

DOI 10.23946/2500-0764-2017-2-2-70-76

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛУЧЕВЫХ МЕТОДОВ В ДИАГНОСТИКЕ ПОСТМЕНОПАУЗАЛЬНОГО ОСТЕОПОРОЗА

ШКАРАБУРОВ А.С.², КОЛПИНСКИЙ Г.И.¹, ЗАХАРОВ И.С.¹, ШКАРАБУРОВ С.П.³, МОЗЕС В.Г.¹¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Кемерово, Россия²ГБУЗ КО «Кемеровский клинический консультативно-диагностический центр», г. Кемерово, Россия³ГАУЗ «Кемеровская областная клиническая больница имени С.В. Беляева», г. Кемерово, Россия

REVIEW ARTICLE

X-RAY TECHNIQUES FOR DIAGNOSTICS OF POSTMENOPAUSAL OSTEOPOROSIS

ALEXANDR S. SHKARABUROV², GLEB I. KOLPINSKIY¹, IGOR S. ZAKHAROV¹, SERGEY P. SHKARABUROV³, VADIM G. MOZES¹¹Kemerovo State Medical University (22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056), Russian Federation²Kemerovo Clinical Diagnostic Center (53\1, Oktyabr'skiy Prospect, Kemerovo, 650066), Russian Federation³Kemerovo Regional Clinical Hospital (37, Kuzbasskaya Street, Kemerovo, 650066), Russian Federation

Резюме

В обзоре представлено описание лучевых методов диагностики, позволяющих выявлять постменопаузальные остеопоротические изменения. Основное внимание уделено методам, оценивающим уровень минеральной плотности кости, – двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА) и количественной компьютерной томографии (ККТ). Описаны преимущества и недостатки каждого из них, приводятся критерии интерпретации результатов исследования. Важными достоинствами рентгеновской денситометрии являются низкая лучевая нагрузка, достаточная диагностическая точность и умеренные финансовые затраты. В то же время при наличии сколиотических изменений, переломов, обызвествлении межпозвоночных дисков, кальцинации аорты точность метода значительно снижается. К преимуществам количественной компьютерной томографии следует отнести способность трёх-

мерного изучения трабекулярной и кортикальной костной ткани по отдельности и исключение различных наложений окружающих тканей. Помимо ДРА и ККТ используется костная ультрасонометрия (КУС), которая служит в основном для выполнения скрининг-диагностики остеопоротических изменений, возникающих в костях периферического скелета. К преимуществам КУС относятся отсутствие ионизирующего излучения и относительно невысокая стоимость оборудования. В то же время КУС обладает меньшей чувствительностью и специфичностью в выявлении остеопороза по сравнению с методами, основанными на оценке показателей минеральной плотности кости. Отдельного внимания заслуживают единичные публикации, описывающие использование радиофармпрепаратов в диагностике потери костной ткани и остеопоротических переломов. Однако подобные исследования носят больше научный, чем прикладной характер

в связи с высокими экономическими затратами и малой доступностью соответствующего диагностического оборудования.

Ключевые слова: остеопороз, минеральная плотность кости, костная денситометрия.

Abstract

This review describes the recent advances in X-ray techniques, in particular dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) and quantitative computed tomography (QCT), for the imaging of postmenopausal osteoporosis. DXA is non-invasive, low-exposure, low-cost, and high-resolution method, therefore being widely applied for the measurement of bone mineral density. However, scoliosis, fractures, intervertebral disc calcification, and aortic calcification considerably reduce diagnostic accuracy of DXA. Another broadly used X-ray technique is QCT, which permits three-dimensional,

separate imaging of cancellous and cortical bones. Alternatively, screening of peripheral osteoporosis can be performed employing quantitative ultrasound (QUS), which does not require exposure to ionizing radiation and expensive equipment but has lower sensitivity and specificity in detecting osteoporosis compared to DXA and QCT. Finally, we focus on radiopharmaceuticals as the promising agents for diagnosis of osteoporosis, despite high cost and low availability of the appropriate equipment limit their implementation.

Keywords: osteoporosis, bone mineral density, bone densitometry.

◀ English

Остеопороз является многофакторной патологией, которая с каждым десятилетием увеличивает свою распространённость. Остеопоротические изменения неизбежно снижают качество и продолжительность жизни, неся на себе существенное финансовое бремя. Женщины в большей степени подвержены остеопоротическим изменениям по сравнению с мужчинами.

Ведущей характеристикой остеопенического синдрома является потеря костной массы, эквивалентом которой считается снижение минеральной плотности кости (МПК). Именно от уровня МПК во многом зависит вероятность возникновения переломов [1, 2].

При формировании остеопороза важное значение имеют максимальные значения минеральной плотности кости, достигнутые в молодом возрасте, и интенсивность потери костной массы в последующие возрастные периоды. При более раннем достижении пиковых значений МПК существует большая вероятность развития остеопоротических изменений в дальнейшем [3]. На основании этого можно сделать логичный вывод о том, что своевременная диагностика снижения показателей минеральной плотности костной ткани позволяет выполнять коррекцию, которая направлена на снижение вероятности возникновения остеопоротических переломов.

Учитывая важность определения показателей МПК, в диагностике остеопороза нашли применение методы денситометрии. «Золотым

стандартом» выявления снижения костной массы считается двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА). Рентгеновская остеоденситометрия основана на создании потока рентгеновского излучения, в котором выделяют высоко- и низкоэнергетические компоненты (как правило 70 и 140 кэВ), которые после проведённого сканирования костной ткани фиксируются детектором, затем выполняется обработка полученной информации.

Аппаратурные денситометрические комплексы обладают такими техническими характеристиками, как воспроизводимость, точность измерений и чувствительность [3, 4].

Воспроизводимость является отклонением от средней величины результатов нескольких исследований одного и того же стабильного объекта и выражается в коэффициенте вариации. О высокой воспроизводимости свидетельствует низкий процент вариации. Рентгеновские денситометры имеют коэффициент вариации равный 1,5-3%. Показатель воспроизводимости имеет важное значение при оценке минеральной плотности кости в динамике.

Точность характеризуется показателем, полученным при сравнении денситометрического метода с химическим, который напрямую определяет содержание гидроксиапатита кальция в костной ткани. Точность характеризуется ошибкой, выраженной в процентах. У большинства денситометрических систем ошибка измерения находится в пределах 1-3 %.

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия направлена на изучение как аксиальных, так и периферических отделов скелета. Оценка минеральной плотности кости поясничных позвонков имеет приоритет, по сравнению с другими отделами скелета в связи с тем, что на поясничный отдел приходится около четверти общей минеральной костной массы позвоночного столба. При этом по направлению сверху вниз размеры, площадь тел позвонков, а также показатели минеральной плотности кости увеличиваются. В свою очередь, исследование МПК грудных позвонков не нашло применения, так как в этом случае происходит наложение со стороны грудины и рёбер. Методом рентгеновской остеоденситометрии определяется двумерная минеральная плотность кости, осуществляется оценка общей минеральной плотности трабекулярной и кортикальной костной ткани.

Алгоритм проведения двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии включает несколько этапов. Выполняется фиксирование данных о пациентке, выбор области исследования, расположение обследуемой, регулировка стартовой позиции, собственно измерение.

При сканировании поясничного отдела позвоночника в передне-задней проекции обследуемая находится лёжа на спине. Срединная линия пациентки должна соответствовать средней линии стола, при этом ноги согнуты в коленных и тазобедренных суставах – для этого используется поддерживающая подставка. При денситометрии бедренной кости – женщина также лежит на спине. Диафиз бедра располагается параллельно центральной оси стола, нога ротирована внутрь на 15-20°. Подошвенная поверхность стоп – перпендикулярна поверхности стола [5].

После завершения сканирования полученные данные минеральной плотности кости сравниваются с референтной базой данных, заложенной в денситометрическую систему. Большинство денситометрических систем включает данные, сформированные на основании результатов проведённого Национального обзорного исследования по здоровью и питанию (США) [6]. Во многих регионах России отсутствуют популяционные стандарты значений минеральной плотности кости, что снижает точность получаемых результатов, а исследования, отражающие региональные аспекты изменения костной массы, немногочисленны [7, 8, 9].

Для интерпретации полученных данных минеральной плотности кости применяют Z- и T-критерии. Z-критерий характеризуется количеством стандартных отклонений от среднего уровня МПК для лиц данного возраста. T-критерий отражает количество стандартных отклонений от максимальных значений МПК людей в возрасте 20-30 лет. Минеральная плотность кости считается в пределах условных нормативов, если Z-критерий находится выше -2,0. У лиц, после 50-ти летнего возраста об остеопении свидетельствует T-критерий в пределах от -1,0 до -2,4, об остеопорозе говорят при T-критерии от -2,5 и ниже.

Представляют практический интерес дополнительные функции оборудования, позволяющие выполнять оценку состояния позвоночника (Vertebral Fracture Assessment, VFA). VFA является системой, способной с высокой степенью чувствительности выявлять переломы позвонков [10].

Помимо остеоденситометрии позвоночника и бедренной кости нашло применение исследование минеральной плотности костей предплечья. Однако изучение костной массы указанного отдела скелета носит характер скрининга. Существуют работы, демонстрирующие прогностическую значимость измерения костной массы ультрадистального отдела предплечья при оценке риска переломов [11].

При проведении остеоденситометрии выполняется стандартизация результатов исследования в зависимости от денситометрической системы [12, 13].

Важным преимуществом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии является низкая лучевая нагрузка, которая составляет около 0,03 мЗв на 1 сканирование, а также достаточная диагностическая точность. В то же время нужно указать, что при наличии сколиотических изменений, переломов, обызвествлении межпозвоночных дисков, кальцинации аорты точность метода значительно снижается [4, 14].

Наряду с двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрией минеральная плотность кости может быть исследована методом количественной компьютерной томографии (ККТ). К преимуществам ККТ относится способность трёхмерного изучения трабекулярной и кортикальной костной ткани по отдельности и исключение различных наложений окружающих тканей. Однако, несмотря на имеющиеся преи-

мущества, встречаются немногочисленные исследования, отражающие использование данного метода в диагностике остеопороза [15, 16, 17, 18]. К недостаткам количественной компьютерной томографии можно отнести высокую экономическую расходную составляющую по сравнению с двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрией и большую лучевую нагрузку.

Нужно указать, что Z- и T-критерии, при ККТ и ДРА, не обладают идентичным прогностическим значением. По этой причине указанные критерии при проведении количественной компьютерной томографии позвоночника не используются, а оценка производится на основании абсолютных значений трёхмерной МПК [19]. При этом нормой считается уровень МПК более 120 мг/см^3 , об остеопении говорят, если МПК находится в диапазоне $80\text{-}120 \text{ мг/см}^3$ и остеопороз – при МПК ниже уровня 80 мг/см^3 .

По данным D. Felsenberg et al., при значениях МПК, соответствующих $80\text{-}110 \text{ мг/см}^3$, риск переломов оценивается как низкий, если МПК находится в пределах $50\text{-}80 \text{ мг/см}^3$ – существует умеренный риск, а при МПК менее 50 мг/см^3 – высокий риск остеопоротических переломов [20]. В другом исследовании пороговые значения МПК для возникновения переломов соответствовали 75 мг/см^3 [21].

Помимо непосредственной оценки абсолютных показателей МПК поясничных позвонков были предложены дополнительные лучевые критерии, позволяющие повысить качество диагностики остеопороза и прогнозирования остеопоротических переломов позвонков [22].

Наряду с изучением позвонков методом количественной компьютерной томографии проводится оценка минеральной плотности бедренной кости и костей предплечья. При денситометрии бедра МПК выражается в мг/см^2 . Показатели T-критерия, вычисленные для бедренной кости, могут быть использованы для определения десятилетнего риска переломов на ближайшие 10 лет на основе расчётной системы FRAX. Для женщин позднего репродуктивного возраста и периода менопаузального перехода до 50 лет должен применяться Z-критерий, как и при интерпретации результатов ДРА [19].

Помимо исследования аксиального отдела скелета количественная компьютерная томография способна проводить денситометрию периферических отделов (Peripheral quantitative computed tomography, pQCT) [23, 24, 25, 26].

Для этого необходимо специальное аппаратурно-программное обеспечение. Преимуществами pQCT являются небольшие размеры и вес оборудования. Однако диагностическая ценность периферической КТ-денситометрии у ряда исследователей вызывает сомнение.

Сравнительная оценка результатов остеоденситометрии, проведённой методом количественной компьютерной томографии и методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии, в отношении выявления остеопороза и оценки риска переломов не сформировала однозначного мнения.

Некоторые авторы считают, что информативность трёхмерной денситометрии не намного выше, чем двухмерной. Наряду с этим существуют исследования, которые показали преимущества количественной компьютерной томографии по сравнению с рентгеновской денситометрией [27, 28].

Помимо ДРА и ККТ в диагностике остеопороза используется лучевой метод, не обладающий ионизирующим излучением, – костная ультрасонометрия (КУС), которая служит в основном для выполнения скрининг-диагностики остеопоротических изменений, возникающих в костях периферического скелета. Внедрение КУС в практическую деятельность активно началось в 80-90-е годы прошлого столетия.

При выполнении костной ультрасонометрии областями интереса являются кости предплечья, пяточная, большеберцовая кости, фаланги пальцев. Данный метод базируется на определении характеристик распространения и поглощения ультразвуковой волны в костной ткани. При распространении ультразвука через кость его параметры меняются в зависимости от состояния костной ткани.

Критериями КУС являются: скорость распространения ультразвука (speed of sound, SOS) и уровень его затухания (broadband ultrasound attenuation, BUA) [29]. Скорость распространения (V, м/сек) – это время, проходимое ультразвуковой волной через объект исследования от источника излучения до преобразователя. Указанная характеристика зависит от эластичности и минеральной плотности костной ткани. Показатель затухания ультразвуковой волны описывает прохождение ультразвука через кость и зависит от МПК, количества, размеров и пространственной ориентации трабекул. Показатель затухания выражается в дБ/МГц. Приведённые критерии позволяют рассчитывать

индекс прочности костной ткани. В ряде исследований была выявлена отрицательная корреляция между индексом костной прочности (STI) и возрастом пациенток [30].

К важным преимуществам костной ультрасонометрии относятся отсутствие ионизирующего излучения и доступная стоимость оборудования. В то же время необходимо отметить, что КУС обладает меньшей чувствительностью и специфичностью в диагностике остеопороза по сравнению с ДРА и ККТ [31, 32, 33, 34]. Результаты исследования костной ткани при проведении КУС не стандартизированы, что неизбежно уменьшает качество диагностики [35].

По мнению многих авторов, костную ультрасонометрию необходимо применять в основном в качестве скрининг-метода, после чего, для уточнения диагноза, необходимо проведение остеоденситометрии более высокоточными методами.

Отдельного внимания заслуживают работы, посвящённые изучению взаимосвязи активности накопления радиофармпрепаратов в костной ткани с показателями минеральной плотности кости. В литературе описана корреляция

между стандартизированными показателями накопления радиофармпрепаратов (SUV) в поясничных позвонках и значениями плотности костной ткани, выраженной в единицах Хаунсфилда (HU), у женщин в постменопаузальном периоде [36]. Авторами была выявлена статистически значимая положительная корреляция между SUV и плотностью костной ткани тел поясничных позвонков, а также отрицательная корреляция между SUV и возрастом пациентки. Однако необходимо отметить, что подобные исследования носят больше научный, чем прикладной характер в связи с высокими экономическими затратами и малой доступностью соответствующего диагностического оборудования.

Заключение. Таким образом, в диагностике остеопороза ведущее место занимает костная денситометрия, осуществляемая методами двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии и количественной компьютерной томографии. Метод костной ультрасонометрии необходимо рассматривать как скрининг-метод, который требует дополнительного уточнения выраженности остеопоротических изменений.

Литература / References:

1. De Laet CE, van Hout BA, Burger H, Hofman A, Pols HA. Bone density and risk fracture in men and women: cross sectional analysis. *BMJ*. 1997; 315 (7102): 221-225.
2. Siris ES, Miller PD, Barrett-Connor E, Faulkner KG, Wehren LE, Abbott TA, Berger ML, Santora AC, Sherwood LM. Identification and fracture outcomes of undiagnosed low bone mineral density in postmenopausal women: results from the National Osteoporosis Risk Assessment. *J. Am. Med. Assoc.* 2001; 286 (22): 2815-2822.
3. Guideline on osteoporosis. Ed. Benevolenskaya LI. Moscow: "BINOM" Knowledge Laboratory. 2003. 524 p. Russian (Руководство по остеопорозу / под ред. Беневоленской Л.И. М.: «БИНОМ». Лаборатория знаний, 2003. 524 с.).
4. Smirnov AV. Atlas of radiation diagnostics of primary osteoporosis. Moscow: Rheumatology Research Institute of Russian Academy of Medical Sciences and Russian Association of Rheumatologists, 2011. 70 p. Russian (Смирнов А.В. Атлас лучевой диагностики первичного остеопороза. М.: НИИ ревматологии РАМН, Ассоциация ревматологов России, 2011. 70 с.).
5. Rubin MP, Chechurin RE. Dual-energy X-ray absorptiometry of the axial skeleton: a technique for research, analysis and recording. *Radiology and Practice*. 2001; (2): 34-41. Russian (Рубин М.П., Чечурин Р.Е. Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия осевого скелета: методика исследования, анализа и протоколирования // Радиология-практика. 2001. № 2. С. 34-41.)
6. Looker AC, Borrud LG, Hughes JP, Fan B, Shepherd JA, Melton LJ 3rd. Lumbar spine and proximal femur bone mineral density, bone mineral content, and bone area: United States, 2005-2008. *Vital Health Stat* 11. 2012; (251): 1-132.
7. Krivova AV. Optimizing the diagnosis of osteoporosis and prevention of low-energy fractures at the regional level (Tver region). Doctoral Thesis Abstract. Moscow, 2012. 50 p. Russian (Кривова А.В. Оптимизация диагностики остеопороза и профилактики низкоэнергетических переломов на региональном уровне (Тверская область): автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2012. 50 с.).
8. Smolev DM. Features of densitometric diagnosis of osteoporosis in elderly patients. PhD Thesis Abstract. Moscow, 2005. 21 p. Russian (Смолев Д.М. Особенности денситометрической диагностики остеопороза у пациентов пожилого возраста: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2005. 21 с.).
9. Zakharov IS, Kolpinsky GI, Ushakova GA. Referential indices of bone mineral density of lumbar vertebrae for women of Kuzbass. *Polytrauma*. 2014; (3): 63-68. Russian (Захаров И.С., Колпинский Г.И., Ушакова Г.А. Референтные показатели двухмерной минеральной плотности кости поясничных позвонков для жительниц Кузбасса // Политравма. 2014. № 3. С. 63-68.)
10. Schousboe JT, Shepherd JA, Bilezikian JP, Baim S. Executive summary of the 2013 International Society for Clinical Densitometry Position Development Conference on bone densitometry. *J Clin Densitom*. 2013; 16 (4) :455-466.
11. Rubin MP. Is forearm bone mineral density measurement a promising addition to densitometry of axial skeleton for timely diagnosis of postmenopausal and senile osteoporosis? *Osteoporosis and Osteopathies*. 2009; (2): 36-40. Russian (Рубин М.П. Перспективно ли измерение минеральной плотности костей (МПК) предплечья в дополнение к денситометрии центрального скелета для своевременной диагностики постменопаузального и сенильного остеопороза // Остеопороз и остеопатии. 2009. № 2. С. 36-40.).

12. Zhang ZQ, Ho SC, Chen ZQ, Zhang CX, Chen YM. Reference values of bone mineral density and prevalence of osteoporosis in Chinese adults. *Osteoporos Int.* 2014; 25 (2): 497-507.
13. Lu Y, Fuerst T, Hui S, Genant HK. Standardization of bone mineral density at femoral neck, trochanter and Ward's triangle. *Osteoporos. Int.* 2001; 12 (6): 438-444.
14. Belosel'skiy NI. Osteoporosis of the spine (the complex X-ray diagnostics). Doctoral Thesis Abstract. Yaroslavl, 2000. 36 p. Russian (Белосельский Н.И. Остеопороз позвоночного столба (комплексная лучевая диагностика) : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Ярославль, 2000. 36 с.).
15. Abdrakhmanova JS. Bone densitometry and computed tomography in evaluation of vertebral bone mineral density threshold as a risk factor of fractures. PhD Thesis Abstract. Tomsk, 2006. 24 p. Russian (Абдрахманова Ж.С. Костная денситометрия и компьютерная томография в оценке пороговых значений минеральной плотности тел позвонков как фактора риска их переломов: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2006. 24 с.)
16. Bansal SC, Khandelwal N, Rai DV, Sen R, Bhadada SK, Sharma KA, Goswami N. Comparison between the QCT and the DEXA scanners in the evaluation of BMD in the lumbar spine. *J. Clin. Diagnostic Research.* 2011; 5(4): 694-699.
17. Bauer JS, Virmani S, Mueller DK. Quantitative CT to assess BMD as a diagnostic tool for osteoporosis and related fractures. *Medica Mundi.* 2010; 54(2): 31-37.
18. Churilov SL. Quantitative computed tomography in diagnostics and treatment of osteopenia and osteoporosis in patients with certain rheumatic diseases. PhD Thesis Abstract. St. Petersburg, 2007. 24 p. Russian (Чурилов С.Л. Количественная компьютерная томография в диагностике и мониторинге лечения остеопении и остеопороза у больных с некоторыми ревматическими заболеваниями: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2007. 24 с.)
19. ACR-SPR-SSR practice parameter for the performance of quantitative computed tomography (QCT) bone densitometry (Amended 2014, Resolution 39). Available at: <http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/PGTS/guidelines/QCT.pdf>
20. Felsenberg D, Gowin W. Knochendichtemessung mit Zwei-spektren-Methoden. *Radiologe.* 1999; 39(3): 186-193.
21. Abdalla KY. Vergleich von Quantitativer Computertomographie und Dual-Energy X-Ray Absorptiometry bei postmenopausalen Frauen: Diss. zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin. 2012. Available at: http://vts.uni-ulm.de/docs/2014/8962/vts_8962_13447
22. Kolpinsky GI, Zakharov IS. Diagnosis and prognosis of postmenopausal osteoporosis. *Kemerovo: Int.*, 2015. 184 p. Russian (Колпинский Г.И., Захаров И.С. Диагностика и прогнозирование постменопаузального остеопороза. Кемерово: Инт, 2015. 184 с.)
23. Hasegawa Y, Schneider P, Reiners C. Estimation of the architectural properties of cortical bone using peripheral quantitative computed tomography. *Osteoporos. Int.* 2000; 11(1): 36-42.
24. Lesnyak YF. The influence of osteoporosis risk factors on volumetric bone mineral density and geometric properties of radial bone in elderly women. PhD Thesis Abstract. Orenburg, 2001. 25 p. Russian (Лесняк Ю.Ф. Объемная минеральная плотность и геометрические свойства лучевой кости у женщин старших возрастных групп и влияние на них основных факторов риска остеопороза: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Оренбург, 2001. 25 с.)
25. Martin JC, Reid DM. Radial bone mineral density and estimated rates of changes in normal Scottish Women: assessment by peripheral quantitative computed tomography. *Calcif. Tissue Int.* 1999; 64(2): 126-132.
26. Tsurusaki K, Ito M, Hayashi K. Differential effects of menopause and metabolic disease on trabecular and cortical bone assessed by peripheral quantitative computed tomography. *Br. J. Radiol.* 2000; 73(865): 14-22.
27. Dy'achkova GV, Reutov AI, Eydlina EM, Stepanov RV, Kovaleva AV. Features and benefits of quantitative computed tomography in detection of vertebral osteoporosis. *Radiology and Practice.* 2006; (4): 32-36. Russian (Дьячкова Г.В., Реутов А.И., Эйдлина Е.М., Степанов Р.В., Ковалева А.В. Возможности и преимущества количественной компьютерной томографии в выявлении остеопороза позвоночника // Радиология-практика. 2006. № 4. С. 32-36.)
28. Zakharov IS. Feature of bone densitometry in postmenopausal women. *Medical Radiology and Radiation Safety.* 2015; 60 (2): 56-59. Russian (Захаров И.С. Особенности костной денситометрии у женщин в постменопаузальном периоде. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2015. Т. 60, № 2. С. 56-59.)
29. Kotel'nikov GP, Bulgakova SV. Osteoporosis: a guideline. Moscow: GEOTAR-Media, 2010. 512 p. Russian (Котельников Г.П., Булгакова С.В. Остеопороз: руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 512 с.)
30. Nigmatova ESh. Quantitative ultrasound in evaluation of bone strength in Tomsk female population. PhD Thesis Abstract. Tomsk, 2005. 19 p. Russian (Нигматова Э.Ш. Ультразвуковая остеометрия в оценке костной прочности у женского населения г. Томска : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2005. 19 с.)
31. Bauer DC, Glüer CC, Cauley JA, Vogt TM, Ensrud KE, Genant HK, Black DM. Broadband ultrasound attenuation predicts fractures strongly and independently of densitometry in older women. *Archiv. Int. Med.* 1997; 157 (6): 629-634.
32. Chechurin RE, Akhmetov AS, Rubin MP. Comparative evaluation of dual-energy X-ray absorptiometry and calcaneal ultrasound measurements. *Osteoporosis and Osteopathies.* 1999; (4): 7-10. Russian (Чечурин Р.Е., Ахметов А.С., Рубин М.П. Сравнительная оценка рентгеновской денситометрии скелета и ультразвуковой денситометрии пяточной кости // Остеопороз и остеопатии. 1999. № 4. С. 7-10.)
33. Krieg MA, Cornuz J, Hartl F, Kraenzlin M. Quality controls for two heel bone ultrasounds used in the Swiss Evaluation of the Methods of Measurement of Osteoporotic Fracture Risk Study. *J. Clin. Densitom.* 2002; 5 (4): 335-341.
34. Osteoporosis. Ed.: Lesnyak OM, Benevolenskaya LI. 2nd ed.. Moscow: GEOTAR-Media, 2009. 272 p. Russian (Остеопороз / под ред. Лесняк О.М., Беневоленской Л.И. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 272 с.)
35. Glüer CC, Eastell R, Reid DM, Felsenberg D, Roux C, Barkmann R et al. Association of five quantitative ultrasound devices and bone densitometry with osteoporotic vertebral fractures in a population-based sample: the OPUS Study. *J. Bone Miner. Res.* 2004; 19 (5): 782-793.
36. Cachovan M, Vija AH, Hornegger J, Kuwert T. Quantification of ^{99m}Tc-DPD concentration in the lumbar spine with SPECT/CT. *EJNMMI Research.* 2013; (3): 45.

Сведения об авторах

Шкарабуров Александр Сергеевич, врач-рентгенолог, ГБУЗ КО «Кемеровский клинический консультативно-диагностический центр», Кемерово, Россия.

Вклад в статью: работа с литературными источниками, обработка материала.

Колпинский Глеб Иванович, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики, лучевой терапии и онкологии ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Минздрава России, Кемерово, Россия.

Вклад в статью: написание статьи, корректировка материала статьи.

Захаров Игорь Сергеевич, кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии №1 ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Минздрава России, Кемерово, Россия.

Вклад в статью: работа с литературными источниками, обработка материала, написание и оформление статьи.

Шкарабуров Сергей Петрович, врач-рентгенолог ГАУЗ «Кемеровская областная клиническая больница имени С.В. Беляева», Кемерово, Россия.

Вклад в статью: корректировка материала статьи.

Мозес Вадим Гельевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры акушерства и гинекологии №1 ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Минздрава России, Кемерово, Россия.

Вклад в статью: корректировка материала статьи

Корреспонденцию адресовать:

Захаров Игорь Сергеевич,
650056, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22а,
E-mail: isza@mail.ru

Authors

Dr. Alexander S. Shkaraburov, MD, Radiologist, Kemerovo Clinical Diagnostic Center, Kemerovo, Russian Federation.
Contribution: literature search and analysis.

Prof. Gleb I. Kolpinskiy, MD, PhD, Professor, Department of Radiation Diagnostics, Radiotherapy, and Oncology, Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation.
Contribution: wrote the article.

Dr. Igor S. Zakharov, MD, PhD, Associate Professor, Department of Obstetrics and Gynecology №1, Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation.
Contribution: literature search and analysis; wrote the article.

Sergey P. Shkaraburov, MD, Radiologist, Kemerovo Regional Clinical Hospital, Kemerovo, Russian Federation.
Contribution: wrote the article.

Prof. Vadim G. Mozes, MD, PhD, Professor, Department of Obstetrics and Gynecology №1, Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation.
Contribution: wrote the article.

Acknowledgements: There was no funding for this article.

Corresponding author:

Dr. Igor S. Zakharov,
Voroshilova Street 22a, Kemerovo, 650056, Russian Federation
E-mail: isza@mail.ru

Статья поступила: 02.05.17 г.

Принята в печать: 29.05.17 г.