

Рентгенологическая диагностика первичного остеопороза

А.В. Смирнов

НИИ ревматологии РАМН, Москва

Характерной чертой первичного остеопороза (ОП) является распространенность деминерализации костной ткани. В статье подробно описаны рентгенологические симптомы ОП в разных отделах скелета, в губчатой и кортикальной костной ткани. Представлены количественный расчет кортикального индекса и индекса тел позвонков на основании рентгеновской морфометрии позвоночника и полуколичественный метод Сингха для оценки трабекулярной структуры костной ткани в проксимальном отделе бедренной кости. Двухэнергетическая рентгеновская денситометрия является методом ранней диагностики ОП. Описаны основные показатели, определяющие минерализацию костной ткани, изложены подходы к правильной интерпретации результатов денситометрии, оценке риска переломов костей.

Ключевые слова: остеопороз, двухэнергетическая рентгеновская денситометрия.

Контакты: Александр Викторович Смирнов smirale@mail.ru

X-RAY DIAGNOSIS OF PRIMARY OSTEOPOROSIS

A. V. Smirnov

Research Institute of Rheumatology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

The prevalence of bone demineralization is a distinguishing characteristic of primary osteoporosis (OP). The paper describes in detail the X-ray symptoms of OP in different parts of the skeleton and in spongy and cortical bone tissues. It gives the calculation of the cortical index and the index of vertebral bodies on the basis of X-ray morphometry of the vertebral column, as well as the Singh semiquantitative method for the assessment of the trabecular bone structure of the proximal femur. Dual-energy X-ray absorptiometry is a method for the early diagnosis of OP. The main determinants of bone mineralization are described and the approaches to correctly interpreting the results of densitometry and to assessing the risk of bone fractures are presented.

Key words: osteoporosis, dual-energy X-ray absorptiometry.

Contact: Aleksand Viktorovich Smirnov smirale@mail.ru

Остеопороз (ОП) – системное заболевание скелета, характеризующееся снижением костной массы и нарушением микроархитектоники костной ткани, приводящее к увеличению хрупкости кости и риска переломов.

Общепринятой классификацией ОП в настоящее время является подразделение его на первичную и вторичную формы. Первичный ОП – самостоятельное заболевание, развивается в любом возрасте, однако более 80% больных – это женщины старше 50 лет. Вторичный ОП в большинстве случаев является симптомом других заболеваний или следствием проводимого лечения [1].

При первичном ОП развивается распространенный (генерализованный) вариант деминерализации костной ткани, который сопровождается изменениями как кортикальной, так и трабекулярной костной ткани, в отличие от околосуставного ОП, когда в основном поражается трабекулярная (губчатая) костная ткань. Распространенный ОП обусловлен отрицательным балансом ремоделирования костной ткани во всех отделах скелета с преобладанием костной резорбции над процессами костеобразования. Факторами риска первичного ОП являются возраст, длительная менопауза, низкая масса тела и низкая пиковая костная масса.

Для первичного ОП характерно только количественное снижение минеральной костной массы (МКМ) и, соответственно, минеральной плотности костной ткани (МПКТ)

на единицу объема костной ткани. При вторичном ОП наряду с количественным снижением МПКТ нарушается и качество костной ткани, связанное с нарушением в фазах ремоделирования костной ткани. Основным рентгенологическим симптомом ОП является повышение рентгенопрозрачности костной ткани, определяющееся в основном в костях с преобладанием трабекулярной костной ткани; при распространенном ОП можно видеть и истончение кортикальной костной ткани в диафизах коротких и длинных трубчатых костей. В то же время данный рентгенологический симптом неспецифичен и в большой степени зависит от технических условий рентгенографии и проявления рентгенограмм.

В кортикальной костной ткани коротких и длинных трубчатых костей ОП проявляется уменьшением толщины кортикальной кости и расширением костномозговых пространств за счет типичной для первичного ОП эндостальной и субэндостальной резорбции. На измерении толщины кортикальной кости в области диафизов II пястной и бедренной костей основывается количественный метод определения кортикального индекса, что является объективным показателем распространенности ОП. Кортикальный индекс рассчитывают следующим образом: в центральном отделе II пястной кости или на 10 см ниже основания малого вертела бедренной кости измеряют общий диаметр диафиза кости и ширину костномозгового канала.

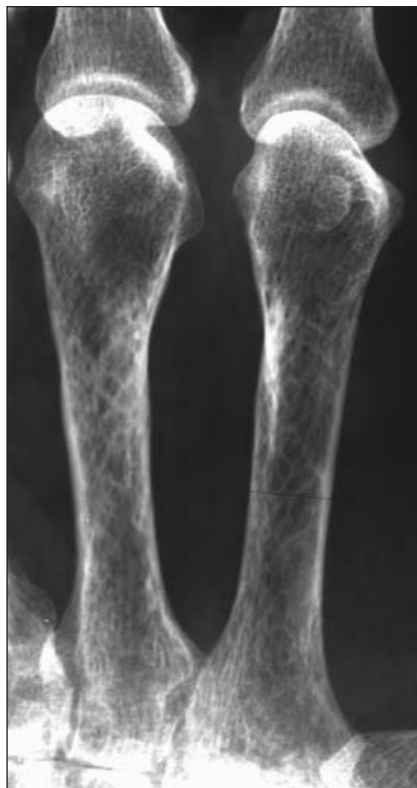


Рис. 1. Резкое истончение кортикального слоя диафиза II пястной кости



Рис. 2. Резкое истончение кортикального слоя диафиза бедренной кости



Рис. 3. Истончение и уменьшение количества трабекул в проксимальном отделе бедренной кости. Индекс Сингха 4-й степени

Разница между этими двумя показателями соответствует суммарной толщине кортикальной кости. Кортикальный индекс равен отношению суммарной толщины кортикальной кости к общему диаметру диафизов костей. За норму принимают пястный индекс $\geq 0,43$ (43%; рис. 1) и бедренный индекс $\geq 0,54$ (54%). Если кортикальный индекс меньше этих величин, можно говорить об истончении кортикальной кости (рис. 2).

Индекс Сингха относится к полуколичественным методам оценки снижения МПКТ и основывается на оценке трабекулярного рисунка проксимального отдела бедренной кости (истончение, прерывание контуров или полное рассасывание трабекул, уменьшение количества трабекул на единицу площади кости). В классификации по Сингху выделены 6 степеней изменения в проксимальном отделе бедренной кости: 6-я, 5-я, 4-я степени относятся к норме; 3-я, 2-я

и 1-я степени – признаки ОП. ОП проксимального отдела бедра 3-й степени по данным рентгенографии тазобедренного сустава характеризуется резким истончением или отсутствием трабекул в центральной части проксимального отдела бедренной кости, истончением и уменьшением количества трабекул в основании большого вертела, верхнего отдела шейки бедренной кости и нижней части бедренной головки. При 1-й степени ОП на рентгенограмме видны отдельные трабекулы в основании бедренной головки (рис. 3).

Позвоночник – обязательный отдел скелета, где проводится рентгенологическая оценка МПКТ. Известно, что тела позвонков в основном состоят из губчатой костной ткани, которая в первую очередь подвергается деминерализации, что связано с более активными процессами ремоделирования костной структуры в трабекулярной кости по сравнению с кортикальной. В телах позвонков первыми рассасываются менее нагруженные, горизонтально расположенные трабекулы, в результате чего на определенном этапе развития ОП появляется типичный рентгенологический симптом – вертикальная исчерченность тел позвонков (рис. 4). Дальнейшее рассасывание трабекул, в том числе и вертикально расположенных, а также кортикальной кости, покрывающей тела позвонков, приводит к появлению другого рентгенологического симптома – рамочной структуры тела позвонка (рис. 5). На рентгенограммах позвонков этот симптом характеризуется истончением кортикального слоя и резкой подчеркнутостью контуров тел позвонков при отсутствии губчатой структуры внутри тела позвонка. На этой стадии развития

ОП могут определяться наиболее достоверные, но поздние признаки поражения позвоночника в виде патологических деформаций и/или переломов тел позвонков. Деформационные изменения наиболее точно и объективно могут быть выявлены и оценены при рентгеноморфометрическом исследовании на боковых рентгенограммах грудного (Т_{IV-XII}) и поясничного (L_{I-IV}) отделов позвоночника, выполненных с соблюдением ряда требований:

- в положении больного на левом боку;
- с обязательным выпрямлением сколиотического искривления позвоночника специальными поролоновыми валиками так, чтобы линия, проведенная по остистым отросткам, шла параллельно столу;
- с использованием при рентгенографии грудного отдела позвоночника специального режима дыхания; снимок



Рис. 4. Вертикальная исчерченность тел позвонков

поясничного отдела выполняют при задержке дыхания;

– желательное использование рентгеновских кассет со специальными выравнивающими экранами для рентгенографии позвоночника.

Морфометрический анализ тел позвонков предполагает измерение высоты тела позвонка – передней (ha), средней (hm) и задней (hp) – и вычисление индексов тел позвонков:

- передний/задний индекс (ha/hp) – отношение передней высоты тела позвонка к задней высоте;
- средний/задний индекс (hm/hp) – отношение средней высоты тела позвонка к задней высоте;
- задний/задний индекс (hp/hp1 или hp/hp2) – отношение задней высоты тела исследуемого позвонка к задним высотам первого вышележащего и первого нижележащего или двух вышележащих и двух нижележащих тел позвонков.

Для диагностики деформаций тел позвонков используют различные методы оценки индексов тел позвонков: метод R. Eastell [2] и метод Н.К. Genant [3]. Все методы исследования основываются на измерении высоты тел позвонков и вычислении позвонковых индексов. Наиболее часто используется метод полуколичественной оценки деформаций тел позвонков по Genant, который классифицирует изменения тел позвонков: степень 0 – нор-

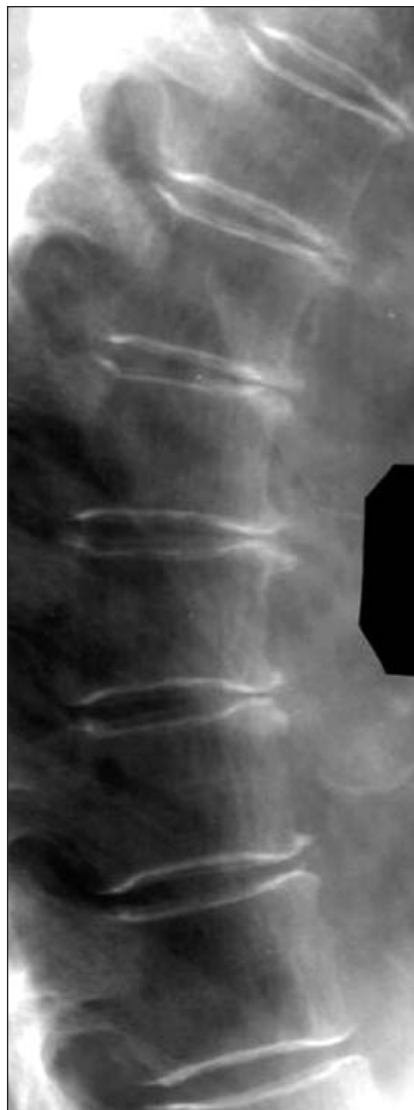


Рис. 5. Рамочная структура тел позвонков



Рис. 6. Передняя клиновидная деформация тела позвонка

мальный недеформированный позвонок; степень 1 – слабая деформация тел позвонков, снижение индексов тел позвонков равно 0,76–0,79; степень 2 – умеренная деформация, снижение индексов тел позвонков равно 0,61–0,75, и степень 3 – выраженная деформация, снижение индексов тел позвонков <0,6.

ОП позвоночника свойственны

характерные деформации, сопровождающиеся определенным и закономерным снижением высоты тел позвонков:

- передняя клиновидная деформация – наибольшее уменьшение передней высоты, в меньшей степени средней высоты при неизменной задней высоте тела позвонка (рис. 6);
- задняя клиновидная деформация – наибольшее снижение задней высоты, в меньшей степени средней высоты и небольшое снижение или отсутствие снижения передней высоты тела позвонка;
- односторонняя вогнутая деформация тела позвонка (пролапс верхней или нижней опорной площадки внутрь тела позвонка) – уменьшение средней высоты и небольшое снижение или отсутствие снижения передней и задней высоты тела позвонка;
- двояковогнутая деформация, или деформация тела позвонка по типу «рыбьего», – значительное уменьшение средней высоты и небольшое снижение или отсутствие сни-



Рис. 7. Множественные деформации тел позвонков по типу «рыбих»

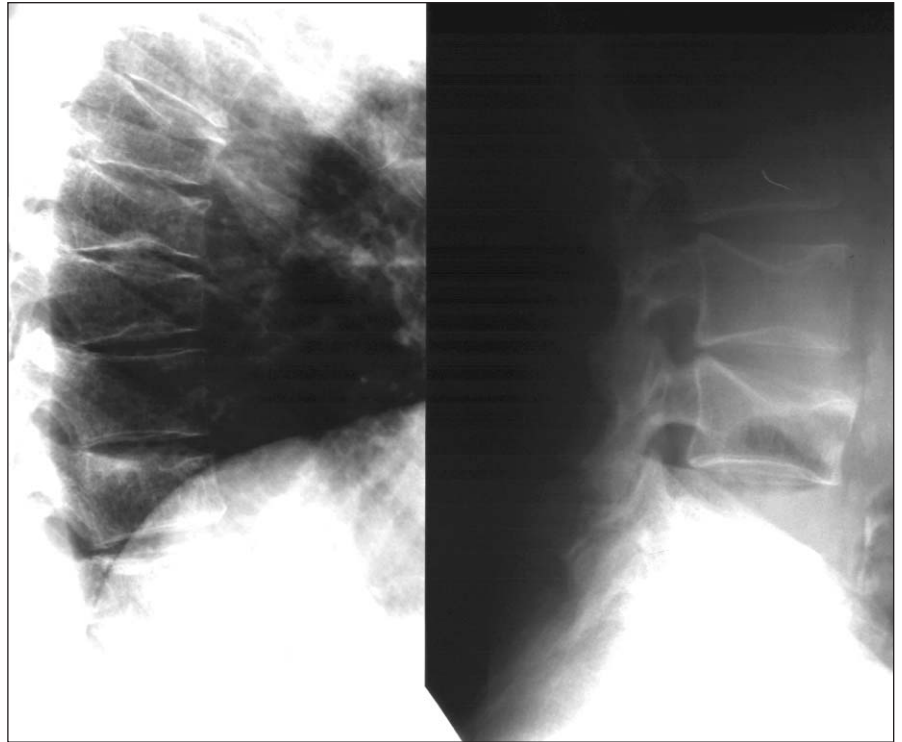


Рис. 8. Множественные остеопоротические деформации тел позвонков в грудном и поясничном отделах позвоночника. Компрессионная деформация тела T₇



Рис. 9. Симптом «клавиш». Передние клиновидные деформации двух грудных позвонков

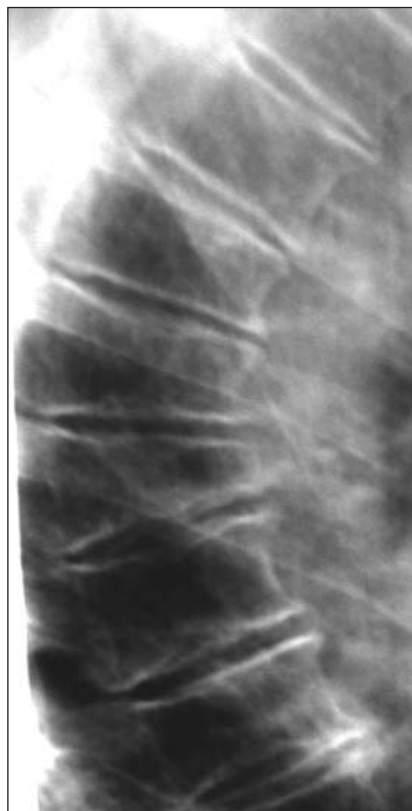


Рис. 10. Симптом выравнивания. Множественные передние клиновидные деформации тел позвонков. Выраженный кифоз грудного отдела позвоночника

жения передней и задней высоты тела позвонка (рис. 7);

– компрессионная деформация – равномерное или неравномерное снижение всех высот тела позвонка (рис. 8).

Диагноз перелома позвоночника не вызывает затруднений при выраженных клиновидных, вдавленных или компрессионных изменениях. Проблема возникает тогда, когда изменения находятся на границе нормы и патологии, поскольку переломы тел позвонков при ОП редко развиваются моментально, как при травме. Для ОП более характерны медленно, длительное время прогрессирующие деформации тел позвонков. Поэтому диагноз перелома тела позвонка во многих случаях вызывает затруднения. Оценка формы тела позвонка при диагностике перелома может быть связана с субъективной ошибкой исследователя. Важное значение при этом имеют опыт чтения рентгенограмм с различными поражениями позвоночника, качество полученных рентгенограмм и наличие вторичных заболеваний позвоночника.

Все случаи выявленных остеопоротических переломов требуют дифференциальной диагностики,

поскольку не только первичный и вторичный ОП, но и другие заболевания сопровождаются сходными деформационными изменениями тел позвонков. Наибольшее значение имеют остеомаляция, последствия старой травмы позвоночника, деформирующий спондилез, остеохондроз, болезнь Шейерманна–Мау, спондилиты, вторичные опухоли скелета и некоторые другие заболевания позвоночника.

При ОП, как правило, признаки перелома соседствуют с аналогичными, но менее выраженными деформациями. Измененные позвонки часто чередуются с малоизмененными или неизмененными (симптом «клавиш»; рис. 9) или располагаются среди тел позвонков с близкими линейными размерами их передних краев (симптом выравнивания; рис. 10). Для остеопоротических переломов не характерно расплющивание тела позвонка (плоский позвонок). Остеопоротические деформации могут быть обнаружены на фоне выраженных вторичных дистрофических изменений позвоночника в виде остеохондроза и спондилеза, хотя для ОП не характерны выраженные репаративные процессы из-за резко сниженной функции остеобластов. При ОП никогда не наблюдаются деструктивные изменения или выраженные сужения межпозвоночных дисков. При однократном обследовании позвоночника в отдельных случаях нельзя дать точную оценку той или иной деформации. Лучшим способом при этом является проведение контрольного исследования, позволяющего проследить дальнейшее прогрессирование деформирующей.

Рентгенологический метод оценки снижения МПКТ не утратил значения до настоящего времени. Это связано с тем, что рентгенография костей остается единственным методом исследования, позволяющим оценивать анатомические особенности костей и структуру костной ткани. Одним из недостатков рентгенографии в диагностике ОП является низкая чувствительность по отношению к уровню минерализации костной ткани. На рентгенограммах скелета первые симптомы снижения МПКТ появляются тогда, когда потеря кальция костями достигает, по данным разных авторов, 20–40%. Напротив, рентгеновские денситометры – очень чувствительные приборы, улавливающие МПКТ начиная с 2–3%. В то же время рентгеновская денситометрия – количественный метод, с помощью которого можно точно измерить количество гидроксиапатита кальция в костях, но он не позволяет оценить структуру, истинную форму и размеры костей. Поэтому данные два метода, стандартная рентгенография и рентгеновская денситометрия, являются взаимодополняющими. Их сочетание дает значительно больше объективной информации об ОП и его осложнениях, причине снижения МПКТ и при необходимости позволяет провести дифференциальную диагностику различных патологических процессов в костях.

Ранняя диагностика ОП стала доступна только с внедрением в широкую практику специальных неинвазивных методов исследования костной ткани. Эти методы дают возможность с высокой точностью определять МПКТ как во всем скелете, так и в отдельных его участках. Измерение минерального состава кости считается в настоящее время наиболее надежным методом оценки кальциевого баланса и определения риска переломов костей. Даже небольшое изменение в минерализации костной ткани может быть важным

клиническим симптомом, позволяющим прогнозировать риск развития патологических изменений в костной ткани в будущем. ОП характеризуется снижением МКМ (гидроксиапатита кальция) и уменьшением количества коллагенового матрикса в единице объема кости без нарушения нормальной структуры костной ткани. МКМ снижается преимущественно в трабекулярной костной ткани как метаболически более активной по сравнению с кортикальной костью. Прочность и, соответственно, резистентность кости к переломам зависят от количества МКМ и плотности костной ткани. Измерение МПКТ на денситометрах позволяет уже на ранних этапах развития заболевания выявить изменения в минерализации скелета и, следовательно, определить риск переломов у больных с ОП [4].

Для оценки МКМ в центральных и периферических отделах костей наиболее часто используют двухэнергетические (дихроматические) рентгеновские денситометры. На них можно измерять МПКТ как в периферических, так и в центральных отделах скелета. Денситометрия поясничного отдела позвоночника и проксимального отдела бедренной кости относится к стандартным методам исследования костей на этих типах денситометров. Использование специальных программ позволяет также измерять плотность костной ткани во всем скелете и проводить оценку состояния мягких тканей (жировой ткани и тощей массы), что необходимо при наблюдении за больными с вторичным ОП. В оценке МПКТ нуждаются все больные с вторичным ОП и заболеваниями, сопровождающимися нарушением минерализации костной ткани. К таким патологическим состояниям костной ткани относятся остеомаляция – размягчение костной ткани в результате нарушения обмена витамина D и отложения кальция в первичную кость (остеоид) – и остеоидистрофия – нарушение ремоделирования костной ткани.

Денситометры могут быть использованы для наблюдения за МПКТ с целью оценки эффективности лечения у больных с первичным и вторичным ОП.

Появление двухэнергетической рентгеновской денситометрии явилось большим прогрессом в области неинвазивной оценки МПКТ. Использование фотонов рентгеновского излучения двух энергетических уровней позволяет проводить точную оценку МПКТ независимо от гомогенности мягких тканей. Дихроматические рентгеновские денситометры обеспечивают точную визуализацию межпозвоночных промежутков при оценке МПКТ поясничного отдела позвоночника, особенно у больных с низкой МПКТ. Высокоразрешающие изображения измеряемых областей, полученные при дихроматической рентгеновской денситометрии, обеспечивают точную визуализацию области обследования, что важно при повторных исследованиях у одного и того же больного.

Основными показателями, определяющими минерализацию костной ткани, являются МКМ (ВМС), выраженная в граммах минерала на 1 см длины кости, и МПКТ (ВМД), которая рассчитывается на диаметр кости и выражается в граммах на 1 см². МПКТ у больного может быть выражена в виде показателей T и Z. Показатель Z представляет собой разницу между действительным показателем минерализации костей у данного больного и среднестатистической нормой для того же возраста, выраженную как часть стандартного квадратичного отклонения. Показатель

Z учитывает вариабельность показателей плотности кости среди здорового населения и снижение костной плотности в норме с возрастом. Показатель T соответствует разнице между реальной костной массой у данного пациента и среднестатистическим пиком костной массы, достигаемым у здоровых людей к 30–35 годам, и не зависит от возраста. Согласно рекомендациям ВОЗ при снижении костной массы в пределах от $-1,0$ до $-2,5$ стандартного отклонения (SD) от пиковой костной массы (показатель T) можно говорить об остеопении. Диагноз ОП ставят при снижении МКМ более чем на $-2,5$ SD, а при наличии хотя бы одного перелома можно говорить о тяжелом ОП [6]. Значения МПКТ $>-1,0$ SD свидетельствуют о нормальной минерализации костной ткани.

С внедрением в широкую медицинскую практику дихроматических рентгеновских денситометров оценка МПКТ (диагностика ОП) в разных отделах скелета стала более точной и надежной. Но до последнего времени идет дискуссия о том, какие отделы скелета лучше отражают минерализацию костной ткани в целом, как определить неправильный результат исследования и как неправильный результат может воздействовать на процесс принятия решения. Диагностика первичного и вторичного ОП в первую очередь необходима для оценки риска переломов костей. Наиболее клинически значимые переломы происходят в позвоночнике и шейке бедренной кости, поэтому денситометрию этих отделов скелета можно считать наиболее важным исследованием в оценке МПКТ. В то же время во многих работах показана достаточная корреляция МПКТ в центральных и периферических отделах скелета. Это позволяет сопоставлять данные о минерализации костной ткани в дистальных отделах конечностей с МПКТ в центральных отделах.

Исследование периферических костей менее трудоемкое и дорогое, денситометрию можно проводить в

любых помещениях, она более предпочтительна для массового скрининга на первичный ОП. Но необходимо иметь в виду, что МПКТ в скелете может быть распределена неравномерно и нормальная минерализация костной ткани в периферических отделах скелета не доказывает отсутствия ее снижения в центральных отделах. В любом случае оценку МПКТ (норма или снижение) врач должен проводить у каждого пациента индивидуально.

В эксперименте отмечена высокая корреляция между МКМ и МПКТ и прочностью костной ткани. При этом остается неясным, какая кость, трабекулярная или кортикальная, вносит больший вклад в прочность кости и, соответственно, потеря какой структуры костной ткани имеет большее значение для определения риска перелома. Многократные сравнительные исследования МПКТ у женщин старшего возраста с переломами и без переломов тел позвонков показывают, что между этими группами нет достоверных различий в минерализации костной ткани, если использовать только денситометрические показатели. У здоровых женщин 65 лет средние возрастные показатели МПКТ находятся на границе повышения риска переломов, но на предсказание риска переломов не влияют. Гораздо большее значение в этом возрасте имеет определение МПКТ в тех отделах скелета, которые в наибольшей степени подвержены переломам. В этом случае измерение МПКТ считается наиболее чувствительным показателем риска переломов. Следует, однако, подчеркнуть, что диагностическая ценность измерения костной массы и других методов в значительной степени сходна. Измерение костной массы позволяет оценить риск возможных переломов, но при этом нельзя утверждать, что у всех пациентов с низкими показателями костной массы обязательно случится перелом.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Насонов Е.Л., Скрипникова И.А., Насонова В.А. Проблема остеопороза в ревматологии. М.: СТИН, 1997.
2. Eastell R., Cedel S., Wahner H. et al. Classification of vertebral fractures. JBMR

- 1991;6(3):207–15.
3. Genant H.K., Wu C., van Kuijk et al. Vertebral fracture assessment using a semi-quantitative technique. JBMR 1993;8(9):1137–48.

4. World Health Organization. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. WHO technical report series 843. Geneva: WHO, 1994.

Мероприятия по ревматологии в 2011 г.

4–8 июля, Суздаль — II Российская летняя школа «Остеопороз в практике врача первичного звена».

8–10 сентября, Воронеж — Конференция «Ревматология сегодня. Современные возможности диагностики и лечения ревматических заболеваний».

5–8 октября, Москва — Ежегодная научно-практическая конференция НИИР РАМН «Современные направления в диагностике и лечении ревматических заболеваний».