DOI: 10.12737/article_5ac61fd62feba6.78437892

А.Д. Рыжков, А.С. Крылов, А.Б. Блудов, С.В. Ширяев

ОСТЕОСЦИНТИГРАФИЯ И ОФЭКТ/КТ В ДИАГНОСТИКЕ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ МЕТАСТАТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ КОСТЕЙ

Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава РФ, Москва.
E-mail: krilovas@rambler.ru

А.Д. Рыжков – д.м.н., с.н.с.; А.С. Крылов – к.м.н., врач-радиолог, член Европейской ассоциации ядерной медицины и молекулярной визуализации; А.Б. Блудов – к.м.н., н.с.; С.В. Ширяев – д.м.н., зав. лаб., президент Онкологического общества молекулярной визуализации, член Европейской ассоциации ядерной медицины и молекулярной визуализации, член Американской коллегии ядерной медицины и молекулярной визуализации, член Общества ядерной медицины и молекулярной визуализации (США)

Реферат

Цель: Определить диагностические возможности планарной остеосцинтиграфии (ОСГ) и однофотонной эмиссионной томографии/компьютерной томографии (ОФЭКТ/КТ) в диагностике различных вариантов метастатического поражения костей.

Материал и методы: Проанализированы данные 37 больных с метастазами в костях рака молочной железы, рака предстательной железы и опухолей других локализаций. Исследование проводили в два этапа: через 3 ч после внутривенного введения остеотропного радиофармпрепарата (РФП), меченного ^{99m}Tc (технефор или фосфотех), сначала выполняли ОСГ, после чего проводили ОФЭКТ/КТ зон интереса. Все исследования выполнялись на комбинированной ОФЭКТ/КТ-системе SymbiaT2 (Siemens) с 2-срезовой конфигурацией КТ-сканера.

Результаты: На изображениях ОСГ выявлены очаги, характерные для опухолевого поражения, в 33 случаях, на ОФЭКТ/КТ – в 37. Суммарная выявляемость метастазов при ОСГ по сравнению с ОФЭКТ/КТ составила 66,0 % от всех обнаруженных метастазов. Выявляемость при ОСГ повышается с увеличением размеров детектируемых очагов. Очаги менее 1 см выявляются в единичных случаях (4,76 %). Метастазы размерами от 1 до 1,9 см выявляются лишь в 52,5 % случаев. Выявляемость крупных метастазов (2 см и более) при ОСГ (92,4 %) приближается по результатам к ОФЭКТ/КТ (100 %).

Выводы: ОФЭКТ/КТ является высокоинформативным методом выявления костных метастазов, использование которого позволяет сократить время обследования и уменьшить лучевую нагрузку на больных за счёт отказа от дополнительных рентгенологических процедур. Кроме того, ОФЭКТ/КТ предоставляет возможность одновременно проводить дифференциальную диагностику как структурных, так и метаболических костных изменений, что повышает точность первичной диагностики и контроля лечения.

Ключевые слова: *ОФЭКТ/РКТ, остеосцинтиграфия, метастазы в костях*

Поступила: 28.04.2017. Принята к публикации: 06.12.2017

Введение

Метастазы в костях являются важным прогностическим фактором опухолевого процесса. И, несмотря на то, что в последнее время достигнут значимый прогресс в диагностике и лечении костных метастазов, тем не менее, метастатическое поражение костей остаётся значимой проблемой.

Распространённость метастатического поражения костей на самом деле выше, даже чем принято считать. Так, в США среди обследованных 18 млн человек было выявлено более 128 тыс. субъектов с недиагностированными метастазами в костях, и 1/3 популяции составляли люди без установленного онкологического диагноза [1]. Возникновение метастазов в костях приводит к быстрой инвалидизации больных. Датские исследователи выявили высокий уровень скелетных осложнений среди пациентов с раком молочной железы, особенно в течение первого года после установления диагноза метастазов в костях [2].

Метастазы в костях отличаются разнообразием вариантов поражения (остеобластический, остеолитический, смешанный). Тип метастазов является отражением локального взаимодействия между опухолевыми клетками и системой ремоделирования кости. Развитие остеолитического или остеопластического поражения является результатом патофизиологического взаимодействия между опухолевыми клетками и соответственно остеокластами и остеобластами. Метастазирование опухолевой клетки в кости приводит к активному образованию местных паракринных факторов, стимулирующих активность остеокластов: простагландина Е, ряда цитокинов, таких как TGFa, b, эпидермальный фактор роста (EGF), фактор некроза опухоли (TNF), интерлейкинов (IL1, IL6), прокатепсина D и др. Клетки иммунной системы могут также синтезировать факторы, активизирующие остеокласты: лимфотоксин, IL-1, IL-6, интерферон-гамма (IFN-g), колониестимулирующие факторы, в частности GM-CSF. Помимо местных факторов, активность остеокластов может стимулироваться системными воздействиями, а именно, паратгормонподобным белком (PTHrP) [3]. Костное микроокружение играет ключевую роль в образовании остеокластов путем продукции стромальными клетками или остеобластами макрофагального колониестимулирующего фактора (M-CSF) и лиганда рецепторного белка RANK (receptor activatorof nuclear factor - κβ) – RANK-L [4]. Вместе с тем, из-за регуляторных взаимодействий между остеокластами и остеобластами в ответ на разрушение кости происходит ее образование. В результате динамического характера ремоделирования кости и потенциальной гетерогенности метастатического поражения у пациентов могут развиться как остеолитические, так и остеобластические метастазы, или их смешанный вариант, содержащий оба компонента [5].

В арсенал современной диагностики костных метастазов входят как анатомо-топографические методы визуализации, а именно планарная рентгенография

(Рг), рентгеновская компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), позволяющие непосредственно отображать патологические процессы, связанные с нарушением структуры кости, так и функциональные методы – планарная остеосцинтиграфия (ОСГ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) [6].

В последнее время в клиническую практику активно внедряются гибридные системы – ОФЭКТ/КТ и ПЭТ/КТ или ПЭТ/МРТ, способные объединять достоинства двух способов визуализации [7–9]. Появление подобных возможностей улучшает раннюю диагностику метастазов в костях, что способствует повышению эффективности проводимого лечения, улучшению прогноза и качества жизни [10].

Цель работы – определить диагностические возможности планарной остеосцинтиграфии (ОСГ) и однофотонной эмиссионной томографии/компьютерной томографии (ОФЭКТ/КТ) в диагностике различных вариантов метастатического поражения костей.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили данные обследования 37 больных с метастазами в костях, проходивших лечение в НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина, из них 20 – больные раком молочной железы, 7– раком предстательной железы, 2 – опухолями почки, 1 – лимфомой, 1 – меланомой, 1 – раком лёгкого, 1 – злокачественной герминогенной опухолью яичка (семиномой), 1 – раком гортани, 1 – рабдомиосаркомой, 2 больных с метастазами злокачественной опухоли без выявленного первичного очага (табл. 1).

Исследования выполнялись на комбинированной ОФЭКТ/КТ-системе SymbiaT2 (Siemens) с 2-срезовой конфигурацией КТ (толщина среза 5 мм, шаг спирали – 1,5 мм, размер фокусного пятна, согласно IAC 60 360, 0,8×0,4 мм/8°, 0,8×0,7 мм/8°). Использовались следующие параметры ОФЭКТ: матрица 128×128, 64 угловых позиции при вращении детекторов, время записи на одну позицию вращения составило 10 с.

Обследование больных осуществлялось в 2 этапа. Первым этапом проводилось исследование в режиме ОСГ всего тела через 3 ч после внутривенного введения остеотропного радиофармпрепарата (РФП), меченного ^{99m}Tc (технефор или фосфотех). Сцинтиграфия всего тела проводилась в положении больного лежа на спине с использованием коллиматора низких энергий фотонного излучения с высоким разрешением (LEHR). Использовалась гамма-камера Symbia E или T2 фирмы Siemens. Активность вводимого РФП варьировала в зависимости от массы пациента и находилась в диапазоне 444–740 МБк. Эффективная доза составила от 2,5 до 4,2 мЗв. Регистрация импульсов проводилась на энергетическом пике 140 кэВ. Продолжительность планарного сцинтиграфического исследования составляло 13–15 мин (скорость движения стола 15 см/мин). После получения сцинтиграфического изображения всего тела производилась визуальная оценка полученного изображения с целью определения локализации очагов патологического накопления РФП и их размеров.

Вторым этапом проводилась ОФЭКТ/КТ выбранной зоны интереса, получение эмиссионных радионуклидных и трансмиссионных рентгеновских томограмм исследуемого участка тела и совмещённых изображений (fusion). Эффективная доза для РКТ рассчитывалась по формуле $E = \mathrm{CTDI}\times L\times K_1\times K_2$, где CTDI – объёмный взвешенный индекс дозы, L – длина сканирования в см, K_1 – поправка на возраст пациента, K_2 – поправка на область исследования. Эффективная доза облучения составляла от 1,14 до 2,01 мЗв на 1 исследование (см. МУ 2.6.1. 3151-13).

Интерпретация результатов ОФЭКТ/КТ проводилась по стандартной методике с использованием пакета программ Syngo 2009A.

Проводился анализ эмиссионных томограмм и сопоставление с рентгеновскими томограммами, а также анализ совмещённых изображений. При просмотре эмиссионных томограмм выявляли очаги повышенного и пониженного накопления РФП и определяли характер накопления РФП в различных областях костей.

При анализе рентгеновских компьютерных томограмм проводили оценку структуры костей с целью выявления остеобластической, остеолитической или смешанной деструкции, участков остеосклероза, изменений коркового слоя, наличия реакции надкостницы, внекостного компонента и переломов.

Результаты и обсуждение

На планарных ОСГ выявлены очаги, характерные для опухолевого поражения, в 33 случаях. В 4 случаях на ОСГ отсутствовали признаки очагового поражения, из которых в 2 случаях (в одном – у больной раком мо-

Таблица 1

Распределение обследованных больных по диагнозу, наличию проводимого лечения и варианту метастатического поражения скелета

Распределение по диагнозу	Лечение по поводу скелетных метастазов	Вариант метастазов			Всего
		Остеобластический	Смешанный	Литический	
РМЖ	До лечения (n = 10)	2	6	16	24
	После лечения (n = 10)	23	23	15	61
РПЖ	До лечения (n = 5)	11	9	4	24
	После лечения (n = 2)	12	–	–	12
Другие нозологические формы	До лечения (n = 8)	–	–	27	27
	После лечения (n = 2)	8	1	2	11
Всего	n = 37	56	39	64	159

Таблица 2

Сравнительная выявляемость метастазов при ОСГ и ОФЭКТ/КТ в зависимости от варианта поражения и размеров

Вариант метастазов	Метод диагностики	Размеры очагов			Всего метастазов
		0,5–0,9 см	1,0–1,9 см	2 см и более	
Остеобластический	ОСГ	0	10	17	27 (48,2 %)
	ОФЭКТ/КТ	8	28	20	56 (100 %)
Смешанный	ОСГ	1	13	15	29 (76,3 %)
	ОФЭКТ/КТ	2	18	18	38 (100 %)
Остеолитический	ОСГ	0	8	41	49 (75,4 %)
	ОФЭКТ/КТ	11	13	41	65 (100 %)
Всего	ОСГ	1 (4,8 %)	31 (52,5 %)	73 (92,4 %)	105 (66,0 %)
	ОФЭКТ/КТ	21 (100 %)	59 (100 %)	79 (100 %)	159 (100 %)

лочной железы с доказанными метастазами в костях, состояние после комплексного лечения и химиотерапии по поводу метастазов; в другом – с метастазами в костях без выявленного первичного очага, на стадии обследования) определялось неравномерное накопление РФП, характерное для проявления дистрофических изменений.

В 2 оставшихся случаях у больных раком предстательной железы с помощью ОФЭКТ/КТ были выявлены метастазы в костях. В первом случае – 2 метастаза в поясничном отделе позвоночника, состояние после максимальной андрогенной блокады (МАБ). Во втором случае – метастаз в лонной кости, который на ОСГ-изображении экранировался накоплением РФП в мочевом пузыре и не был распознан (системного лечения по поводу метастазов в костях не получал).

Всего при ОФЭКТ/КТ было выявлено 159 метастазов в костях размерами от 0,5 до 4,5 см. Из них 21 метастаз – размерами от 0,5 до 0,9 см, 59 метастазов – размерами от 1,0 до 1,9 см и 79 очагов – размерами более 2 см в диаметре (позвонки, кости таза, проксимальные отделы бедренных костей) или по протяжённости (в рёбрах, лопатках, грудине). Данные по выявляемости метастазов приведены в табл. 2.

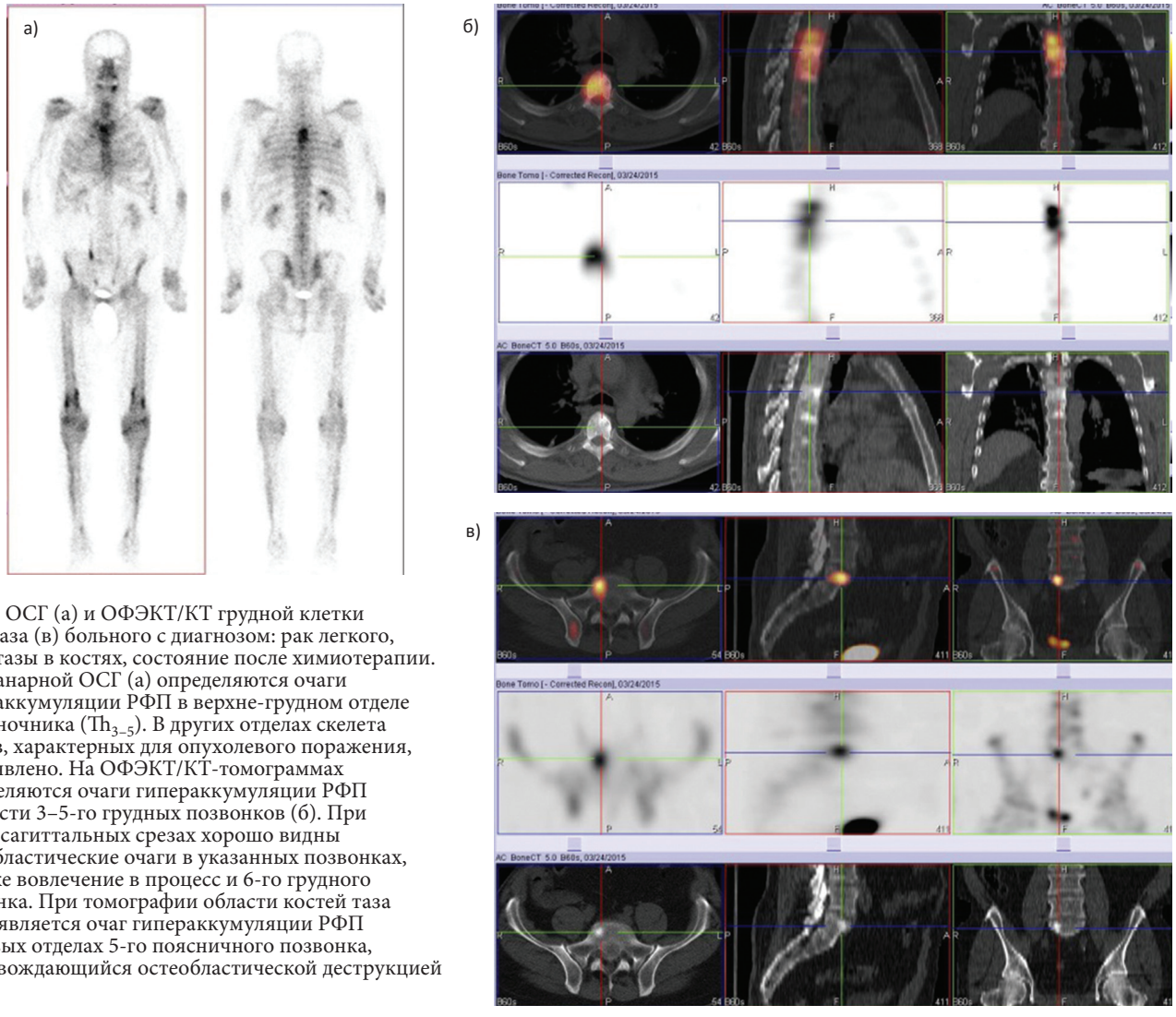

Рис. 1. ОСГ (а) и ОФЭКТ/КТ грудной клетки (б) и таза (в) больного с диагнозом: рак легкого, метастазы в костях, состояние после химиотерапии. На планарной ОСГ (а) определяются очаги гипераккумуляции РФП в верхне-грудном отделе позвоночника (Th_{3-5}). В других отделах скелета очагов, характерных для опухолевого поражения, не выявлено. На ОФЭКТ/КТ-томограммах определяются очаги гипераккумуляции РФП в области 3–5-го грудных позвонков (б). При КТ на сагиттальных срезах хорошо видны остеобластические очаги в указанных позвонках, а также вовлечение в процесс и 6-го грудного позвонка. При томографии области костей таза (в) выявляется очаг гипераккумуляции РФП в правых отделах 5-го поясничного позвонка, сопровождающийся остеобластической деструкцией

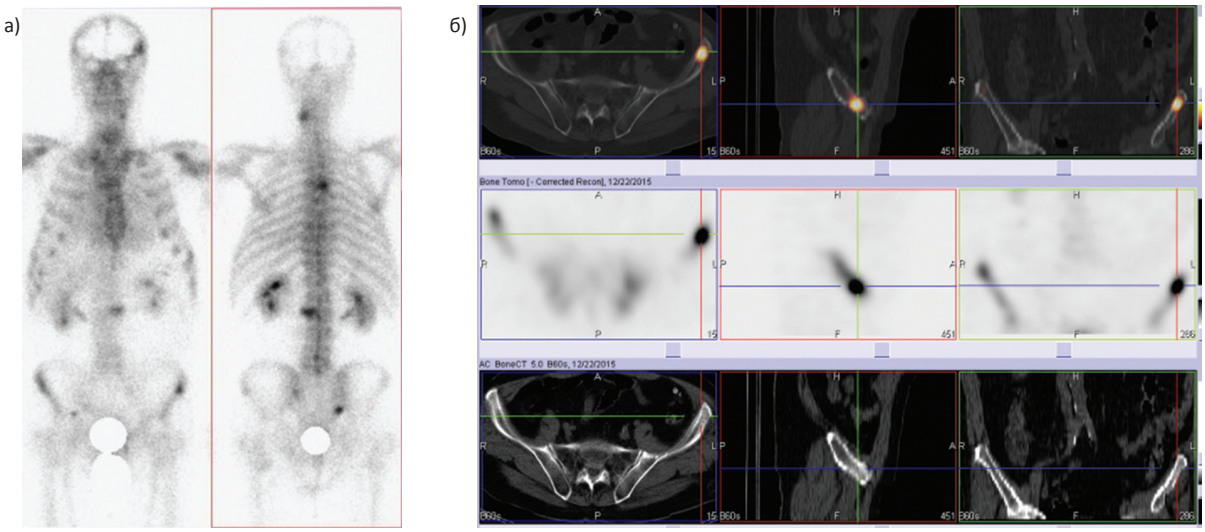

Рис. 2. ОСГ (а) и ОФЭКТ/КТ таза (б) больного с диагнозом: рак предстательной железы, метастазы в костях, состояние до лечения. На планарных ОСГ (а) определяются отдельные очаги гипераккумуляции РФП в костях черепа, позвоночнике, костях таза, в т.ч. в области гребня крыла левой подвздошной кости. При ОФЭКТ/КТ таза (б) в крыле левой подвздошной кости определяется очаг выраженной гипераккумуляции РФП, соответствующий метастатическому поражению. При этом на компьютерных томограммах признаки деструкции костной ткани отсутствуют. Наличие метастаза подтверждено динамическим наблюдением

Общая выявляемость метастазов при ОСГ по сравнению с ОФЭКТ/КТ составила 66,0 % от всех обнаруженных метастазов. Из табл. 2 видно, что выявляемость при ОСГ повышается с увеличением размеров детектируемых очагов. Очаги менее 1 см выявляются практически в единичных случаях. Но и метастазы размерами от 1 до 2 см выявляются лишь в 52,5 % случаев. Только выявляемость крупных метастазов (2 см и более) при ОСГ(92,4 %) приближается по результатам к ОФЭКТ/КТ (100 %).

Обращает на себя внимание наименьший процент выявления остеобластических метастазов при ОСГ (48,2 %), что, на первый взгляд, выглядит странным. Однако во многих случаях этот феномен был обусловлен фактором длительной репарации в зонах поражения, что объясняет снижение уровня накопления РФП в очагах.

Выявляемость смешанных (76,3 %) и остеолитических (75,4 %) метастазов при ОСГ оказалась практически одинаковой.

Таким образом, информативность ОСГ в выявлении очаговых новообразований в костях существенно уступает ОФЭКТ/КТ.

Означает ли это, что ОСГ теряет свои позиции?

В обработанный массив больные включались по случайному принципу, среди них значительное коли-

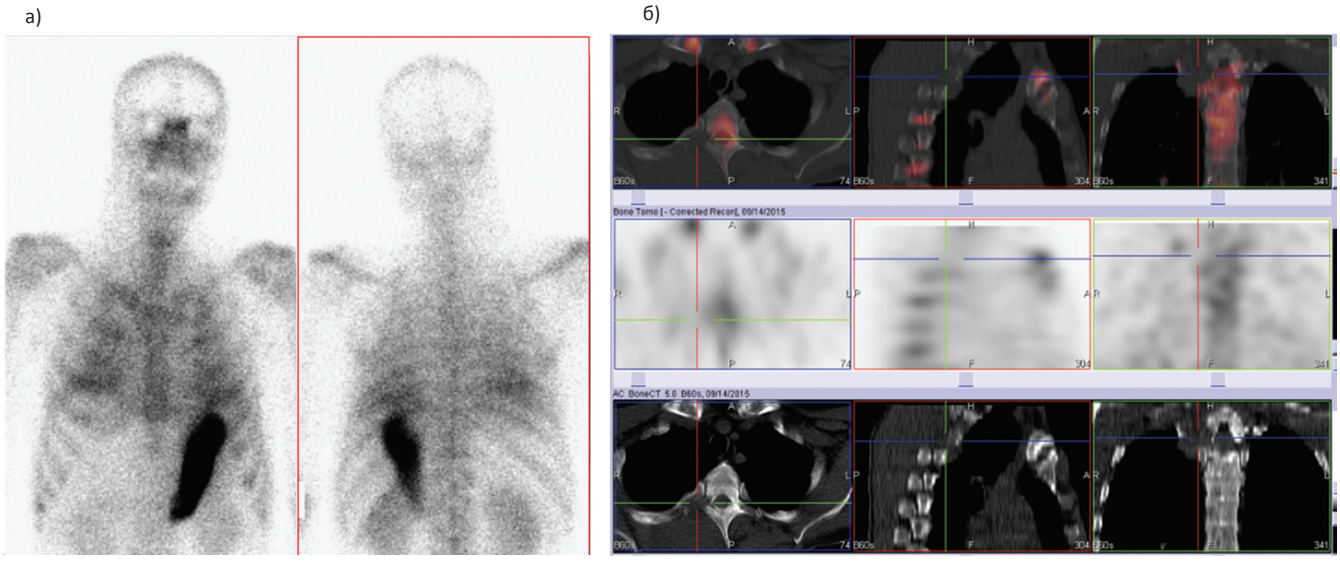

Рис. 3. ОСГ (а) и ОФЭКТ/КТ грудной клетки (б) больного с опухолевым поражением верхнегрудного отдела позвоночника неуточнённого генеза. При ОСГ (а) отмечается диффузное распределение РФП в верхне-грудном отделе позвоночника, без видимой очаговой патологии. На ОФЭКТ/КТ (б) в заднем отрезке 3-го правого ребра определяется зона остеолитической деструкции, с вовлечением в процесс правой половины дуги 3-го грудного позвонка. Определяется внекостный компонент, распространяющийся в окружающие мягкие ткани. В указанной зоне признаки патологической гипераккумуляции РФП отсутствуют

чество получало системное лекарственное лечение по поводу метастатического поражения.

Низкий процент выявления остеобластических метастазов при ОСГ объяснялся, в т.ч., снижением интенсивности метаболических процессов в результате репарации. Возвращаясь к невыявленным при ОСГ очагам у больной рака молочной железы, необходимо сказать, что отсутствие повышенного накопления РФП было обусловлено также репаративными процессами. Сходная картина была и в одном случае метастазов рака предстательной железы, состояние после МАБ: через 5 и 12 мес при контрольных обследованиях размеры и плотность метастазов при КТ оставались без динамики, аккумуляция РФП при ОФЭКТ нормализовалась.

В этих случаях (при ОФЭКТ накопление РФП также иногда соответствовало норме или было незначительно повышенным) радионуклидный тест оказывается функционально более точным: нормализация накопления РФП свидетельствует об угнетении реактивного патологического метаболизма, возникающего при остеолизе, активируемом опухолевыми клетками. И если в крупных метастазах в силу большего количества мишеней для аккумуляции РФП повышенное (пусть и не очень высокое) накопление меченых фосфонатов присутствовало, то с уменьшением размеров очагов гипераккумуляция РФП естественно снижалась [11].

Кроме того, в одном случае даже при ОСГ был выявлен метастаз, ещё не сопровождавшийся деструкцией костной ткани (рис. 2), что подтверждает репутацию ОСГ как метода ранней диагностики костных метастазов (по крайней мере, в случаях костных метастазов рака предстательной железы).

Вместе с тем, при ОСГ у 8 больных были выявлены очаги гипераккумуляции РФП, обусловленные выраженными дистрофическими изменениями (чаще всего, субхондральным остеосклерозом) и симулировавшие опухолевое поражение.

Всего коррекция заключения ОСГ потребовалась в 24 случаях: в 8 случаях при ОСГ была отмечена гипердиагностика, в 16 – гиподиагностика.

Несмотря на столь значительные расхождения в точности диагностики ОСГ и ОФЭКТ/КТ, ОСГ оказалась неинформативной только в 2 случаях: при не выявленных метастазах без выявленного первичного очага и в случае экранирования метастаза накоплением РФП в мочевом пузыре. В 2 других случаях отсутствие накопления РФП было обусловлено репарацией, что можно считать только условной неинформативностью.

Вместе с тем, ОФЭКТ/КТ демонстрирует явные преимущества в визуализации костных метастазов благодаря получению данных компьютерной томографии, позволяющих оценивать структуру костной ткани [12, 13]. В 9 случаях даже на ОФЭКТ-срезах метастатическое поражение не сопровождалось патологически изменённым накоплением РФП (рис. 3).

Выводы

Суммируя вышесказанное, можно констатировать, что ОФЭКТ/КТ является высокоинформативным методом выявления костных метастазов, использование которого позволяет сократить время обследования и снизить лучевую нагрузку на больных за счёт отказа от дополнительных рентгенологических процедур. Кроме того, ОФЭКТ/КТ предоставляет возможность одновременно проводить дифференциальную диагностику как структурных, так и метаболических костных изменений, что повышает точность первичной диагностики и контроля лечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li S., Peng Y., Weinhandl E.D. et al. Estimated number of prevalent cases of metastatic bone disease in the US adult population // Clin. Epidemiol. 2012. № 4 P. 87–93. DOI: 10.2147/CLEP.S28339.
2. Jensen A.Ø., Jacobsen J.B., Nørgaard M., et al. Incidence of bone metastases and skeletal-related events in breast cancer patients: A population-based cohort study in Denmark // BMC Cancer. 2011.11:29. DOI: 10.1186/1471-2407-11-29.
3. Кондратьев В.Б., Мартынюк В.В., Ли Л.А. Метастазы в кости: осложненные формы, гиперкальциемия, синдром компрессии спинного мозга, медикаментозное лечение // Практическая онкология. 2000. № 2. С. 41–45.
4. Boyle W.J., Simonet W.S., Lacey D.L. Osteoclast differentiation and activation // Nature. 2003. Vol. 423. P. 337–342. DOI:10.1038/nature01658.
5. Yin J.J., Pollock C.B, Kelly K. Mechanisms of cancer metastasis to the bone //Cell Research. 2005. Vol.15. P. 57–62. DOI:10.1038/sj.cr.7290266.
6. Heindel W., Gübitz R., Vieth V. et al. The Diagnostic Imaging of Bone Metastases // Dtsch. Arztebl. Int. 2014. Vol. 111. № 44. P. 741–747. DOI: 10.3238/arztebl.2014.0741.
7. Крживицкий П.И., Канаев С.В., Новиков С.Н. и соавт. ОФЭКТ/КТ в диагностике метастатического поражения скелета // Вопросы онкологии. 2014. Т. 60. № 1. С. 56–63.
8. Ларюков А.В., Ларюкова Е.К. Современные возможности методов лучевой и ядерной диагностики в выявлении костных метастазов периферического немелкоклеточного рака легкого // Практич. медицина. 2016. Т. 93. № 1. С. 112–118.
9. Löfgren J., Mortensen J., Loft A. et al. Diagnosing bone metastases. Pilot data from a prospective study comparing [^{99m}Tc]-MDP planar bone scintigraphy, whole body SPECT/CT, [^{18}F]-fluoride PET/CT and [^{18}F]-fluoride PET/MRI // J. Nucl. Med. 2013. Vol. 54. Suppl. 2. P. 93–102.
10. Pagani O., Senkus E., Wood W. et al. International guidelines for management of metastatic breast cancer: can metastatic breast cancer be cured? // J. Natl. Cancer Inst. 2010. Vol. 102. № 7. P. 456–463. DOI: 10.1093/jnci/djq029.
11. Рыжков А.Д., Ширяев С.В., Оджарова А.А. и соавт. Остеосцинтиграфия метастазов в кости с фосфатными соединениями, меченными ^{99m}Tc // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2007. Т. 52. № 4. С. 62–68.
12. Рыжков А.Д., Иванов С.М., Ширяев С.В. и соавт. ОФЭКТ/КТ в контроле лучевого лечения костных метастазов остеосаркомы // Вопросы онкологии. 2016. Т. 62. № 5. С. 654–659.
13. Крылов В.В., Кочетова Т.Ю., Волознев Л.В. Радионуклидная терапия при метастазах в кости // Вопросы онкологии. 2015. Т. 61. № 1. С. 14–19.

Для цитирования: Рыжков А.Д., Крылов А.С., Блудов А.Б., Ширяев С.В. Остеосцинтиграфия и ОФЭКТ/КТ в диагностике различных вариантов метастатического поражения костей // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2018. Т. 63. № 2. С. 41–46.

DOI: 10.12737/article_5ac61fd62feba6.78437892

DOI 10.12737/article_5ac61fd62feba6.78437892

Osteoscintigraphy and SPECT/CT in the Diagnosis of Various Variants of Bone Metastases

A.D. Ryzhkov, A.S. Krylov, A.B. Bludov, S.V. Shiryaev

N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia. E-mail: krilovas@rambler.ru

A.D. Ryzhkov – Senior Researcher, Dr. Sc. Med.; A.S. Krylov – Radiologist, PhD Med, Member of the European Association of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (EANMMI); A.B. Bludov – Research Worker, PhD Med.; S.V. Shiryaev – Head of Lab., Dr. Sc. Med., President of the OSMI, Member of EANMMI, Member of ACNMMI, Member of SNMMI

Abstract

Purpose: To determine the diagnostic capabilities of body scan (BS) and SPECT/CT in the diagnosis of various variants of bone metastases (BM).

Material and methods: The data of 37 patients with BM of breast cancer (20 patients), prostate cancer (7 patients) and other tumors various localization (10 patients) were analyzed. The study was carried out in two stages: first, BS was performed, 3 hours after intravenous introduction of an osteotropic radiopharmaceutical labeled with ^{99m}Tc (technephor or phosphotech), followed by SPECT/CT of the selected zone of interest. All studies were performed on a combined system Symbia T2 (Siemens) with a 2-slice low dose CT.

Results: With BS the foci of the tumor lesion were identified in 33 cases, and in SPECT/CT in 37 cases. There were detected 159 BM (21 sites: 0.4–0.9, 59 sites: 1.0–1.9, 79 sited: 2.0–4.5 cm). The total detectable incidence of metastases with BS was 66.0 % (105 BM) of all metastases detected in comparison with SPECT/CT (159 BM). Detectability with BS increased with increasing size of detectable foci. Foci less than 1 cm are detected in isolated case (1 from 21 cases). Metastases measuring from 1 cm to 1.9 cm are detected only in 52.5 % of cases (31 from 59 cases). The detectability of large metastases (2 cm or more) with BS (92.4 %) approaches the SPECT/CT (100 %) – 73 from 79 cases.

There were detected with BS 27 osteoblastic BM in comparison 56 BM with SPECT/CT (48.2 %). The detectability with BS of mixed BM (76.3 %) and octeolitic BM (75.4 %) showed no differences. Firstly it can be explained by a predominance of smaller osteoblastic foci, and secondly reparative processes in metastases, accompanied by reduction of the radiopharmaceutical. The correction of the conclusion of the BS was required just in 24 cases: in 8 cases, when the BS was marked overdiagnosis, 16 – underdiagnosis. However, BS does not lose its value as a screening. In one case, even if BS has been revealed metastasis, it is not yet accompanied by destruction of bone tissue.

Despite such significant differences in diagnostic accuracy of BS and SPECT/CT, BS proved to be uninformative only in 2 cases: when undetected metastases without primary tumor identified, and in the case of the screening of metastasis the accumulation of the radiopharmaceutical in the bladder. In 2 other cases, the lack of accumulation of the radiopharmaceutical was determined by the reparation that can only be considered conditionally uninformative.

However, SPECT/CT shows clear advantages in the visualization of bone metastases due to computed tomography, allowing to estimate the structure of bone tissue. In 9 cases even to SPECT-slices metastases were not accompanied by pathological accumulation of the radiopharmaceutical.

Conclusion: SPECT/CT is a highly informative method for detecting bone metastases, the use of which allows reducing the time of examination and dose irradiation of patients due to the rejection of additional radiological procedures. In addition, SPECT/CT at the same time allows differential diagnosis of structural and metabolic bone changes, which increases both the accuracy of primary diagnosis and control of treatment.

Key words: *SPECT/CT, bone scintigraphy, bone metastases*

REFERENCES

1. Li S, Peng Y, Weinhandl ED, et al. Estimated number of prevalent cases of metastatic bone disease in the US adult population. Clin Epidemiol. 2012;(4):87-93. DOI: 10.2147/CLEP.S28339.
2. Jensen AØ, Jacobsen JB, Nørgaard M, et al. Incidence of bone metastases and skeletal-related events in breast cancer patients: A population-based cohort study in Denmark. BMC Cancer. 2011;11:29. DOI: 10.1186/1471-2407-11-29.
3. Kondratiev VB, Martyniuk VV, Li LA. Metastases in the bone: complicated forms, hypercalcemia, spinal cord compression syndrome, drug treatment. Practical Oncology. 2000;(2):41-45. (In Russ.).
4. Boyle WJ, Simonet WS, Lacey DL. Osteoclast differentiation and activation. Nature. 2003;423:337-342. DOI: 10.1038/nature01658.
5. Yin JJ, Pollock CB, Kelly K. Mechanisms of cancer metastasis to the bone. Cell Research. 2005;15:57-62. DOI: 10.1038/sj.cr.7290266.
6. Heindel W, Gübitz R, Vieth V, et al. The diagnostic imaging of bone metastases. Dtsch. Arztebl. Int. 2014;111(44):741-747. DOI: 10.3238/arztebl.2014.0741.
7. Krzhivitsky PI, Kanaev SV, Novikov SN, et al. SPECT-CT in the diagnosis of metastatic skeletal lesion. Problems in Oncology. 2014;60(1):56-63. (In Russ.).
8. Laryukov AV, Laryukova EK. Modern possibilities of methods of radiation and nuclear diagnostic for detection of bone metastases in non-small cell lung carcinoma. Practical Medicine. 2016;93(1):112-117. (In Russ.).
9. Löfgren J, Mortensen J, Loft A, et al. Diagnosing bone metastases. Pilot data from a prospective study comparing [^{99m}Tc]-MDP planar bone scintigraphy, whole body SPECT/CT, [^{18}F]-fluoride PET/CT and [^{18}F]-fluoride PET/MRI. J Nucl Med. 2013;54, Suppl. 2:93-102.
10. Pagani O, Senkus E, Wood W. et al. International guidelines for management of metastatic breast cancer: can metastatic breast cancer be cured? J Natl Cancer Inst. 2010;102(7):456-463. DOI: 10.1093/jnci/djq029.
11. Ryzhkov AD, Shiryaev SV, Odzharova AA, et al. ^{99m}Tc-labelled Phosphonate Metastases Bone Scintigraphy. Med Radiol and Radiation Safety. 2007;52(4):62-68. (In Russ.).
12. Ryzhkov AD, Ivanov SM, Shiryaev SV, et al. SPECT/CT radiation in treatment of bone metastases of osteosarcoma. Problems in Oncology. 2016;62(5):654-659.
13. Krylov VV, Kochetova TYu, Voloznev LV. Radionuclide therapy for bone metastases: new opportunities. Problems in Oncology. 2015;61(1):14-19.

For citation: Ryzhkov AD, Krylov AS, Bludov AB, Shiryaev SV. Osteoscintigraphy and SPECT/CT in the Diagnosis of Various Variants of Bone Metastases. Medical Radiology and Radiation Safety. 2018;63(2):41-46. (In Russ.).

DOI: 10.12737/article_5ac61fd62feba6.78437892