в случае снижения (уменьшения) нагрузки на соответствующую конечность или часть скелета.

Классическими примерами атрофии кости служат уменьшение объема бедренной кости после перенесенного туберкулезного коксита, атрофия кости после перенесенного полиомиелита.

Рентгенография

При рентгенологическом исследовании исследуемый участок (фрагмент) кости уменьшен в объеме, что особенно наглядно видно при рентгенографии симметричных участков скелета. Атрофия кости часто сочетается с остеопорозом, поэтому на рентгенограмме наряду с уменьшением объема определяются признаки остеопороза в виде истончения кортикального слоя кости и разрежения губчатой структуры. Необходимо помнить, что сам по себе остеопороз не предполагает уменьшения в объеме какого-то участка скелета (рис. 3.17).



Рис. 3.17. Рентгенограмма костей таза и бедренных костей. Атрофия правой бедренной кости после перенесенного правостороннего специфического коксита

Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография

Симптомы атрофии кости при КТ и МРТ аналогичны рентгенологической семиотике с учетом особенностей визуализации костей при конкретном методе.

Остеосцинтиграфия

При остеосцинтиграфии атрофия кости будет сопровождаться снижением накопления по сравнению с другими участками скелета.

3.6. Остеосклероз

Остеосклероз – состояние, противоположное остеопорозу, которое отражает репаративные процессы в кости – повышение костеобразующей функции остеобластов. Остеосклероз сопровождается увеличением костной массы за счет как периостального, так и эндостального окостенения.

Остеосклероз сопровождает такие процессы в кости, как банальный воспалительный процесс (остеомиелит), особенно хроническое течение заболевания, репаративные процессы при образовании костной мозоли. Уплотнение кости может возникнуть при отдельных видах эндокринной патологии, реактивный остеосклероз может иметь место при костных опухолях, а также явиться результатом функциональной перегрузки.

Рентгенография

Рентгенологические симптомы остеосклероза состоят в увеличении количества костных балок на единицу площади кости, утолщении отдельных костных балок и возникновении мелкопетлистого трабекулярного рисунка. В результате интенсивность тени кости на рентгенограмме возрастает. Периостальное костеобразование приводит к утолщению кости, обозначаемому как гиперостоз. В зоне гиперостоза утолщение кости может быть локальным и диффузным, неравномерный гиперостоз вызывает деформацию кости. Избыточное эндостальное костеобразование приводит к сужению костномозгового канала вплоть до его полной облитерации (рис. 3.18).



Рис. 3.18. Рентгенограмма бедренной кости. Выраженные деформация, остеосклероз и гиперостоз у больного хроническим посттравматическим остеомиелитом

Компьютерная томография

Аналогично вышеуказанным состояниям симптомы остеосклероза при КТ в целом идентичны рентгенографическим. КТ дает более точную локализацию распространенности склеротических процессов, особенно это касается протяженности и степени облитерации костномозгового канала. Кроме того, КТ позволяет достоверно установить другие состояния на фоне склеротически измененной кости — полости, секвестры (рис. 3.19).

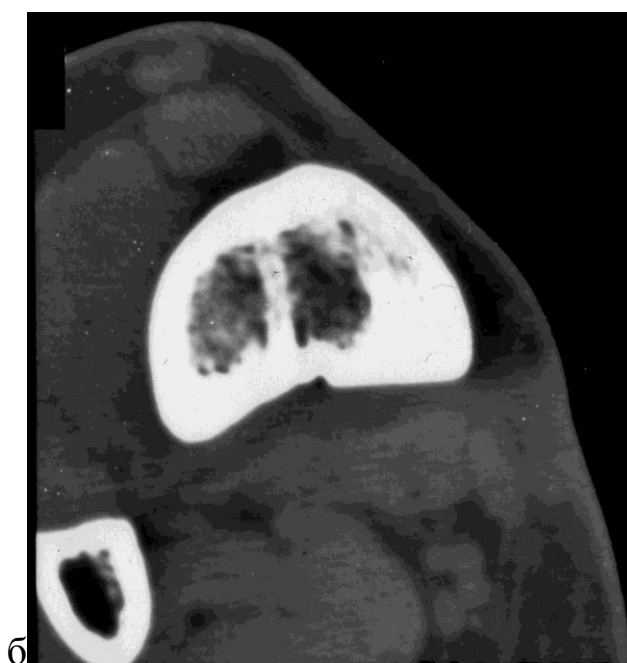


Рис. 3.19. Рентгенограмма (а) и КТ (б) костей голени. На КТ — эндостальный локализованный остеосклероз, имитирующий на рентгенограмме секвестр дистального метадиафиза большеберцовой кости

Магнитно-резонансная томография

МРТ не является методом выбора в выявлении остеосклероза, поскольку в результате низкой протонной плотности в костных балках остеосклеротические процессы сопровождаются низким сигналом и характеризуются на МР томограммах структурами однородного черного цвета (рис. 3.20).

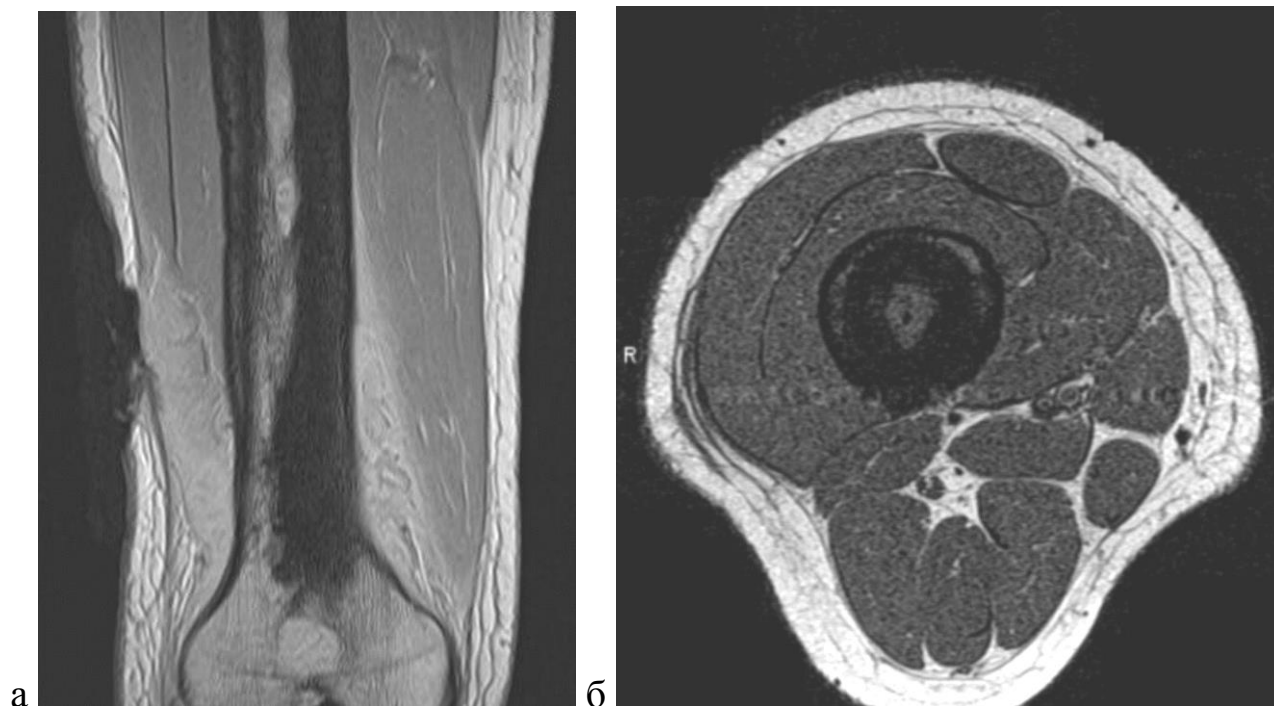


Рис. 3.20. МРТ бедренной кости в коронарной (а) и аксиальной (б) проекциях. Распространенный циркулярный остеосклероз кости, не дающий сигнала на МРТ

Остеосцинтиграфия

Сцинтиграфическая картина при склеротических процессах характеризуется повышенным накоплением РФП в результате повышенного костного метаболизма. Однако следует помнить о таких состояниях, при которых выраженный склероз может сопровождаться редуцированием внутрикостного кровотока и тем самым приводить к снижению накопления РФП.

3.7. Периостит

Периостит – реакция надкостницы на воспалительный процесс, опухоль или травму в виде ее уплотнения и обызвествления.

Рентгенография

При рентгенологическом исследовании периостит определяется только при обызвествлении надкостницы. Периостит подразделяется на линейный, слоистый, бахромчатый, кружевной и игольчатый (спикулообразный). Линейный периостит представляет собой обызвествление предварительно отслоенной надкостницы и выглядит в виде линейной тени костной плотности, расположенной параллельно диафизу и частично метафизу кости. Слоистый периостит характеризуется несколькими продольно расположенными линейными тенями параллельно диафизу и метафизу и обусловлен неоднократными эпизодами отслоения и обызвествления надкостницы.

Линейный периостит имеет место при остром остеомиелите и обострении хронического, травме, реже – при такой злокачественной опухоли ретикулоэндотелиальной системы с манифестацией в кости, как саркома Юинга (рис. 3.21). Слоистый периостит может быть проявлением подострого остеомиелита и саркомы Юинга.



Рис. 3.21. Рентгенограмма костей голени. Линейный периостит по передней и медиальной поверхностям большеберцовой кости у больного острым остеомиелитом

Бахромчатый и кружевной периостит визуализируется в виде параоссальных обызвествлений причудливой формы с четкими, но

неровными контурами. Как правило, подобная реакция надкостницы имеет место при хроническом остеомиелите.

Спикулообразный периостит характеризуется наличием линейных теней костной плотности, которые располагаются перпендикулярно оси кости и формируют нечеткий наружный контур кости. Данный вид периостита является результатом реактивного обызвествления вокруг новообразованных сосудов опухоли и является симптомом злокачественного поражения кости, в частности остеогенной саркомы (рис. 3.22).

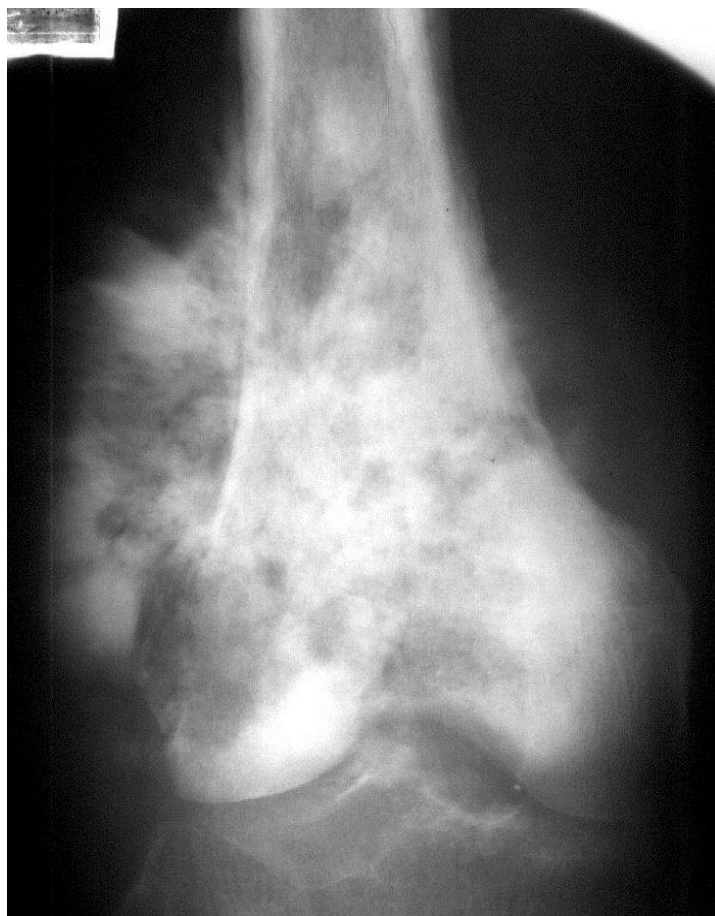


Рис. 3.22. Рентгенограмма бедренной кости. Деструкция кости и спикулообразный периостит при остеогенной саркоме

Компьютерная томография

При КТ периостит визуализируется в виде гиперденсных структур, имеющих форму в соответствии с представленными выше типами периостита. КТ позволяет визуализировать измененный периост по всему периметру кости и даже на ограниченном участке только в случае его оссификации (рис. 3.23).

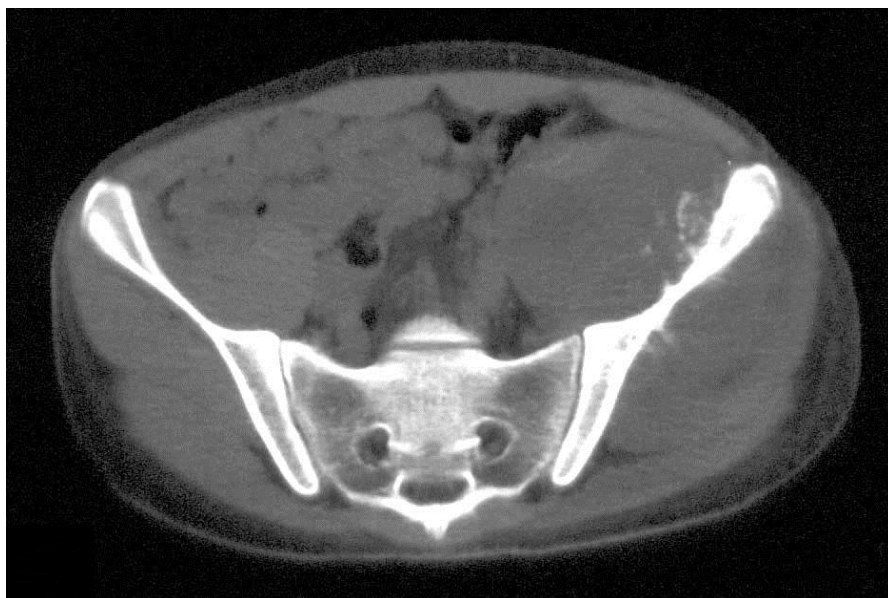


Рис. 3.23. КТ костей таза. Спикулообразный периостит левой подвздошной кости, мягкотканый компонент опухоли

Ультразвуковое исследование

Ультразвуковое исследование позволяет выявить признаки периостита прежде возникновения оссификации надкостницы. Типичными ультразвуковыми признаками периостита является наличие линейной структуры средней эхогенности толщиной в пределах 1 мм, располагающейся параллельно кортикальному слою кости с наличием гипо- или анэхогенной прослойки между собственно надкостницей и кортикальным слоем. Данная картина возникает в результате отслоения надкостницы серозным содержимым костномозгового канала. При наличии гнойного содержимого пространство между надкостницей и кортикальным слоем кости занято гиперэхогенной структурой (рис. 3.24).

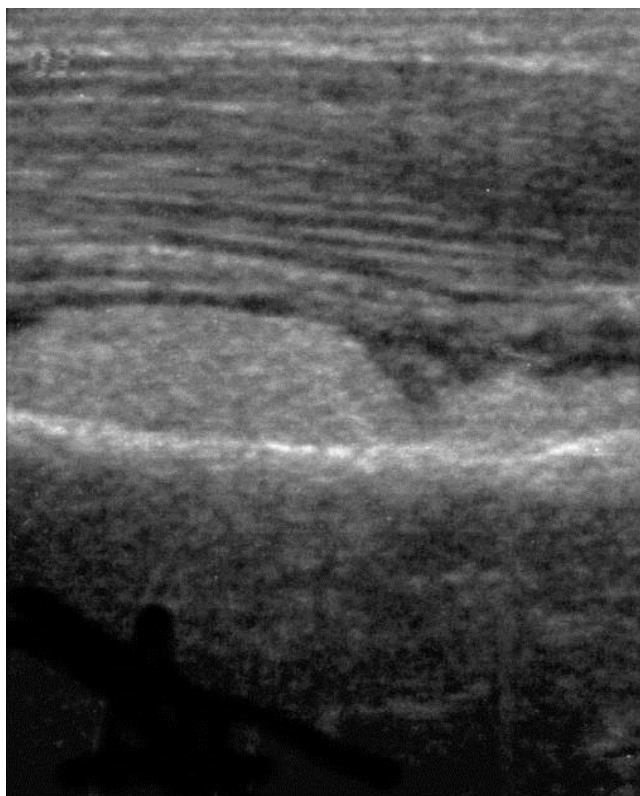


Рис. 3.24. Ультразвуковая картина периостита и поднадкостничного абсцесса. Надкостница отслоена гиперэхогенным гнойным содержимым, наружный контур надкостницы выпуклый. Кортикальный слой кости гиперэхогенный, неровный

Магнитно-резонансная томография

Отслоенная и обызвествленная надкостница визуализируется при МРТ как структуры низкоинтенсивного МР-сигнала, форма и расположение которого соответствуют типу периостита. При линейном периостите как проявлении острого остеомиелита между гипоинтенсивной надкостницей и кортикальным слоем кости определяется содержимое, характеризующееся высокоинтенсивным сигналом в Т2. При слоистом периостите имеет место чередование низкоинтенсивных полос надкостницы и высокоинтенсивных в Т2 и среднеинтенсивных в Т1 полос содержимого. При злокачественном периостите спикулообразные низкоинтенсивные полосы определяются в толще мягкотканного компонента перпендикулярно поверхности кости (рис. 2.25).



Рис. 3.25. МРТ (Т1 ВИ) бедренной кости больного остеогенной саркомой. Спикулообразный периостит, исходящий из кортикального слоя в виде лучистых линий низкого сигнала на фоне мягкотканного компонента опухоли. [Vahlen-sieck M., Reiser M. MRT des Bewegungsapparats. – Georg Thieme Verlag, 1997]

Остеосцинтиграфия

Сцинтиграфически периостит при воспалительном процессе проявляется интенсивным однородным накоплением РФП без структурных специфических изменений. При использовании высокоразрешающей техники можно дифференцировать более интенсивное накопление РФП во внутреннем и менее интенсивное – во внешнем

слое кости. Неопластический остеогенез в надкостнице характеризуется эксцентрической, выходящей за пределы кости в форме короны, аккумуляцией РФП.

3.8. Гипертрофия

Гипертрофия кости – явление, противоположное атрофии, которое характеризуется увеличением объема всей кости или ее части. Гипертрофия возникает или при повышенной (компенсаторной) нагрузке на данный участок скелета, или является результатом ускоренного роста костей под влиянием различных факторов (гипертрофия эпифизов костей тазобедренного или коленного сустава в преартритическую фазу туберкулезного артрита).

Рентгенография

При рентгенологическом исследовании исследуемый фрагмент кости увеличен в объеме по сравнению с симметричным участком скелета. Увеличение в объеме распространяется на все отделы кости – кортикальную и губчатую кость. Не следует отождествлять гипертрофию кости и утолщение кости за счет гиперостоза.

Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография

В выявлении гипертрофии кости КТ в силу отсутствия суммационного эффекта и высокой разрешающей способности обладает большей информативностью в установлении локализации и распространенности гипертрофии кости в целом или отдельных балок. МРТ не дает существенной дополнительной информации по сравнению с рентгенологическими методами в установлении гипертрофии кости.

Остеосцинтиграфия

При скинтиграфическом исследовании определяется повышенное накопление соответственно локализации гипертрофированной кости по сравнению с другими участками скелета.

3.9. Параостоз

Параостоз – костные образования, располагающиеся в непосредственной близости от кости и развившиеся путем метаплазии не из надкостницы, а из окружающих кость мягких тканей (фасций, сухожилий, гематом). Возникновение параостозов может быть обусловле-

но травмой, нарушением метаболизма, повышенной функциональной нагрузкой, нарушением нервной трофики. Примером параостозов могут быть обызвествления мягких тканей в месте кровоизлияния любого происхождения, параартикулярные обызвествления мягких тканей при нейрогенных артропатиях, при сирингомиелии.

Рентгенография

Параостозы в виде образований костной плотности могут иметь различные размеры, форму и локализацию в зависимости от происхождения и сроков давности. Рентгенологически параостозы визуализируются в виде бесструктурных образований различной интенсивности, начиная от облаковидной и заканчивая образованиями со сформированной костной структурой.

Компьютерная томография

Как любые оссифицированные структуры параостозы хорошо визуализируются при КТ в виде гиперденсных структур костной плотности с уточнением локализации и протяженности и с уточнением взаимосвязи параостозов с исходной локализацией и кортикальным слоем кости.

Ультразвуковое исследование

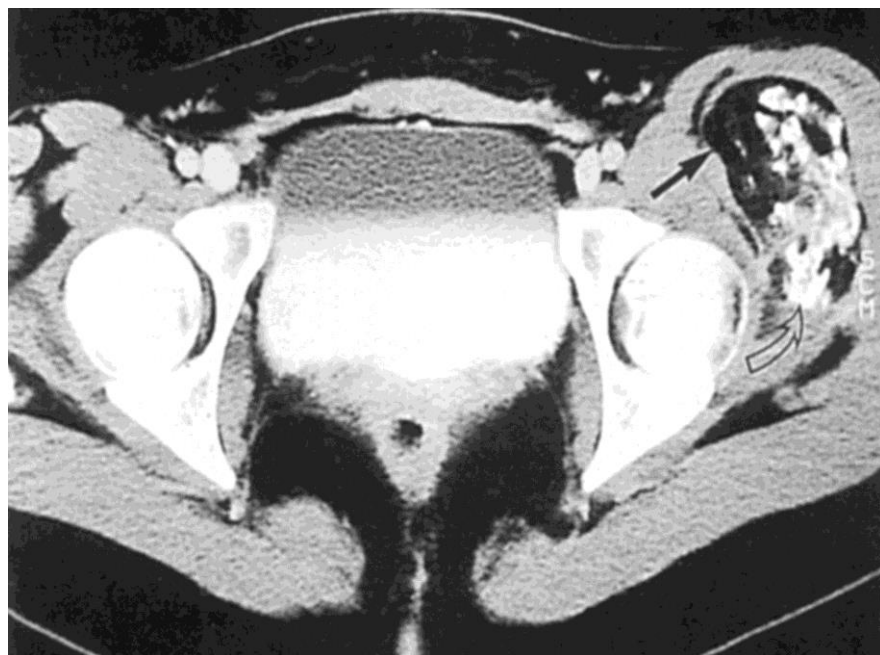
При УЗИ оссифицированные структуры будут визуализироваться как экзогенные образования с акустической тенью. Современный опыт УЗИ позволит определить состояние неоссифицированных фрагментов связок, сухожилий, признаки энтезопатии.

Магнитно-резонансная томография

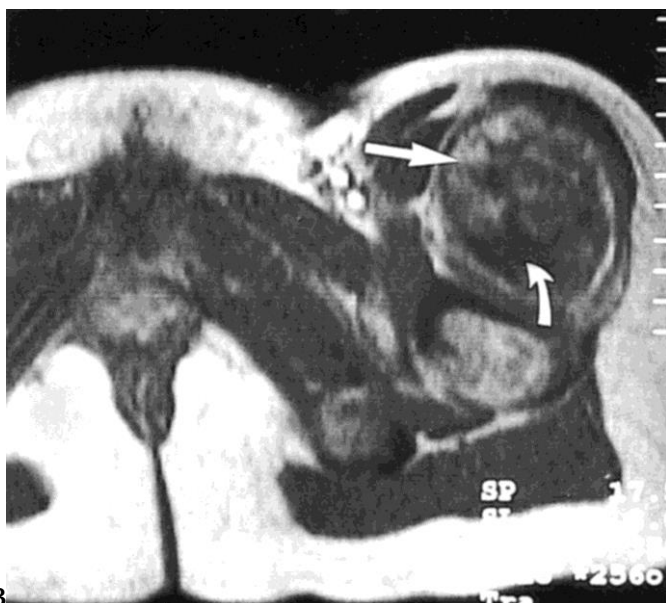
Интенсивность сигналов параостозов при МРТ будет зависеть от их объема и степени оссификации. При условии только кальцинации параостоз, как правило, никакого сигнала не образует и визуализируется в виде образования «черного» цвета. В случае оссификации, т. е. наличия костной структуры, образование дает сигнал, соответствующий костному мозгу с наличием низкоинтенсивного сигнала от кортикального слоя. В большей степени роль МРТ состоит в определении реактивных изменений со стороны костного мозга того участка кости, к которому прикрепляется оссифицированная связка или сухожилие (рис. 3.26).



а



б



в

Рис. 3.26. Рентгенограмма бедра (а), КТ (б) и МРТ (T1 ВИ) (в) костей таза при оссифицирующем миозите. Облаковидные обызвествления мягких тканей левого бедра (а), оссификация в сочетании с участками жировой ткани, не связанными с костью (б, в). [Vahlen-sieck M., Reiser M. MRT des Bewe-gungsapparats. – Georg Thieme Ver-lag, 1997]

Остеосцинтиграфия

При сцинтиграфическом исследовании определяются эктопиче-ские кальцинации и уточняется состояние метаболизма в оссифици-рованных структурах.

3.10. Некроз и секвестрация кости

Остеонекроз представляет собой омертвление кости, возникающее в результате нарушения сосудистой трофики. Некроз кости возникает при отморожении глубокой степени, при остеомиелите, при туберкулезе кости.

Секвестрация – это отторжение некротизированной кости, а сам фрагмент отторгающейся кости называется *секвестром*. Наиболее часто встречаются секвестры при остеомиелите и туберкулезе кости.

Рентгенография

В некротизированной (нежизнеспособной) кости отсутствуют обменные процессы, поэтому на начальных этапах развития патологического процесса структура кости и ее плотность не меняются. По мере прогрессирования процесса в окружающей кости появляется остеопороз, и поэтому некротизированная кость представляется при рентгенологическом исследовании более плотной.

Рентгенологическая картина секвестра хорошо известна при остеомиелите. Секвестр представляет собой изолированный фрагмент кости повышенной плотности с четкими контурами и окруженный светлым ободком. Повышение плотности секвестра при остеомиелите обусловлено возникшим предварительно остеосклерозом. Секвестр располагается в секвестральной полости, заполненной гноем. Светлый ободок вокруг секвестра – это отображение полости, содержащей гной. Секвестр при туберкулезе отличается меньшей плотностью, в ранние фазы заболевания плотность его не высока, а края нечеткие (рис. 3.27).



Рис. 3.27. Рентгенограмма костей голени больного хроническим остеомиелитом. Секвестр в секвестральной полости проксимального метадиафиза большеберцовой кости

Компьютерная томография

Для диагностики секвестров КТ является методом выбора, поскольку особенности метода позволяют выявить изолированный фрагмент кости вне зависимости от степени склеротических изменений и суммационного эффекта, являющихся причиной диагностических ошибок при рутинной рентгенографии. При КТ секвестр можно обнаружить в костномозговом канале, по ходу операционного канала, свищевого хода (рис. 3.28).

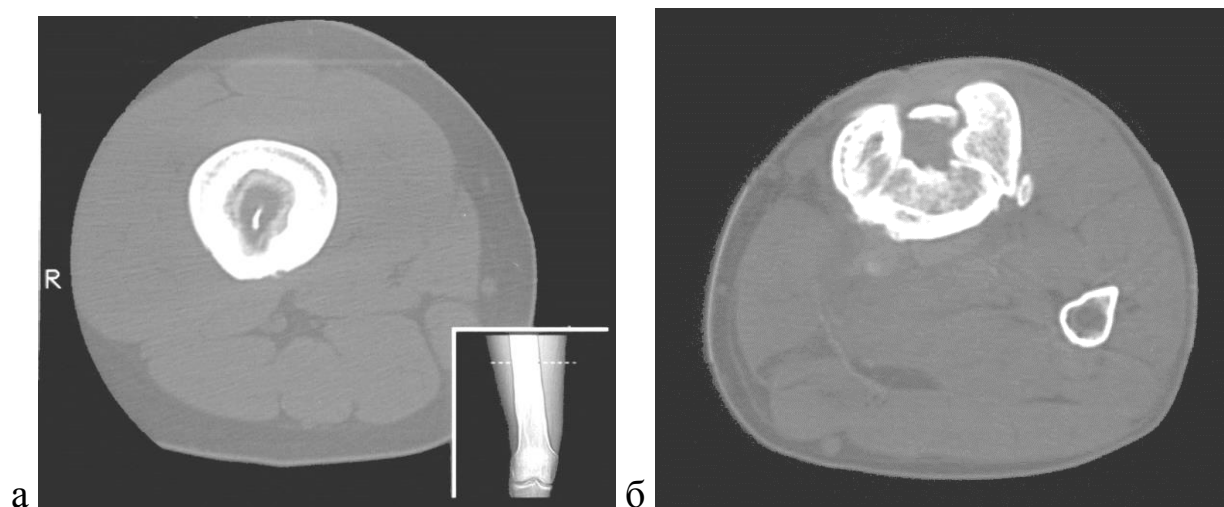


Рис. 3.28. Компьютерные томограммы бедренной кости больного хроническим остеомиелитом. Интрамедуллярный секвестр на уровне средней 1/3 диафиза бедренной кости, не выявленный при рентгенографии (а). Секвестр в послеоперационной полости после секвестрэктомии (б)

Ультразвуковое исследование

При УЗИ можно выявить поверхностно расположенные кортикальные секвестры в виде гиперэхогенных фрагментов, которые не всегда сопровождаются акустической тенью и которые, как правило, хотя бы частично соприкасаются с жидкостным скоплением (рис. 3.29).

Магнитно-резонансная томография

Секвестр при МРТ выглядит как низкоинтенсивное образование во всех последовательностях (режимах), в T2 гной, окружающий секвестр, проявляется высокоинтенсивным сигналом.

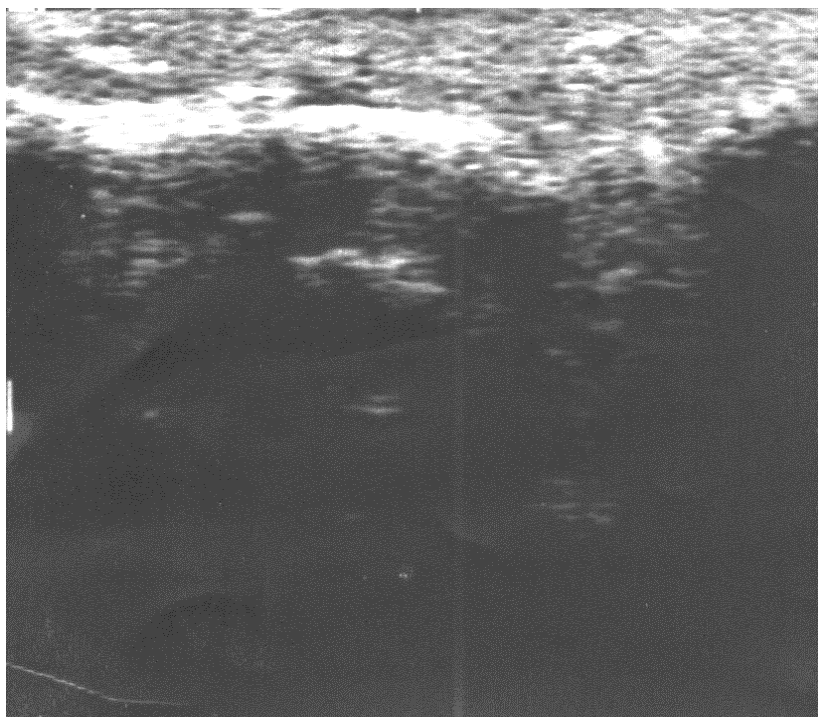


Рис. 3.29. Ультразвуковая сканограмма пястной кости. Эхогенный фрагмент с акустической тенью, окруженный гетерогенной жидкостной структурой

Остеосцинтиграфия

Сцинтиграфически секвестр не визуализируется, поскольку к моменту его формирования он утратил связь с костью и не кровоснабжается. Определяются полости, в которых находятся секвестры, их сцинтиграфическая картина зависит от размеров: маленькие – как «горячие» очаги, более крупные – как «холодные» очаги.

4. ТРАВМАТИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ КОСТЕЙ

4.1. Перелом кости

Перелом кости – нарушение ее целостности – возникает под влиянием однократного воздействия внешней механической силы.

Для рентгенологической диагностики переломов необходимо соблюдать определенные требования к выполнению рентгеновских снимков. *Первое требование* – рентгенограммы выполняются в двух взаимно перпендикулярных проекциях. *Второе требование* – на рентгенограмме трубчатых костей обязательно должен быть захвачен один из суставов для правильной анатомической и топографической ориентации. *Третье требование* – рентгенограмма поврежденной конечности выполняется в условиях иммобилизации для исключения дополнительной травматизации и предотвращения смещения костных

отломков. Рентгенологические признаки нарушения целостности кости – **светлая линия перелома** и **смещение отломков**. Светлая линия перелома возникает в результате диастаза между отломками различной степени выраженности. При отсутствии смещения отломков, что бывает, например, в детском возрасте, перелом может проявляться линией уплотнения (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Рентгенограмма коленного сустава и костей голени в двух взаимно перпендикулярных проекциях и в условиях иммобилизации шиной Крамера

Линия перелома по отношению к длиннику кости может иметь *поперечное, косое, продольное* или *спиральное (винтообразное)* направление. Соответственно этому различают *поперечные, косые, продольные* или *спиральные* переломы. Кроме того, при наличии нескольких линий перелома, имеющих различное направление, образуются так называемые *T-образные, U-образные* и другие переломы.

Смещение проксимального и дистального отломков кости определяют по отношению периферического отломка к центральному и выражают в сантиметрах и градусах. Принято выделять следующие основные виды смещения отломков костей: *боковое смещение* (по ширине); *продольное смещение* (по длине) с захождением или вклиниванием отломков; *угловое смещение* (по отношению к оси конечности); *смещение по периферии* (с поворотом отломка вокруг продоль-

ной оси). Однако чаще всего наблюдается сочетание различных типов отломков. Если линия перелома доходит до сустава, то этот перелом обозначается как внутрисуставной. Вколоченный перелом возникает при вклинении отломка с меньшим диаметром в губчатую кость более широкого отломка.

Нередко, помимо отломков, в зоне повреждения образуется группа костных фрагментов. Такие переломы принято называть оскольчатыми, а дополнительные костные фрагменты – осколками. В зависимости от величины осколков различают крупнооскольчатые, мелкооскольчатые и раздробленные переломы.

По степени поперечного смещения выделяют смещение на всю толщину кости, на половину толщины кости, на толщину кортикального слоя (рис. 4.2).

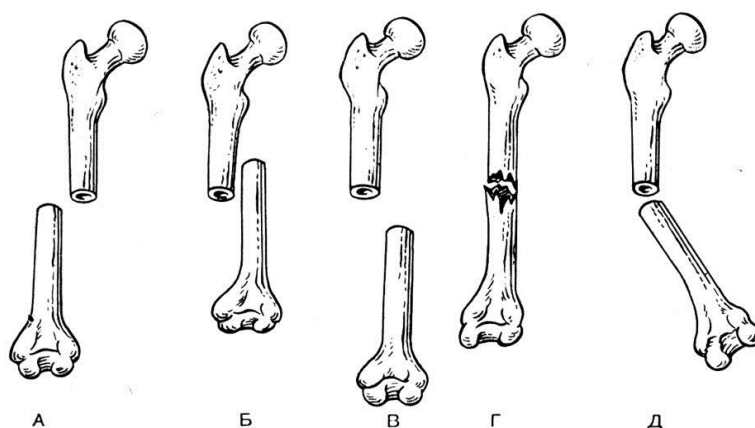


Рис. 4.2. Схема различных видов смещения отломков костей. А – боковое смещение, Б – продольное смещение с захождением отломков, В – продольное смещение с расхождением отломков, Г – продольное смещение с вклинением отломков, Д – угловое смещение

4.2. Вывихи

Вывихи являются вторым наиболее распространенным видом повреждения костно-суставного аппарата. Рентгенологическая диагностика их основывается на выявлении нарушения нормальных пространственных взаимоотношений между суставными поверхностями.

Принято различать *полные вывихи* и *подвывихи*. При *полных вывихах* суставная поверхность смещенного сегмента не соприкасается с суставной поверхностью проксимального сегмента. *Подвывих* характеризуется частичным смещением головки по отношению к суставной впадине. О наличии подвывиха, помимо неполного соответствия головки и суставной впадины, свидетельствует нарушение

конфигурации суставной щели: вместо лентовидной или дугообразной она становится клиновидной.

4.3. Особенности переломов детского возраста

Выделяют два типа травматического повреждения костей у детей: **поднадкостничный перелом** – по типу «зеленой веточки» – и **травматический эпифизолиз** (апофизолиз) (рис. 4.3).

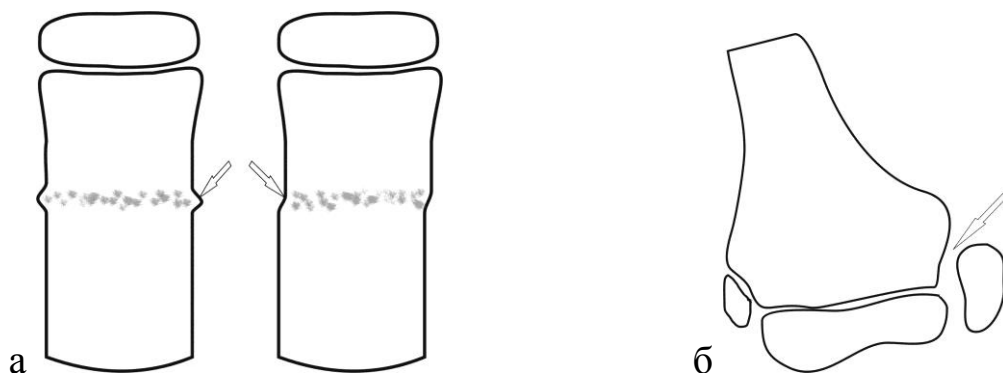


Рис. 4.3. Поднадкостничный перелом (стрелки) (а). Травматический апофизолиз (б)

При поднадкостничном переломе нарушается целостность кости, а достаточно толстая надкостница и слабая мускулатура удерживают отломки на месте, не дают возникнуть диастазу отломков. В результате на рентгенограммах не удастся визуализировать светлую линию перелома. В отдельных случаях лучше выявляется полоса уплотнения в кости по линии перелома за счет суперпозиции мелких костных отломков. Основным рентгенологическим симптомом поднадкостничного перелома является *деформация наружного контура* кости по типу «скобки» или «ступеньки» (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Поднадкостничный перелом метадиафиза лучевой кости у ребенка 3,5 лет

При эпифизеолизе (апофизеолизе) линия перелома проходит через ростковый хрящ. Рентгенологический признак эпифизеолиза (апофизеолиза) – смещение эпифиза (апофиза) по отношению к метафизу по зоне метаэпифизарного хряща. Для исключения диагностической ошибки и точного определения анатомических особенностей положения эпифизов, а также положения и числа апофизов рекомендуется делать сравнительную рентгенографию здоровой симметричной конечности (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Отрыв апофиза медиального мыщелка правой плечевой кости

4.4. Особенности переломов у лиц пожилого и старческого возраста

У лиц старше 55–60 лет, особенно у женщин, повышается хрупкость костей как проявление остеопороза. В результате переломы возникают при воздействии незначительной силы. К *остеопоротическим* переломам относятся переломы *шейки бедра* и переломы *лучевой кости в типичном месте*. Кроме того, могут возникать переломы ребер и переломы позвонков. Заживление переломов (образование костной мозоли) у лиц данного возраста замедленное, часто с развитием ложных суставов (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Чрезвертельный перелом бедренной кости, рентгенологические признаки остеопороза в виде разрежения костной структуры, истончения кортикального слоя кости

4.5. Заживление переломов

В образовании костной мозоли выделяют *три* периода: образование *соединительнотканной (провизорной) мозоли*, развитие *остеоидной мозоли* и возникновение собственно *костной мозоли* – обызвествление остеоидной ткани.

Провизорная (соединительнотканная) мозоль возникает из недифференцированной грануляционной ткани, которая в свою очередь образовалась в зоне гематомы. Развитие соединительнотканной мозоли начинается к **7–10 дню** после перелома кости. В этот период на рентгенограммах можно отметить только резорбцию краев у концов отломков и, как следствие, некоторое увеличение щели перелома.

Остеоидная мозоль образуется в результате дифференцировки соединительной ткани (клеточные элементы превращаются в остеобласты, а межклеточное вещество и коллагеновые волокна – в основную субстанцию). Процесс образования остеоидной мозоли продолжается **10–20 дней (т. е. с 10 до 20 или 30 дня после травмы)**. Этот период рентгенонегативный.

Костная мозоль в виде оссификации остеоидной мозоли начинает образовываться с **30–40 дня после травмы** и формируется полностью через **8–24 недели** после перелома (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Консолидированный перелом средней 1/3 большеберцовой кости

Сроки образования костной мозоли зависят от возраста больного. В детском возрасте образование костной мозоли идет интенсивнее за более короткий промежуток времени. У новорожденного ребенка оссификацию остеоидной мозоли можно визуализировать в конце первой недели. У ребенка до 10 лет соединительнотканная мозоль образуется в сроки от 4 до 6 дней с момента перелома, остеоидная формируется на 8–11 день, а элементы обызвествления появляются на 12–18 день.

Различают **периостальную** и **эндоостальную** костные мозоли, которые и образуются соответственно за счет периостального и эндоостального костеобразования. Камбиальный слой надкостницы уже через 7–8 дней после перелома продуцирует остеоидное вещество. Обызвествление периостальной мозоли происходит от перифериче-

ских отделов к центру. Периостальная мозоль образует мостик между отломками. Основная масса эндостальной мозоли располагается у краев костных отломков и в полости костномозгового канала. Эндостальная костная мозоль закрывает линию перелома. Эндостальная мозоль развивается за счет эндоста, выстилающего костномозговое пространство. Размеры эндостальной мозоли меньше периостальной (рис. 4.8).

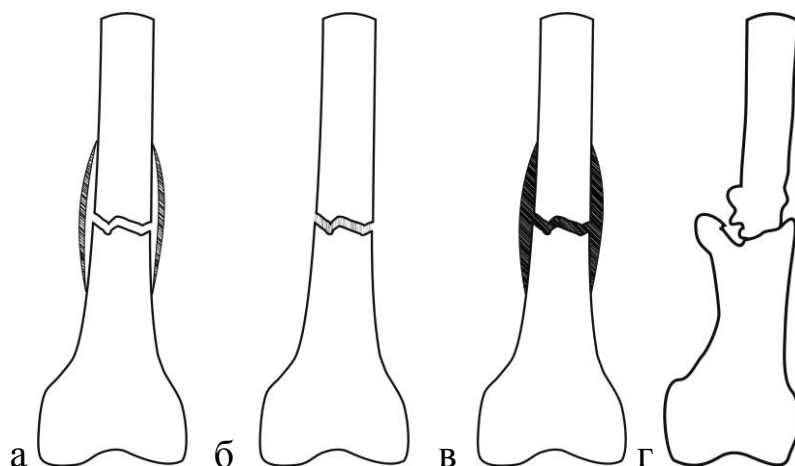


Рис. 4.8. Схема консолидации переломов. а – периостальная костная мозоль, б – эндостальная костная мозоль, в – полная консолидация, г – нарушение консолидации (ложный сустав)

В старческом возрасте процессы заживления переломов более длительные, при этом удлиняются сроки формирования всех стадий мозоли, особенно костной.

Нарушение процессов консолидации выражается в виде формирования **ложного сустава**. Признаки **ложного сустава** следующие: *визуализация линии перелома, закругление и уплотнение концов отломков, образование замыкательной пластинки, закрывающей костномозговой канал, отсутствие типичной костной мозоли, соединяющей концы отломков, формирование конгруэнтности концов отломков с образованием неоартроза* (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Ложный сустав неконсолидированного перелома бедренной кости

4.6. Возможности КТ, УЗИ, МРТ и сцинтиграфии в диагностике травматических повреждений опорно-двигательного аппарата

В современной травматологии, помимо рентгенографии, используются все методы лучевой диагностики.

Компьютерная томография

Семиотика травматических повреждений при КТ аналогична в целом рентгенографической симптоматике. Основная роль КТ при травматических повреждениях состоит в выявлении переломов тех отделов скелета, которые представляют трудности при получении их изображения в двух взаимно перпендикулярных проекциях, например грудины, лопатки (рис. 4.10).

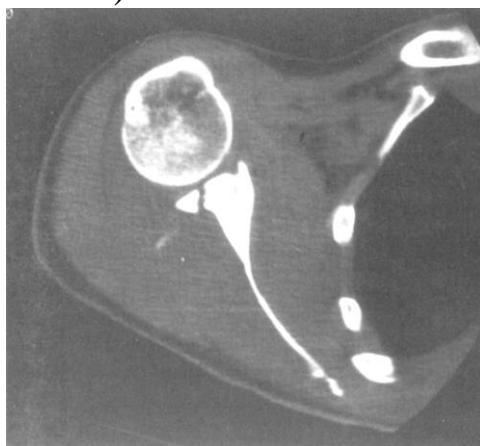


Рис. 4.10. КТ плечевого сустава. Перелом лопатки с распространением линии перелома на суставную поверхность

Ультразвуковое исследование

Ультразвуковое исследование широко применяется в современной травматологии для выявления острых переломов, травматических повреждений элементов суставов, а также в качестве контроля формирования костной мозоли. Перелом в ультразвуковом изображении выглядит как прерывистость гиперэхогенной линии кортикального слоя кости с наличием ступенчатого смещения отломков. Щель перелома может быть анэхогенна или заполнена неопределенными эхогенными структурами как проявлениями гематомы. Формирование костной мозоли характеризуется наличием в щели перелома эхогенных линейных структур с дальнейшим постепенным уменьшением щели перелома и формированием непрерывности кортикального слоя кости (рис. 4.11).

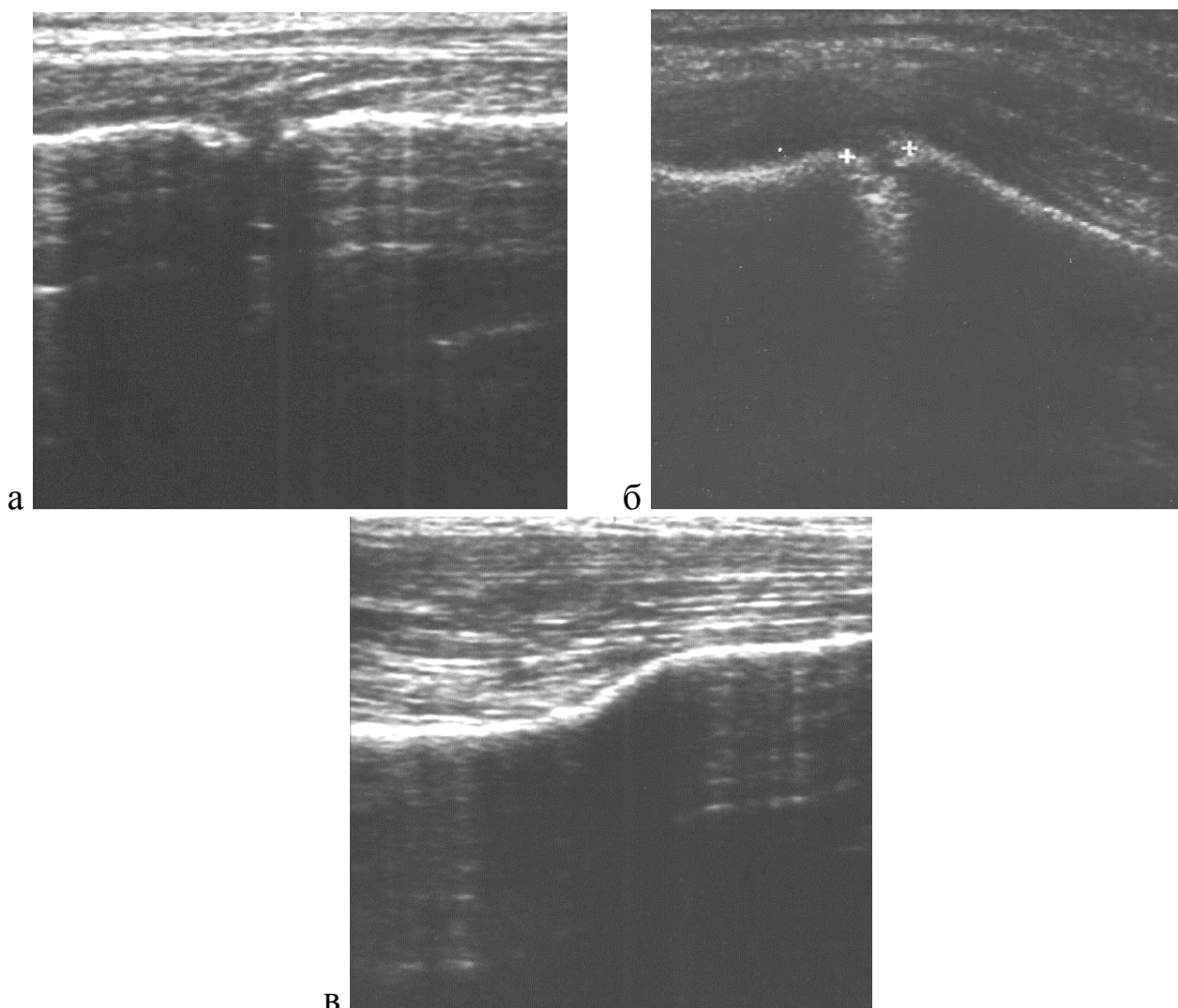


Рис. 4.11. Ультразвуковая картина перелома большеберцовой кости без признаков консолидации (а), в процессе формирования костной мозоли (б), при полной консолидации (в)

Магнитно-резонансная томография

МРТ позволяет выявить переломы в тех случаях, когда рутинная рентгенография или КТ малоинформативны. К таким ситуациям относятся ушибы костей и мягких тканей, стрессовые переломы, повреждения менисков, связочно-сухожильного аппарата, сочетанное повреждение костей и мягких тканей. Переломы визуализируются в виде гипоинтенсивной («черной») линии в T1 и в виде гиперинтенсивной «ярко-белой» линии в T2, а также за счет визуализации реактивных изменений – отека – костного мозга. Бесспорным преимуществом как МРТ, так и УЗ является визуализация травматических повреждений мягкотканых структур – разрывов менисков, связок, сухожилий (рис. 4.12).



Рис. 4.12. МРТ – признак разрыва мениска коленного сустава



Рис. 4.13. Сцинтиграмма костей таза. Избыточное накопление РФП в крестце в зоне перелома

Остеосцинтиграфия

Визуализация перелома при радионуклидном исследовании основана на повышенном кровоснабжении и костном метаболизме в области перелома. Остеосцинтиграфия эффективна в индикации места перелома в тех случаях, когда локализация предполагаемого перелома неизвестна (рис. 4.13).

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выбрать один правильный ответ.

1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КОСТЕЙ, ВКЛЮЧАЮТ
 - 1) рентгенографию
 - 2) компьютерную томографию
 - 3) остеосцинтиграфию
 - 4) ультразвуковое исследование
 - 5) рентгенографию, компьютерную томографию, остеосцинтиграфию, ультразвуковое исследование, магнитно-резонансную томографию
2. ПОКАЗАНИЕМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПАТОЛОГИИ КОСТНО-СУСТАВНОЙ СИСТЕМЫ ЯВЛЯЕТСЯ
 - 1) определение интрамедуллярного секвестра
 - 2) определение поднадкостничного абсцесса
 - 3) уточнение наличия или отсутствия деструкции костей
 - 4) установление состояния костного мозга при воспалительных, неопластических и дегенеративно-дистрофических заболеваниях
3. ПОКАЗАНИЕМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ ПАТОЛОГИИ КОСТНО-СУСТАВНОЙ СИСТЕМЫ ЯВЛЯЕТСЯ
 - 1) индикация очага гнойного воспаления
 - 2) оценка темпов образования костной мозоли
 - 3) оценка мягкотканых элементов суставов и хряща
4. ПОКАЗАНИЕМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ ПАТОЛОГИИ КОСТНО-СУСТАВНОЙ СИСТЕМЫ ЯВЛЯЕТСЯ
 - 1) индикация очага гнойного воспаления
 - 2) оценка темпов образования костной мозоли
 - 3) оценка распространенности опухоли на костный мозг и окружающие мягкие ткани
5. ПОКАЗАНИЕМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ ПАТОЛОГИИ КОСТНО-СУСТАВНОЙ СИСТЕМЫ ЯВЛЯЕТСЯ
 - 1) установление интрамедуллярных секвестров
 - 2) определение замещения костного мозга патологическим субстратом
 - 3) определение пролиферации синовия
 - 4) оценка интенсивности костного метаболизма

6. ПОКАЗАНИЕМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОСТЕОСЦИНТИГРАФИИ ПРИ ПАТОЛОГИИ КОСТНО-СУСТАВНОЙ СИСТЕМЫ ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) раннее установление первичных и вторичных опухолей
 - 2) установление наличия жидкости в суставных сумках
 - 3) оценка распространенности патологического процесса на костный мозг и окружающие мягкие ткани
 - 4) установление наличия поднадкостничного абсцесса
7. ПРИМЕНЕНИЕ ОСТЕОСЦИНТИГРАФИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СКЕЛЕТА ОСНОВАНО НА
- 1) состоянии костного кровотока и костного метаболизма
 - 2) высокой разрешающей способности визуализации структуры кости
 - 3) оценке состояния костного мозга
 - 4) оценке состояния надкостницы
8. МЕТОДОМ, С ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТЬЮ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМ ВИЗУАЛИЗАЦИЮ ЖИДКОСТНЫХ СТРУКТУР, ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) рентгенография
 - 2) магнитно-резонансная томография
 - 3) компьютерная томография
 - 4) остеосцинтиграфия
9. МЕТОДОМ, С ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТЬЮ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМ ВИЗУАЛИЗАЦИЮ ЖИДКОСТНЫХ СТРУКТУР, ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) рентгенография
 - 2) ультразвуковое исследование
 - 3) компьютерная томография
 - 4) остеосцинтиграфия
10. ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ИССЛЕДОВАНИИ КОРТИКАЛЬНЫЙ СЛОЙ КОСТИ ПРЕДСТАВЛЕН
- 1) гиперэхогенной линией с наличием акустической тени
 - 2) анэхогенной линией с акустической тенью
 - 3) гетерогенной структурой
 - 4) анэхогенной структурой с псевдоакустическим усилением
11. ПРИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ КОРТИКАЛЬНЫЙ СЛОЙ КОСТИ ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ
- 1) сигналом низкой интенсивности в T1 ВИ и T2 ВИ
 - 2) сигналом низкой интенсивности в T2 ВИ и высокой – в T1 ВИ
 - 3) гиперденсной структурой
 - 4) гиперэхогенной линией с акустической тенью

12. ПРИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ КОРТИКАЛЬНЫЙ СЛОЙ КОСТИ ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ
- 1) слоем (структурой) гиперденсной плотности +500 EU
 - 2) слоем (структурой) гиподенсной плотности –150 EU
 - 3) структурой с сигналом высокой интенсивности
 - 4) структурой с сигналом низкой интенсивности
13. В НОРМЕ ПРИ ОСТЕОСЦИНТИГРАФИИ РАДИОФАРМПРЕПАРАТ В МЕНЬШЕЙ СТЕПЕНИ НАКАПЛИВАЕТСЯ В
- 1) диафизе
 - 2) участках кости, имеющих губчатое строение
 - 3) эпифизе
 - 4) метафизе
14. СРЕДИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ОСТЕОЛОГИИ НАИЛУЧШИМ СПОСОБОМ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ КОСТНОГО МОЗГА ЯВЛЯЕТСЯ
- 1) рентгенография
 - 2) компьютерная томография
 - 3) магнитно-резонансная томография
 - 4) ультразвуковое исследование
15. СКОПЛЕНИЕ ЖИДКОСТИ В СУСТАВНЫХ СУМКАХ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ИССЛЕДОВАНИИ ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ
- 1) участками анэхогенной структуры
 - 2) участками солидной структуры
 - 3) участками гиперэхогенной структуры
 - 4) структурой с псевдоакустическим усилением
16. ЖИДКОСТНЫЕ СТРУКТУРЫ ПРИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ
- 1) высоким сигналом в T1 ВИ и T2 ВИ
 - 2) низким сигналом в T1 ВИ и высоким – в T2 ВИ
 - 3) гетерогенной структурой
 - 4) гиперденсной структурой
17. ЭПИФИЗ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ
- 1) периферическую часть трубчатой кости, принимающую участие в образовании суставной поверхности
 - 2) центральную часть трубчатой кости
 - 3) промежуточную часть трубчатой кости между центральным и периферическим участками
 - 4) часть кости с собственным ядром окостенения, к которому прикрепляются связки и сухожилия

18. АПОФИЗ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ

- 1) периферическую часть эпифиза
- 2) часть кости с собственным ядром окостенения, к которому прикрепляются связки и сухожилия
- 3) центральную часть трубчатой кости
- 4) промежуточную часть трубчатой кости между центральным и периферическим участками

19. ПРИМЕРОМ АПОФИЗА СЛУЖАТ

- 1) большой и малый вертелы бедренной кости
- 2) бугристость большеберцовой кости
- 3) ногтевая фаланга 1 пальца стопы
- 4) головка плечевой кости

20. МЕТАФИЗ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ

- 1) промежуточную часть трубчатой кости между центральным и периферическим участками
- 2) участок кости губчатой структуры, ограниченный зоной роста и границей костномозгового канала
- 3) периферическую часть трубчатой кости, принимающую участие в образовании суставной поверхности
- 4) центральную часть трубчатой кости

21. ЗОНА РОСТА (ЭПИМЕТАФИЗАРНЫЙ ХРЯЩ) ПРИ НЕЗАВЕРШЕННОМ РАЗВИТИИ СКЕЛЕТА ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ

- 1) участок трубчатой кости на уровне истончения кортикального слоя кости
- 2) периферический участок кости, покрытый гиалиновым хрящом
- 3) промежуточную линию между эпифизами двух сочленяющихся костей
- 4) рентгенонегативную линию между метафизом и эпифизом

22. ОСТЕОПОРОЗ – ЭТО

- 1) повышение прозрачности кости вследствие истончения костных балок в сочетании с уменьшением объема кости
- 2) повышение прозрачности кости вследствие уменьшения количества костных балок в единице объема кости
- 3) повышение прозрачности кости вследствие разрушения костных балок
- 4) снижение прозрачности кости вследствие увеличения количества костных балок в единице объема кости

23. ОСТЕОСКЛЕРОЗ – ЭТО

- 1) размягчение костной ткани вследствие снижения ее минерализации без изменения числа костных балок в единице объема

- 2) повышение плотности кости вследствие увеличения количества костных балок в единице объема кости
- 3) повышение плотности кости за счет массивных периостальных наслоений
- 4) повышение прозрачности кости вследствие уменьшения количества костных балок в единице объема кости

24. ГИПЕРОСТОЗ – ЭТО

- 1) повышение плотности кости за счет эндостального костеобразования
- 2) утолщение кости за счет избыточного периостального костеобразования
- 3) деформация кости
- 4) разрушение кости

25. ПЕРИОСТИТ – ЭТО

- 1) обызвествление параоссальных мягких тканей
- 2) некроз кости
- 3) реакция надкостницы в виде различных типов обызвествлений
- 4) снижение прозрачности кости вследствие увеличения количества костных балок в единице объема кости

26. ДЕСТРУКЦИЯ – ЭТО

- 1) размягчение костной ткани вследствие снижения ее минерализации без изменения числа костных балок в единице объема
- 2) избыточная продукция костного вещества вследствие хронического воспалительного процесса
- 3) разрушение костных балок и замещение их патологическим субстратом
- 4) снижение прозрачности костной ткани вследствие повышения числа костных балок в единице объема

27. СЕКВЕСТР – ЭТО

- 1) деструктивная полость в кости
- 2) локальный гиперостоз
- 3) некротизированный изолированный фрагмент кости
- 4) костный отломок, образованный в результате оскольчатого перелома кости

28. ОСТЕОЛИЗ – ЭТО

- 1) исчезновение (рассасывание) кости при отсутствии реактивных изменений
- 2) размягчение костной ткани вследствие снижения ее минерализации без снижения числа костных балок в единице объема
- 3) повышение прозрачности кости вследствие уменьшения количества костных балок на единицу площади

4) разрушение костных балок вследствие замещения их патологическим субстратом

29. ОСТЕОМАЛЯЦИЯ – ЭТО

- 1) размягчение костной ткани вследствие снижения ее минерализации без изменения числа костных балок в единице объема
- 2) разрушение костной ткани вследствие ее замещения патологическим субстратом
- 3) снижение прозрачности костной ткани вследствие повышения числа костных балок в единице объема
- 4) повышение прозрачности костной ткани вследствие снижения числа костных балок в единице объема

30. АТРОФИЯ – ЭТО

- 1) уменьшение объема кости за счет деструкции
- 2) уменьшение объема кости, вызванное уменьшением нагрузки на конечность
- 3) уменьшение количества костных балок на единицу площади

31. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РЕНТГЕНОГРАММАМ ПРИ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ КОНЕЧНОСТЕЙ, СОСТОЯТ В

- 1) рентгенографии в двух проекциях с захватом одного из суставов
- 2) рентгенографии без фиксирующих устройств
- 3) рентгенографии в оптимальной для больного проекции
- 4) рентгенографии с захватом одного из суставов

32. РЕНТГЕНОГРАФИЯ С ФИКСИРУЮЩИМИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯМИ

- 1) является обязательным условием рентгенографии конечностей при травматическом повреждении
- 2) недопустима как причина артефактов на рентгенограмме
- 3) позволяет делать рентгенограмму только в одной проекции
- 4) не является обязательным условием исследования при наличии современных методов медицинской визуализации

33. ОСНОВНЫМ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИМ СИМПТОМОМ ПЕРЕЛОМА КОСТИ ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) полоса просветления по ходу кости с четкими контурами и смещением фрагментов кости
- 2) участок просветления кости с нечеткими контурами
- 3) участок ограниченного уплотнения и утолщения кости
- 4) участок уплотнения кости с четкими контурами

- 34. ДЛЯ ТИПИЧНОЙ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ ПЕРЕЛОМА ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ НЕ ХАРАКТЕРНО**
- 1) наличие полосы просветления между костными отломками с четкими контурами
 - 2) смещение отломков
 - 3) наличие деструкции кости с наличием мягкотканного компонента
- 35. ПОДНАДКОСТНИЧНЫЙ ПЕРЕЛОМ – ЭТО**
- 1) линия перелома со смещением отломков кости по оси
 - 2) линия перелома с угловым смещением отломков
 - 3) деформация наружного контура кости по типу «скобки» или «ступеньки»
- 36. ТРАВМАТИЧЕСКИЙ ЭПИФИЗЕОЛИЗ – ЭТО**
- 1) остеолит эпифиза вследствие травмы
 - 2) смещение эпифиза по зоне роста
 - 3) отсутствие эпифиза
- 37. ОСОБЕННОСТЬЮ ПЕРЕЛОМОВ У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА ЯВЛЯЕТСЯ**
- 1) перелом лучевой кости в типичном месте
 - 2) линейный перелом костей свода черепа
 - 3) поднадкостничный перелом
 - 4) травматический эпифизеолит
- 38. МЕНЕЕ ТИПИЧНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ ПЕРЕЛОМОВ У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА ЯВЛЯЮТСЯ**
- 1) перелом лучевой кости в типичном месте
 - 2) перелом шейки бедренной кости
 - 3) компрессионные переломы позвонков
 - 4) перелом средней трети диафиза бедренной кости
- 39. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СТАДИЙ ФОРМИРОВАНИЯ КОСТНОЙ МОЗОЛИ ВКЛЮЧАЕТ**
- 1) остеонную, соединительнотканную, стадию оссификации
 - 2) соединительнотканную, остеонную, стадию оссификации
 - 3) соединительнотканную, стадию оссификации, остеонную
- 40. ПРИ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ КОСТНАЯ МОЗОЛЬ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ**
- 1) при оссификации остеонной ткани
 - 2) в стадии формирования остеонной ткани
 - 3) в стадии формирования соединительной ткани

41. ПЕРИОСТАЛЬНАЯ КОСТНАЯ МОЗОЛЬ ФОРМИРУЕТСЯ ПРИ

- 1) эндостальном костеобразовании
- 2) периостальном костеобразовании
- 3) оссификации окружающих кость мягких тканей

42. ДЛЯ ЛОЖНОГО СУСТАВА НЕ ХАРАКТЕРНЫ

- 1) сглаженность и закругленность концов отломков
- 2) склероз краев отломков
- 3) длительно прослеживающаяся линия перелома
- 4) неотчетливо прослеживающаяся линия перелома

ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Вопрос	Ответ	Вопрос	Ответ	Вопрос	Ответ	Вопрос	Ответ
1	5	13	1	25	3	37	1
2	2	14	3	26	3	38	4
3	3	15	1	27	3	39	2
4	3	16	2	28	1	40	1
5	1	17	1	29	1	41	2
6	1	18	2	30	2	42	4
7	1	19	1	31	1		
8	2	20	2	32	1		
9	2	21	4	33	1		
10	1	22	2	34	3		
11	1	23	2	35	3		
12	1	24	2	36	1		

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Задача № 1.

Рентгенограмма коленного сустава новорожденного.



Установить состояние костно-суставного аппарата, представленного на рентгенограмме.

Задача № 2.

Пациент Д., 12 лет, предъявляет жалобы на локальные боли в области плечевой кости, отек мягких тканей и гиперемию кожи на этом участке. Раневая поверхность с гнойным отделяемым. За 11 дней до этого травмировал кожу. На рентгенограмме выявлены признаки линейного периостита.

Определить патологическое состояние плечевой кости.

Задача № 3.

Пациент Н., 38 лет, длительное время страдает хроническим остеомиелитом. При очередном рентгенологическом исследовании были выявлены признаки деструкции кости с формированием секвестров.

Указать метод выбора лучевого исследования для установления секвестра.

Задача № 4.

Пациент Ф., 34 лет, направлен в рентгенодиагностический кабинет для рентгенографии нижней 1/3 бедренной кости. Жалобы на длительно существующие боли в области нижней трети бедра. На рентгенограмме нижней конечности в дистальном метадиафизе выявлены признаки деструкции кости с разрушением кортикального слоя, спикурообразный периостит.

Определить правильный вариант патологического процесса бедренной кости.

Задача № 5.

У пациентки Л., 58 лет, обнаружен рак молочной железы. При проведении рентгенографии органов грудной клетки был выявлен очаг деструкции костной ткани в ребре.

Указать метод исследования, который входит в диагностический алгоритм для выявления метастатического поражения костного скелета.

Задача № 6.

При подозрении на перелом костей необходимо провести рентгенографию.

Указать вариант методики рентгенографии.

Задача № 7.

Пациент Б., 25 лет, отмечает факт падения на руку. При первичном обращении признаков перелома костей не было выявлено. При повторном исследовании (через 3 дня) на рентгенограмме отмечаются отчетливые признаки перелома лучевой кости: линия перелома, расхождение костных отломков.

Определить патологический процесс, протекающий в костной ткани.

Задача № 8.

Пациентка А., 62 лет, находилась в условиях длительной иммобилизации нижней конечности. На контрольной рентгенограмме (через 35 недель после перелома) продолжает визуализироваться линия перелома, концы отломков закруглены с формированием замыкательных пластинок.

Указать вариант темнов консолидации.

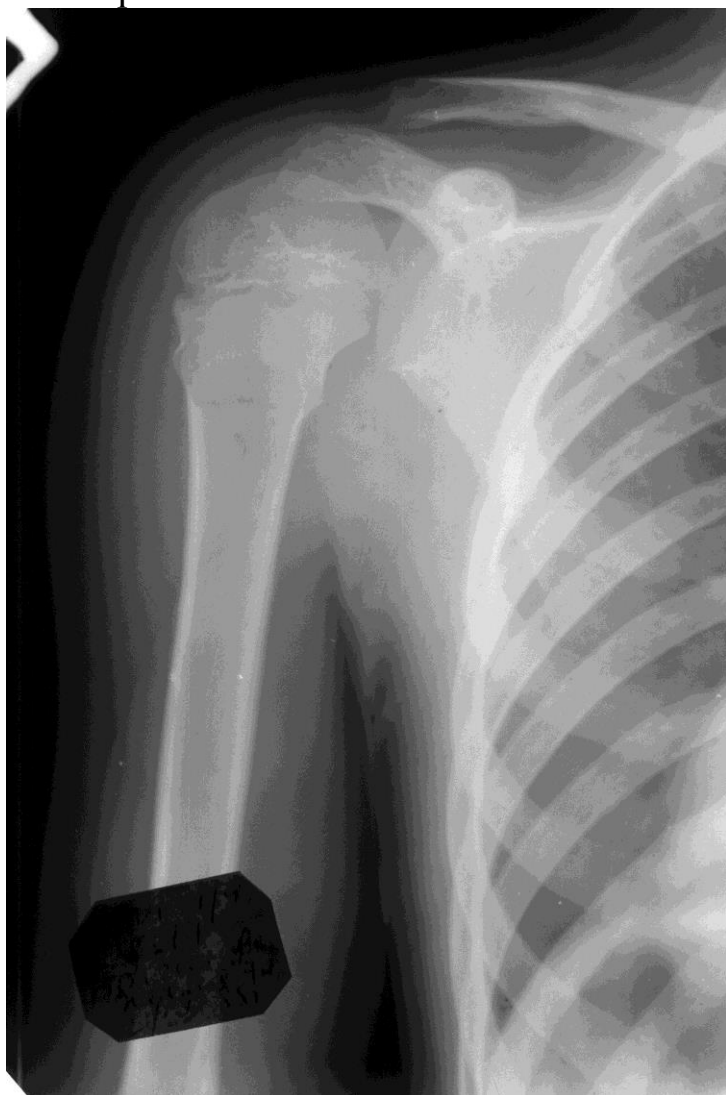
Задача № 9.

В травматологический пункт поступил ребенок 3,5 лет. Со слов мамы, упал на руку. На рентгенограмме отмечается деформация наружного контура метадиафиза лучевой кости в виде «ступеньки».

Определить состояние кости на основании характера рентгенологической картины.

Задача № 10.

Ребенок, 10 лет, упал во время прогулки. После обращения в травматологический пункт по поводу боли в правой плечевой кости сделана рентгенограмма.



Дать заключение о состоянии плечевой кости по данным рентгенографии.

Задача № 11.

Мужчина, 49 лет, находится на госпитализации в терапевтической клинике по поводу «затяжного течения пневмонии». Предъявляет жалобы на выраженный болевой синдром в костях таза на протяжении суток.



Дать заключение в соответствии с анализом рентгенограммы

Задача № 12.

Мужчина, 27 лет, с детства страдает свищевой формой остеомиелита с периодическими обострениями. Планируется секвестрэктомия.



1.

2.



3.



Определить рентгенограмму с наличием секвестров.

Задача № 13.

Больной 14 лет. Клиника острого общего и местного (в области голени) воспалительного процесса.



Установить по данным рентгенографии костей голени состояние большеберцовой кости.

Задача № 14.

Острая автодорожная травма. Выполнена рентгенограмма нижней конечности по поводу предполагаемого перелома костей голени.



Установить в соответствии с анализом рентгенограммы, соблюдены ли требования к рентгенографии при подозрении на перелом.

Задача № 15.

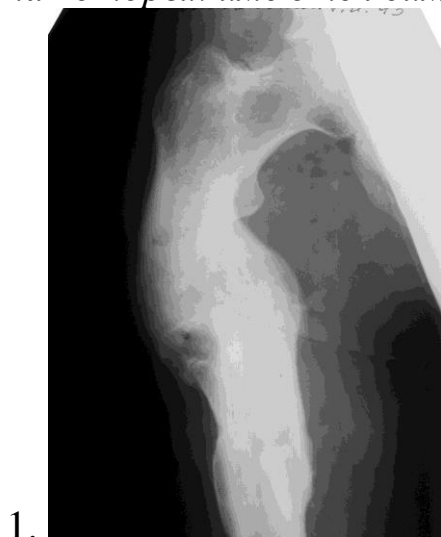
Женщина, 73 лет, упала на улице, почувствовала боль в ноге, не могла передвигаться.



Указать в соответствии с анализом рентгенограммы причину чрезвертельного перелома бедренной кости.

Задача № 16.

Выбрать правильный вариант рентгенограмм нижних конечностей, на которых имеются симптомы остеопороза.



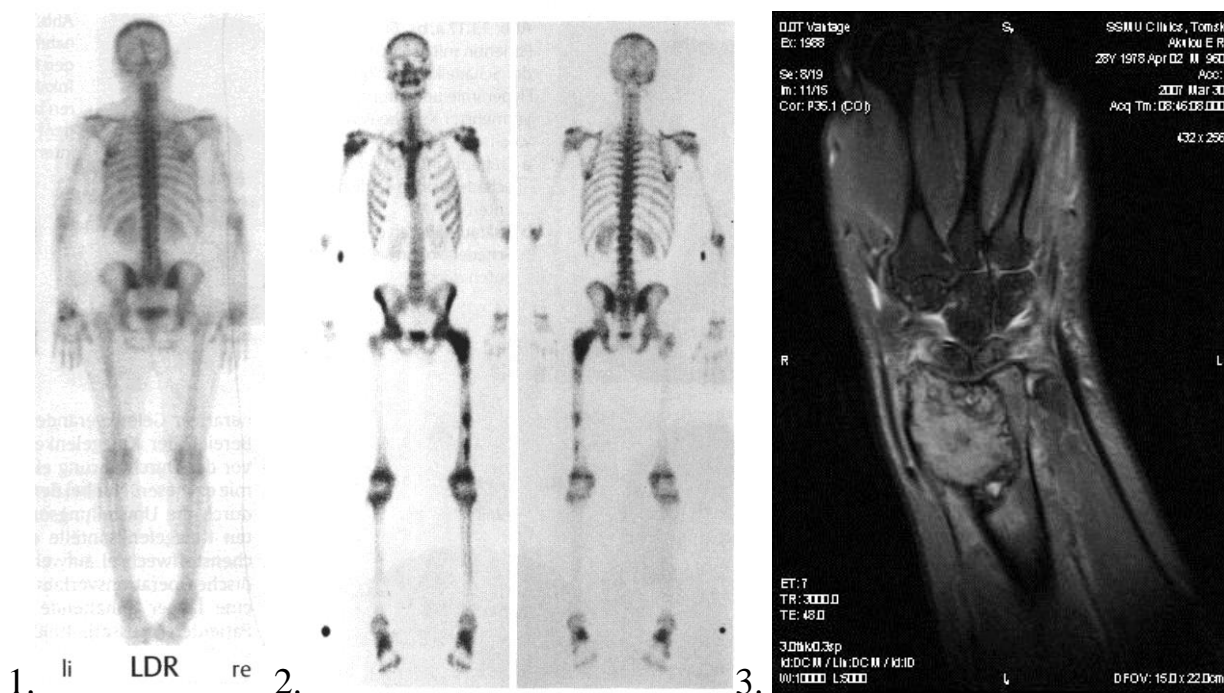
Задача № 17.

Установить по данным рентгенологического исследования верхней 1/3 бедра состояние левой бедренной кости.



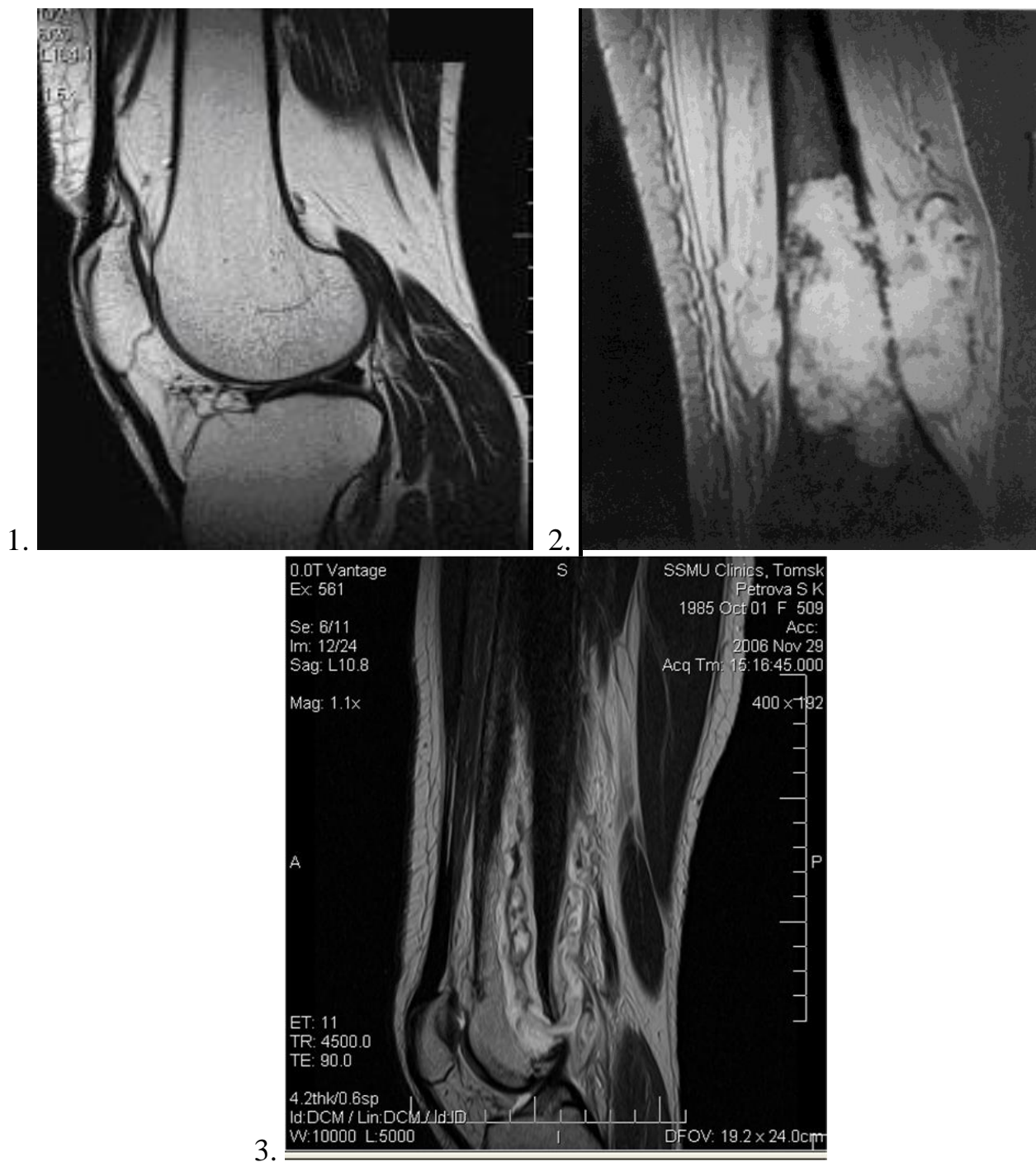
Задача № 18.

Выбрать вариант изображения сцинтиграфии при множественном поражении скелета опухолью и сформулировать описание визуальной картины.



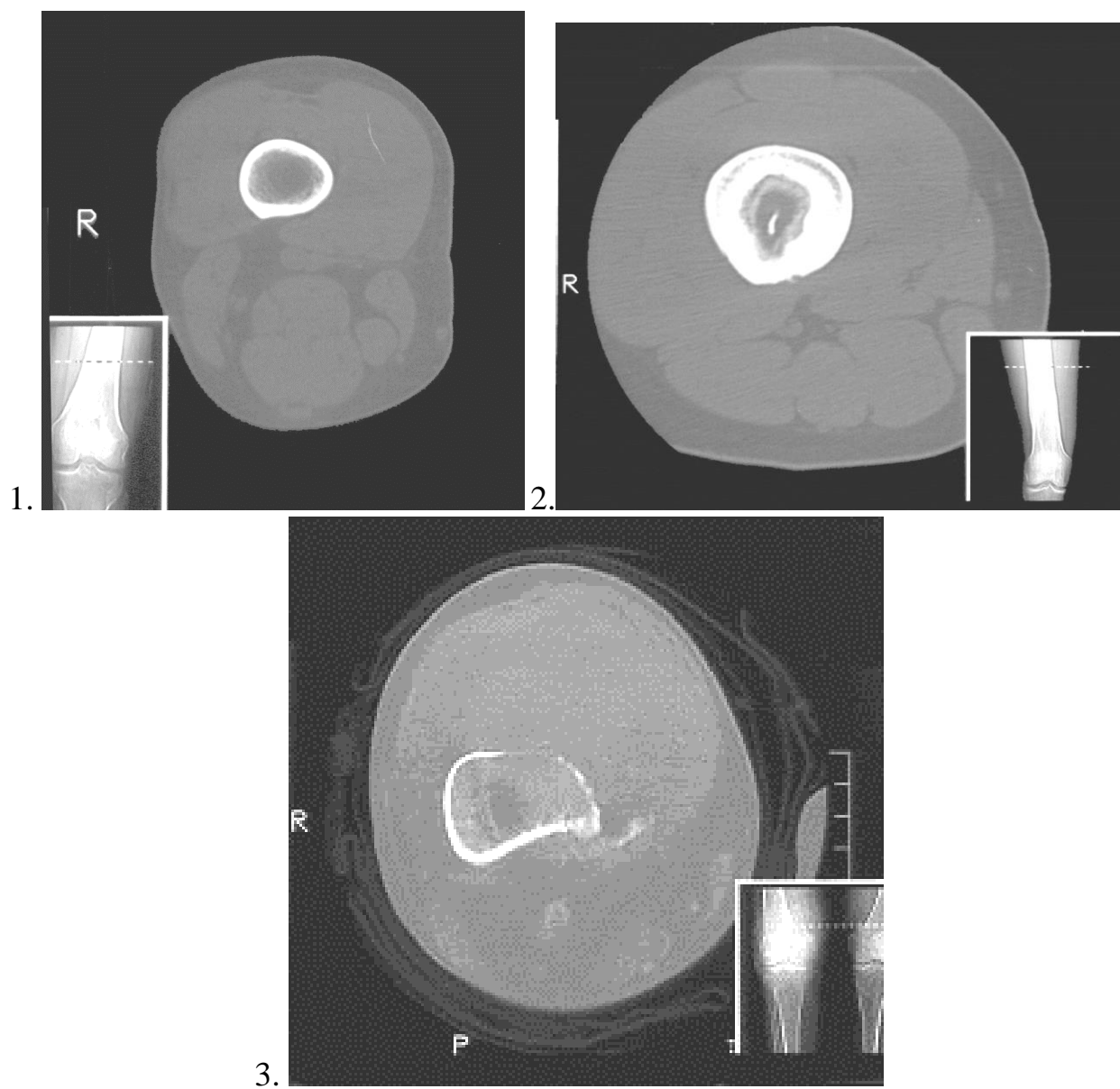
Задача № 19.

Выбрать правильный вариант магнитно-резонансных томограмм, на которых определяется замещение костного мозга патологическим субстратом.



Задача № 20.

Выбрать правильный вариант компьютерных томограмм, на которых определяется интрамедуллярный секвестр.

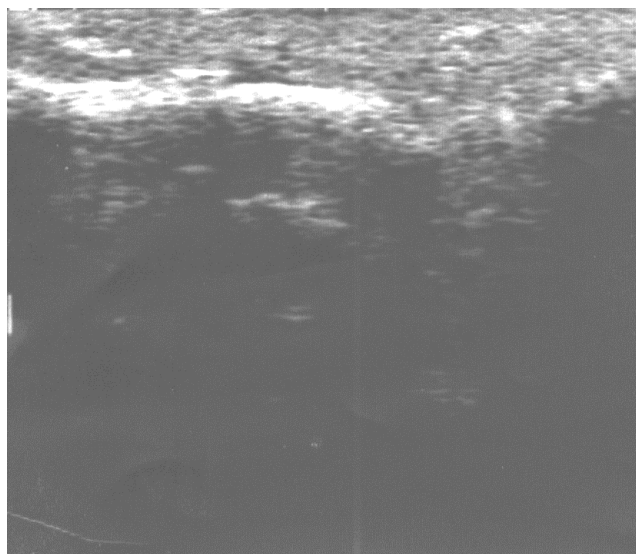


Задача № 21.

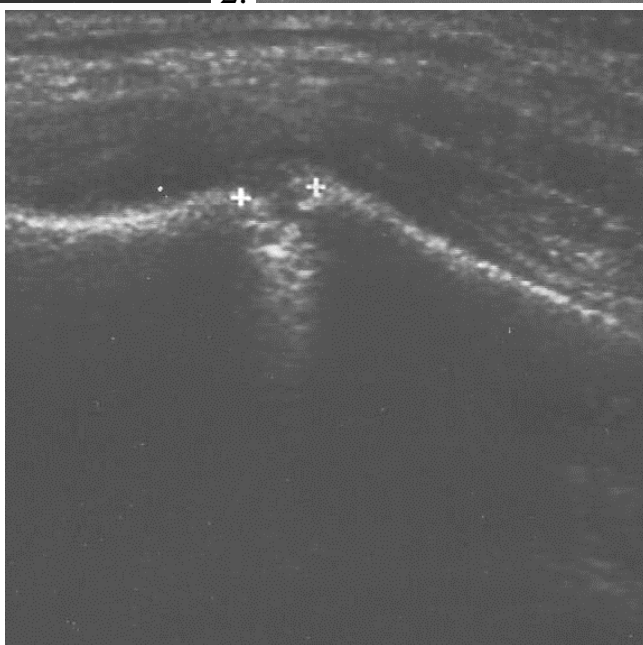
Выбрать вариант изображения и описания параоссальной жидкости на сонограмме и сформулировать визуальное описание.



1.



2.



3.

Задача №22.

Выбрать вариант изображения остеопоротического перелома верхней конечности человека пожилого возраста и сформулировать визуальное описание.



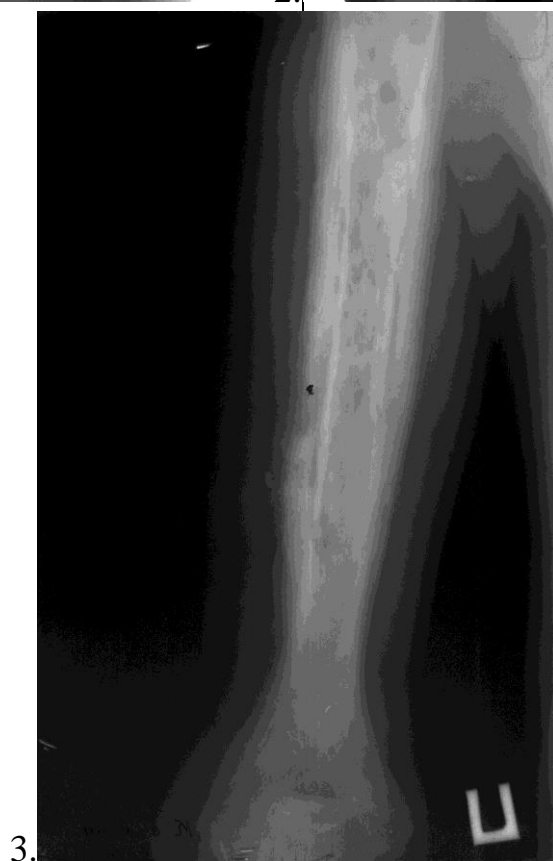
Задача №23.

Определить рентгенограмму, на которой визуализируется перелом, характерный для перелома пожилого человека.



Задача №24.

Определить правильный вариант изображения секвестрации и сформулировать визуальное описание.



ОТВЕТЫ НА СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Задача № 1.

Нормальное изображение коленного сустава новорожденного.

Задача № 2.

Острый остеомиелит.

Задача №3.

Компьютерная томография.

Задача № 4.

Злокачественная опухоль бедренной кости.

Задача №5.

Остеосцинтиграфия.

Задача №6.

В двух взаимно перпендикулярных проекциях.

Задача №7.

Резорбция краев костных отломков, что привело к появлению линии перелома.

Задача №8.

Формирование «ложного сустава».

Задача №9.

Поднадкостничный перелом лучевой кости.

Задача № 10.

Поднадкостничный перелом плечевой кости в области хирургической шейки.

Задача № 11.

Остеолитическая деструкция седалищной кости.

Задача № 12.

Ретренограмма № 3

Задача № 13.

Линейный периостит, деструкция в сочетании с репарацией метафиза большеберцовой кости.

Задача № 14.

Да, соблюдены: рентгенограмма выполнена в условиях иммобилизации и с захватом сустава.

Задача № 15.

Остеопоротический перелом бедренной кости.

Задача № 16.

Рентгенограмма № 2

Задача № 17.

Остеомаляция бедренной кости.

Задача № 18.

Участки гиперфиксации индикатора в правой бедренной кости в области головки и шейки бедра, средней и нижней 1/3 бедренной кости.

Задача № 19.

Томограммы № 2 и № 3

Задача № 20.

Томограмма № 2

Задача № 21.

Сонограмма № 2. Гиперэхогенный слой кости неровный, неоднородный; на ограниченном участке к нему примыкает локализованная анэхогенная структура.

Задача № 22.

Изображение № 3. Поперечная линия просветления по ходу метаэпифиза лучевой кости. остеопороз.

Задача № 23.

Рентгенограмма № 3.

Задача № 24.

Изображение № 3. Линейная тень повышенной плотности, окруженная светлым ободком, по ходу практически всего диафиза плечевой кости; слоистый периостит, гиперостоз.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лучевая диагностика и лучевая терапия: учебник для студентов медицинских вузов / С. К. Терновой, А. Ю. Васильев, В. Е. Сеницын, А. И. Шехтер. – М. : ОАО «Издательство «Медицина», издательство «Шико», 2008. – Т. 1 : Общая лучевая диагностика. – 232 с.
2. Лучевая диагностика и лучевая терапия: учебник для студентов медицинских вузов. / С. К. Терновой, А. Ю. Васильев, В. Е. Сеницын, А. И. Шехтер. – М. : ОАО «Издательство «Медицина», издательство «Шико», 2008. – Т. 2 : Частная лучевая диагностика. – 356 с.

Дополнительная

1. Клиническая рентгенорадиология : в 5 т. / под ред. Г. А. Зедгенидзе. – М. : Медицина, 1984. – 440 с.
2. Магнитно-резонансная томография коленного сустава / И. Р. Кузина, Т. А. Ахатов. – Новосибирск, 2003. – 258 с.
3. Магнитно-резонансная томография в диагностике заболеваний суставов / А. В. Брюханов, А. Ю. Васильев. – ОАО «Алтайский полиграфический комбинат», 2001. – 198 с.
4. MRT des Bewegungsapparats / M. Vahlensieck, M. Reiser. – Georg Thieme Verlag, 2006. – 620 p.
5. Bahk Y-W. Combined Scintigraphic and Radiographic Diagnosis of Bone and Joint Diseases. – Springer, 2000. – 292 p.

Учебное издание

Завадовская Вера Дмитриевна

**ОСНОВЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ
ЗАБОЛЕВАНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО
АППАРАТА**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Редактор В. А. Антонова
Оригинал-макет С.Б. Гончаров
Обложка И.Г. Забоевкова

Издательство СибГМУ
634050, г. Томск, пр. Ленина, 107
тел. 8(382-2) 51-41-53
факс. 8(382-2) 51-53-15
E-mail: bulletin@bulletin.tomsk.ru

Подписано в печать 28.10.2016 г.
Формат 60x84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.
Печать ризограф. Гарнитура «Times». Печ. лист 7,25
Тираж 100 экз. Заказ №

Отпечатано в Издательстве СибГМУ
634050, Томск, ул. Московский тракт, 2