

DOI 10.12737/article_59f2fc0812bc46.45377149

А.Д. Рыжков, А.С. Крылов, С.В. Ширяев, Я.А. Щипахина, Н.В. Кочергина**ПРЕИМУЩЕСТВО КОМБИНИРОВАННОЙ ОФЭКТ/КТ
В ДИАГНОСТИКЕ МЕТАСТАЗОВ В КОСТЯХ**Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава РФ, Москва.
E-mail: krilovas@rambler.ru

А.Д. Рыжков – с.н.с., д.м.н.;

А.С. Крылов – врач-радиолог, к.м.н., член Европейской ассоциации ядерной медицины и молекулярной визуализации;

С.В. Ширяев – зав. лаб., д.м.н., проф., президент Онкологического общества молекулярной визуализации РФ, член Европейской ассоциации ядерной медицины и молекулярной визуализации, член Американской коллегии ядерной медицины и молекулярной визуализации, член Общества ядерной медицины и молекулярной визуализации (США);

Я.А. Щипахина – н.с., к.м.н.; Н.В. Кочергина – в.н.с., д.м.н., проф.

Реферат

Цель: Определить диагностические возможности комбинированного метода однофотонной эмиссионной томографии/компьютерной томографии (ОФЭКТ/КТ) у больных с метастазами в костях в сравнении с наиболее часто используемым скрининговым методом планарной остеосцинтиграфии (ОСГ).

Материал и методы: 67 больных с метастазами в костях рака молочной железы, рака предстательной железы и других опухолей. Сначала проводилась ОСГ, затем ОФЭКТ/КТ.

Результаты: Больные разделены на 2 группы: с множественными и единичными метастазами. ОФЭКТ/КТ показала большую эффективность в выявлении метастазов в костях, чем ОСГ. При ОСГ полное выявление метастазов в костях составило в двух группах соответственно от 31 до 56 % по сравнению с данными ОФЭКТ/КТ. В ряде случаев (в обеих группах соответственно 4 и 9,5 % в зависимости от количества метастазов и их локализации) ОСГ оказалась не информативна, зафиксировано отсутствие очагов поражения.

Выводы: ОФЭКТ/КТ позволяет улучшить точность диагностики метастатического поражения скелета.

Ключевые слова: метастазы в костях, ОФЭКТ/КТ, остеосцинтиграфия

Поступила: 12.04.2017. Принята к публикации: 12.07.2017

Введение

Современная диагностика состояния костной системы располагает различными методами визуализации, которые можно разделить на две группы.

Первая группа включает в себя анатомо-топографические методы. Это рентгенография (Рг), рентгеновская компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), позволяющие непосредственно отображать патологические процессы, связанные с нарушением структуры кости. Богатая и хорошо изученная семиотика дает возможность не только выявить деструкцию, но и провести дифференциальную диагностику заболеваний.

Вторая группа включает функциональные методы, в частности, методы радионуклидной диагностики – планарную остеосцинтиграфию (ОСГ), однофотонную эмиссионную компьютерную томографию (ОФЭКТ), позитронную эмиссионную томографию (ПЭТ). Эти методы основаны на включении остеотропных радиофармпрепаратов (РФП) в костную ткань. Степень накопления РФП зависит от интенсивности течения метаболических процессов. По изменению уровня накопления РФП по сравнению с физиологическим судят о наличии патологического процесса в том или ином отделе скелета.

За последние 15 лет в клиническую практику активно вошли гибридные технологии, в которых совмещены методы функциональной и структурной визуализации: ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ, ОФЭКТ/КТ [1–6]. Отличительной особенностью гибридных систем является совмещение данных анатомо-топографической визуализации с пространственным накоплением радиофармпрепарата в исследуемой области тела пациен-

та. Это даёт возможность получения одновременной функционально-структурной оценки исследуемых органов или тканей. Значительные успехи в применении совмещённых методов функциональной и структурной визуализации предопределили развитие ОФЭКТ/КТ-систем, занявших в короткое время прочные позиции в ряду диагностических процедур. На сегодня главными областями применения гибридных технологий являются онкология, кардиология и неврология.

Литературные данные по диагностике метастазов в костях довольно противоречивы. Обобщённые данные различных источников приведены в табл. 1.

По данным литературных источников, наиболее информативными методами в выявлении метастазов в костях на сегодняшний момент являются ПЭТ/КТ (ПЭТ/МРТ), а также МРТ [3, 11]. Однако ПЭТ/КТ и ПЭТ/МРТ по причинам дороговизны и недостаточной распространённости не могут быть массово применены. Временные затраты, а также объективные противопоказания для проведения МРТ (наличие в организме металлоконструкций и т.д.) также не позволяют использовать данный метод широко и быстро.

В то же время, применение нового уточняющего метода, не требующего дополнительной подготовки, выполняемого при необходимости, что называется, не снимая пациента со стола, может быть диагностически и экономически очень эффективным. До 67 % заключений по планарной остеосцинтиграфии (ОСГ) может быть пересмотрено по результатам ОФЭКТ/КТ [12].

Целью настоящего исследования стало определение диагностических возможностей ОФЭКТ/КТ у больных с метастазами в костях в сравнении с наиболее часто используемым скрининговым методом ОСГ.

Таблица 1

Сравнительные результаты выявления метастазов в костях по данным различных инструментальных методов исследования

Авторы	Дизайн исследования	Сравниваемые методы инструментальной диагностики	Результаты	
			Чувствительность, %	Специфичность, %
Haraldsen A. 2014 [7]	38 больных раком молочной железы с метастазами в кости	ОСГ	87	63
		ОФЭКТ	87	71
		ОФЭКТ/lдКТ*	79	63
		ОФЭКТ/cдКТ+МРТ**	84	83
Palmedo H. 2014 [8]	72 больных раком молочной и предстательной желез с метастазами в кости	ОСГ	93	78
		ОФЭКТ	94	71
		ОФЭКТ/lдКТ	97	94
Ahmadzadehfar H. 2012 [9]	101 больной с разными злокачественными образованиями и метастазами в кости	ОСГ	86	71
		ОФЭКТ	87	78
		ОФЭКТ/lдКТ	88	91
Qiu Z.L. 2012 [2]	80 больных с дифференцированным раком щитовидной железы и метастазами в кости	ОСГ	79,07	83,08
		ОФЭКТ/lдКТ	93,02	97,30
		¹⁸ F-ФДГ-ПЭТ/КТ	86,05	94,59
Savelli G. 2001 [10]	118 больных с разными злокачественными образованиями и метастазами в кости	ОФЭКТ***	90,5 (100)****	92,8 (95,3)****

Примечания:

* lд – низкодозовая компьютерная томография

**cd – компьютерная томография с контрастированием и проспективным проведением МРТ в тот же день;

*** – в сравнении с комплексом радиологических процедур (рентгенографии, КТ, МРТ);

**** – для метастазов рака молочной железы

Материал и методы

Материалом для исследования послужили данные обследований 67 больных с метастазами в костях, проходивших лечение в РОНЦ им. Н.Н. Блохина, из них 45 – больные с метастазами рака молочной железы, 11 – рака предстательной железы, 2 – лимфомы, 2 – рака почки, 1 – меланомы, 1 – рака лёгкого, 1 – рака гортани, 1 – семиномы, 1 – мягкотканной опухоли шеи, 2 больных с метастазами злокачественных опухолей без выявленного первичного очага.

Обследования пациентов проводились в два этапа. Первым этапом проводилась планарная сцинтиграфия в режиме 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. Вводимая активность варьировалась в зависимости от массы тела 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 составляла 13–15 мин (время движения стола 15 см/мин). После получения сцинтиграфического изображения всего тела производилась визуальная оценка полученного изображения с целью определения размеров и локализации очагов патологического накопления РФП.

Вторым этапом проводили ОФЭКТ/КТ выбранной зоны интереса, после чего получали эмиссионные радионуклидные и трансмиссионные рентгеновские томограммы исследуемого участка тела, а также совмещённые изображения (fusion). Исследования выполнялись на комбинированной ОФЭКТ/КТ системе

Symbia T2 фирмы 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 угловые позиции при вращении детекторов, время записи на один угол вращения составило 10 с.

Эффективная доза (ЭД) для КТ рассчитывалась по формуле $E = CTDI \times L \times K_1 \times K_2$, где CTDI – объёмный взвешенный индекс дозы, L – длина сканирования в см, K₁ – поправка возраст пациента, K₂ – поправка на область исследования (см. МУ 2.6.1.3151-13). Эффективная доза облучения составляла от 1,14 до 2,01 мЗв на 1 область исследования.

Интерпретация результатов ОФЭКТ/КТ проводилась по стандартной методике с использованием пакета программ Syngo 2009A независимо двумя сертифицированными специалистами – радиологом и рентгенологом.

Проводился анализ эмиссионных томограмм в сопоставлении с рентгеновскими томограммами, а также изображений серии fusion. При просмотре эмиссионных томограмм вёлся поиск очагов повышенного и пониженного накопления РФП, определялся и характер накопления РФП в областях изображения изменённых костей.

При анализе рентгеновских компьютерных томограмм проводилась оценка структуры костей исследованной зоны с целью выявления морфологической перестройки. Особое внимание уделялось анализу участков повышенного накопления РФП по данным эмиссионных томограмм.

Результаты и обсуждение

Все больные, включённые в исследование (n = 67), были разделены на 2 группы: больные с количеством

Таблица 2

Выявляемость множественных костных метастазов в скелете (более 20 очагов у каждого больного) с помощью различных диагностических технологий

Метод	ОСГ			ОФЭКТ		КТ		Всего больных
	Отсутствие очагов	Частичное выявление очагов	Полное выявление очагов	Частичное выявление очагов	Полное выявление очагов	Частичное выявление очагов	Полное выявление очагов	
Пациентов, n = 25	1	10	14	1	24	1	24	25
%	4	40	56	4	96	4	96	100

Таблица 3

Выявляемость метастазов в кости в группе пациентов, у каждого из которых количество метастазов не превышало 20, с помощью различных диагностических технологий

Метод	ОСГ				ОФЭКТ				КТ (n < 42)		
	Нет очагов	Частичное выявление очагов	Полное выявление очагов	Дополнительные очаги неопухоловой этиологии	Нет очагов	Частичное выявление очагов	Полное выявление очагов	Дополнительные очаги неопухоловой этиологии	Нет очагов	Частичное выявление очагов	Полное выявление очагов
Пациентов n < 42	4	25	13	9	–	8	34	5	–	4	38
%	9,5	59,5	31	21,4	0	19	81	11,9	0	9,5	90,5

метастазов более 20 (табл. 2) и больные с количеством метастазов менее 20 (табл. 3).

При обследовании у 25 больных были выявлены множественные метастазы, число которых превышало 20. Сравнение результатов разных методов диагностики в этих случаях проводилось по отделам скелета: череп, рёбра, анатомические отделы позвоночника, кости таза, лопатки, грудина, ключицы, конечности.

Из 25 пациентов только у 14 результаты ОСГ и ОФЭКТ/КТ совпали по количеству выявленных зон поражения (табл. 2). При ОСГ в первом случае картина оставалась нормальной, в 10 случаях количество выявленных очагов значительно уступало количеству очагов, обнаруженных при ОФЭКТ/КТ. Таким образом, полное выявление метастатических очагов при ОСГ

отмечено в 14 (56 %) случаях. В 10 случаях (40 %) ОСГ оказалась в диагностическом плане недостаточным методом и в одном случае (4 %) – неинформативным методом.

У 23 больных совпали между собой данные ОФЭКТ и КТ (оценены раздельно). В двух случаях зафиксировано расхождение: в одном случае при КТ были выявлены дополнительные мелкие (5 мм и менее) метастазы в поясничном отделе позвоночника при нормальной картине ОФЭКТ. В другом случае при КТ отмечено только подозрение на поражение костной ткани при лимфоме, заключавшееся в картине неоднородности костной структуры при однозначной картине очагового поражения на ОСГ и ОФЭКТ в виде выраженной гипераккумуляции РФП – метастатическое поражение

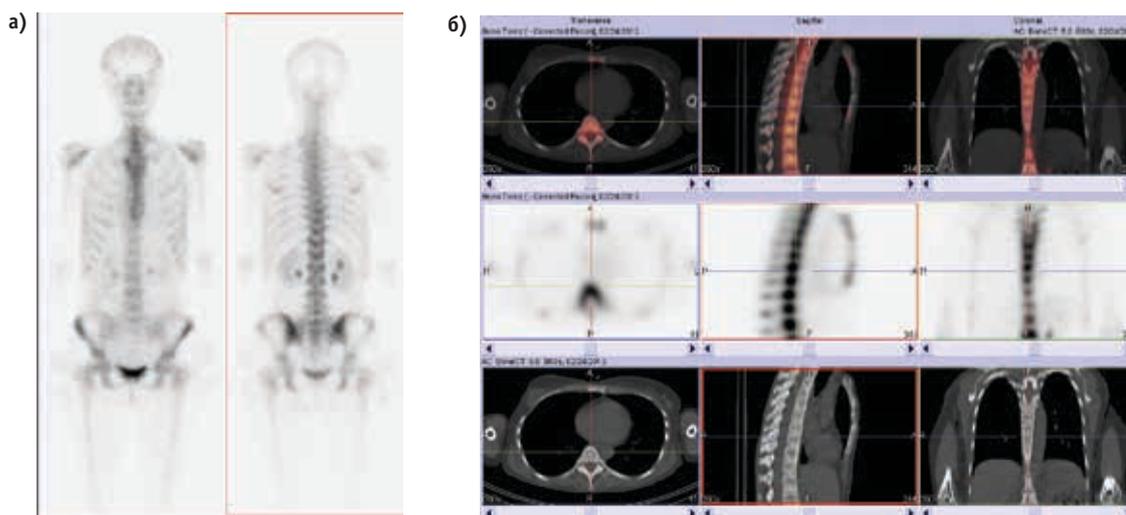


Рис. 1. Исследование костной системы больной с диагнозом: рак молочной железы, состояние после комбинированного лечения по поводу первичной опухоли, метастазы в костях. На планарных остеосцинтиграммах (а) определяется неравномерное накопление РФП в позвоночнике, плечевых и тазобедренных суставах. Убедительных признаков наличия очагов, характерных для неопластического поражения, не выявлено. На реконструированных и совмещенных срезах ОФЭКТ/КТ (б) отмечается мелкоочаговое, сливное поражение практически всех позвонков на уровне исследования (Т₂–L₁), грудины, сопровождающееся гипераккумуляцией РФП на ОФЭКТ-срезах, характерной для «суперскана» (диффузное неравномерное уплотнение костной структуры позвонков зоны исследования, сопровождающееся гипераккумуляцией РФП на ОФЭКТ-срезах)

было подтверждено при дальнейшем динамическом наблюдении.

Таким образом показано, что только комбинированное исследование ОФЭКТ/КТ обеспечивает полное выявление метастазов в костях (рис. 1).

Во вторую группу вошли 42 пациента, у которых количество метастазов не превышало 20. Всего было выявлено 220 метастатических очагов в скелете.

Как видно из табл. 3, при ОСГ у 38 пациентов выявлены очаги, характерные для опухолевого поражения. У 4 ОСГ оказалась неинформативной: на сцинтиграммах очаги патологической аккумуляции РФП отсутствовали. Сцинтиграфическая картина либо оставалась нормальной, либо определялось неравномерное распределение РФП, скорее характерное для проявлений дистрофических изменений. Причиной дообследования с помощью ОФЭКТ/КТ стали болевой синдром (2 пациента) и повышение уровня ПСА на фоне отсутствия местного прогрессирования (2 пациента).

Локализации не выявленных при ОСГ очагов:

- 1) метастазы рака молочной железы в грудине (солитарный метастаз, выявленный при ОФЭКТ/КТ);
- 2) в поясничном отделе позвоночника и подвздошных костях (3 очага выявлены на ОФЭКТ 5 очагов на КТ срезах – метастазы в фазе репарации);
- 3) метастазы рака предстательной железы в поясничном отделе (2 метастаза, выявленные при ОФЭКТ/КТ);
- 4) в лонной кости (выявлен на ОФЭКТ/КТ).

Только у 31 % пациентов при ОСГ был выявлен полный объем метастатического поражения скелета. У 25 больных (59,5 %) была выявлена только часть метастатических очагов. В 9,5 % случаев ОСГ оказалась неинформативной.

Ложноположительные результаты ОСГ: у 9 пациентов (21,4 %) выявлены дополнительные очаги, си-

мулировавшие опухолевое поражение, но они были обусловлены проявлениями дистрофических изменений. Подобная картина без уточнённого исследования приводила к неверной оценке объёма поражения, что могло повлечь неадекватную оценку динамики в процессе лечения.

При ОФЭКТ у всех 42 пациентов были выявлены очаги, характерные для метастатического поражения костей. У 8 пациентов картина поражения была неполной: ряд очагов (в подавляющем большинстве мелких (до 0,5 см), литических) не был детектирован. Все очаги были выявлены только у 34 пациентов.

Ложноположительные результаты ОФЭКТ: в небольшом проценте случаев (11,9 %) были выявлены очаги, не исключавшие метастатическое поражение, но количество таких случаев было практически вдвое меньше, чем при ОСГ.

При КТ также у всех больных были выявлены метастазы в костях. Однако КТ при отдельной оценке также не показала 100 %-го результата. У 4 больных деструктивные изменения отсутствовали в некоторых костях, где отмечалась выраженная гипераккумуляция РФП. Поражение костей в данных локализациях было подтверждено на КТ при динамическом наблюдении в виде репарации в ранее негативных очагах.

Таким образом, совокупность данных гибридной визуализации ОФЭКТ/КТ позволила избежать диагностических ошибок, которые неизбежно возникли бы при отдельной интерпретации данных радионуклидного исследования и рентгеновской компьютерной томографии при поиске метастазов в костях (рис. 2).

Всё это свидетельствует о значительно более высокой диагностической эффективности комбинированной ОФЭКТ/КТ-томографии в выявлении мета-

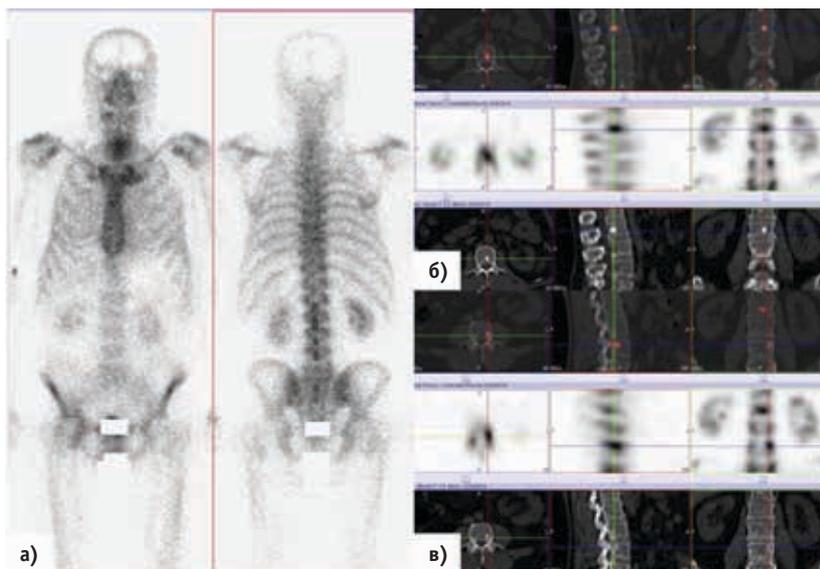


Рис. 2. Исследование костной системы больного раком предстательной железы. На планарных остеосцинтиграммах (а) признаков очагового поражения скелета не выявлено. Сцинтиграфическая картина соответствует дистрофическим изменениям в позвоночнике и суставах. На реконструированных и совмещенных срезах ОФЭКТ/КТ поясничного отдела позвоночника (б,в) определяются очаги гипераккумуляции РФП в телах 2-го (б) и 4-го (в) поясничных позвонков. На КТ-изображениях данные участки представлены очагами уплотнения костной структуры до 1,2 см в диаметре

статического поражения костной системы, а также его активности.

Несмотря на использование в клинической практике таких методов, как МРТ и КТ, а также ещё более точных гибридных методов ПЭТ/КТ или ПЭТ/МРТ, что позволило улучшить раннюю выявляемость метастазов в костях, и их частично большую доступность в связи с включением в систему ОМС, тем не менее, более простая, но менее информативная ОСГ продолжает оставаться ведущим скрининговым методом выявления метастазов в костях [13]. Однако система ОМС существует не везде, и имеется ограничение доступа к этим высокотехнологичным и дорогостоящим методам диагностики, обусловленное их стоимостью, а также лучевой нагрузкой при диагностической КТ [14]. При МРТ также имеются ограничения, связанные с установленными в организме кардиостимуляторами, металлоконструкциями и др. Учитывая сравнительно скромные возможности ОСГ, исследования, направленные на разработку новых и оптимизацию существующих методов диагностики, являются актуальными.

Таким методом, безусловно, может стать гибридная визуализация – ОФЭКТ/КТ [8, 9, 12, 15], позволяющая при экономии времени и невысокой лучевой нагрузке (ещё более сниженной при низкодозной КТ) обеспечить высококачественное обследование больных с подозрением на метастатическое поражение скелета.

Хотя визуальный анализ томографической картины является субъективным процессом, в при ОФЭКТ/КТ всегда просматривалась радионуклидная картина для скрининговой оценки аномалий накопления РФП с формированием общего представления о характере распределения РФП (равномерный, неравномерный, очаговый, диффузный). Проанализированные ранее данные планарной остеосцинтиграфии служат приблизительным ориентиром для поиска патологических очагов. После этого оценивается рентгенологическая картина с учётом выявленных зон повышенной (пониженной) аккумуляции РФП. Совмещённая картина (fusion) наиболее интересна в тех случаях, когда имеется визуальное несоответствие между очагами патологического накопления РФП и структурными изменениями на рентгеновских компьютерных томограммах.

Таким образом, особенности интерпретации комбинированного исследования диктуют необходимость, так или иначе, просматривать изображения всех модальностей.

Следует отметить, что интерпретация радионуклидной картины в срезовом отображении (ОФЭКТ) имеет свои особенности. Так, отображение накопления РФП в сравнении норма/патология выглядит более контрастным, чем на планарных сцинтиграммах, особенно в цветовой шкале. Аналогичным образом существенно контрастируется отображение накопления РФП и в различных неизменённых отделах скелета, соответственно массе костной ткани (например, отношение позвоночник/рёбра).

Помимо гипераккумуляции РФП собственно в очагах деструкции вследствие метастатического поражения, практически у всех взрослых, особенно старше 50 лет, определяются участки повышенного накопления РФП, обусловленные другими процессами, связанными с изменением тканевого костного метаболизма: посттравматическими, дистрофическими изменениями, дисплазиями и др. [16].

При диагностике метастазов комбинированная картина ОФЭКТ/КТ показала высокую диагностическую эффективность. Взаимное дополнение функциональной и структурной картин позволяет избежать многих гипер- и гиподиагностических ошибок. Исследование показало, что по-прежнему проблемой для ОФЭКТ/КТ является выявление мелких (до 0,5 см) литических метастазов, которые не всегда сопровождаются повышением накопления РФП. В то же время, и КТ может опаздывать с выявлением отдельных очагов, в которых имеется поражение на уровне костного мозга [17]. Совокупность же двух методов с совмещением изображений приводит к минимизации ошибок и более полной оценке распространённости метастатического процесса. Кроме того, ОФЭКТ/КТ позволяет, благодаря рентгенологической составляющей, проводить дифференциальную диагностику патологических процессов, что является основным ограничением планарной остеосцинтиграфии.

Выводы

В нашей работе применение метода ОФЭКТ/КТ позволило:

- повысить эффективность радионуклидной диагностики;
- улучшить точность диагностики метастазов в костях скелета;
- значительно ускорить диагностический процесс, сократив общее время обследования больных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chakraborty D., Bhattacharya A., Mete U.K., Mittal B.R. Comparison of ^{18}F fluoride PET/CT and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP bone scan in the detection of skeletal metastases in urinary bladder carcinoma // *Clin. Nucl. Med.* 2013. Vol. 38. № 8. P. 616–621. Doi:10.1097/RLU.0b013e31828da5cc.
2. Qiu Z.L., Xue Y.L., Song H.J., Luo Q.Y. Comparison of the diagnostic and prognostic values of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP-planar bone scintigraphy, ^{131}I -SPECT/CT and ^{18}F -FDG-PET/CT for the detection of bone metastases from differentiated thyroid cancer // *Nucl. Med. Commun.* 2012. Vol. 33. № 12. P. 1232–1242. Doi: 10.1097/MNM.0b013e328358d9c0.
3. Shen G., Deng H., Hu S., Jia Z. Comparison of choline-PET/CT, MRI, SPECT, and bone scintigraphy in the diagnosis of bone metastases in patients with prostate cancer: a meta-analysis // *Skeletal Radiol.* 2014. Vol. 43. № 11. P. 1503–1513. Doi: 10.1007/s00256-014-1903-9.
4. Shen C.T., Qiu Z.L., Han T.T., Luo Q.Y. Performance of ^{18}F -fluoride PET or PET/CT for the detection of bone metastases: a meta-analysis // *Clin. Nucl. Med.* 2015. Vol. 40. № 2. P. 103–110. Doi: 10.1097/RLU.0000000000000592.

5. Buck A.K., Nekolla S., Ziegler S. et al. SPECT/CT // *J. Nucl. Med.* 2008. Vol. 49. № 8. P. 1305–1319. Doi: 10.2967/jnumed.107.050195.
6. Рыжков А.Д., Иванов С.М., Ширияев С.В. и соавт. ОФЭКТ/КТ в контроле лучевого лечения костных метастазов остеосаркомы // *Вопросы онкологии.* 2016. Т. 62. № 5. С. 654–659.
7. Haraldsen A., Bluhme H., Röhl L. et al. Single photon emission computed tomography (SPECT) and SPECT/low-dose computerized tomography did not increase sensitivity or specificity compared to planar bone scintigraphy for detection of bone metastases in advanced breast cancer // *Clin. Physiol. Funct. Imaging.* 2016. Vol. 36. № 1. P. 40–46. Doi: 10.1111/cpf.12191.
8. Palmedo H., Marx C., Ebert A. et al. Whole-body SPECT/CT for bone scintigraphy: diagnostic value and effect on patient management in oncological patients // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* 2014. Vol. 41. № 1. P. 59–67. Doi: 10.1007/s00259-013-2532-6.
9. Ahmadzadehfar H., Marx C., Ebert A. et al. Diagnostic accuracy of SPECT/CT in comparison to whole body scintigraphy and SPECT in patients with suspected osseous metastases: Results of a two center study // *J. Nucl. Med.* 2012. Vol. 53. Suppl. 1. P. 336.
10. Savelli G., Maffioli L., Maccauro M. et al. Bone scintigraphy and the added value of SPECT (single photon emission tomography) in detecting skeletal lesions // *Q. J. Nucl. Med.* 2001. Vol. 45. № 1. P. 27–37.
11. 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, [¹⁸F]-fluoride PET/CT and [¹⁸F]-fluoride PET/MRI // *J. Nucl. Med.* 2013. Vol. 54. № 2. P. 93–92.
12. 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.
13. Cuccurullo V., Cascini G.L., Tamburrini O. et al. Bone metastases radiopharmaceuticals: an overview // *Curr. Radiopharm.* 2013. № 6. P. 41–47.
14. Ginde A.A., Foianini A., Renner D.M. et al. Availability and quality of computed tomography and magnetic resonance imaging equipment in U.S. emergency departments // *Acad. Emerg. Med.* 2008. Vol. 15. № 8. P. 780–783. Doi: 10.1111/j.1553-2712.2008.00192.x.
15. Górska-Chrzastek M., Kovacevicz-Kuśmierk K., Chrzastek J. et al. Reliability of different radioisotopic techniques in diagnosing solitary hot spots in the spine of patients with malignant neoplasm // *Pol. Arch. Med. Wewn.* 2013. Vol. 123. № 7–8. P. 386–393.
16. Рыжков А.Д., Ширияев С.В., Оджарова А.А. и соавт. Остеосцинтиграфия метастазов в кости с фосфатными соединениями, мечеными ^{99m}Tc // *Мед. радиол. и радиац. безопасность.* 2007. Т. 52. № 4. С. 62–68.
17. O'Sullivan G.J., Carty F.L., Cronin C.G. Imaging of bone metastasis: An update // *World. J. Radiol.* 2015. Vol. 28. Suppl. 7. № 8. P. 202–211. Doi: 10.4329/wjr.v7.i8.202.

DOI 10.12737/article_59f2fc0812bc46.45377149

The Advantage of a Combined SPECT/CT in the Diagnosis of Bone Metastases**A.D. Ryzhkov, A.S. Krylov, S.V. Shiryaev, Ya.A. Shchipakhina, N.V. Kochergina**

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;

S.V. Shiryaev – Head of Lab., Dr. Sc. Med., prof., President of the OSMI, member of the European Association of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, member of the American College of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, member of the Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging;

Ya.A. Shchipakhina – Research worker, PhD Med.;

N.V. Kochergina – Leading Researcher, Dr. Sc. Med., Prof.

Abstract**Purpose:** To define the diagnostic capabilities of SPECT/CT in comparison with whole body scintigraphy (WBS) in patients with bone metastases.**Material and methods:** It was included 67 patients with bone metastases of breast cancer, prostate cancer and other tumors. The evaluation was included WBS and SPECT/CT.**Results:** All patients were divided into 2 groups: with single and multiple metastases. SPECT/CT showed higher efficiency in detecting bone metastases than WBS. The full detection of bone metastases with WBS ranged from 31 to 56 % compared to SPECT/CT for groups respectively. In some cases (for groups respectively 4 to 9.5 % depending on the number of metastases and their localization) of WBS was not informative, recorded the absence of lesions.**Conclusion:** SPECT/CT can improve the diagnosis of bone metastasis.**Key words:** bone metastases, SPECT/CT, bone scan**REFERENCES**

- Chakraborty D., Bhattacharya A., Mete U.K., Mittal B.R. Comparison of ^{18}F fluoride PET/CT and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP bone scan in the detection of skeletal metastases in urinary bladder carcinoma // *Clin. Nucl. Med.* 2013. Vol. 38. № 8. P. 616–621. Doi:10.1097/RLU.0b013e31828da5cc.
- Qiu Z.L., Xue Y.L., Song H.J., Luo Q.Y. Comparison of the diagnostic and prognostic values of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP-planar bone scintigraphy, ^{131}I -SPECT/CT and ^{18}F -FDG-PET/CT for the detection of bone metastases from differentiated thyroid cancer // *Nucl. Med. Commun.* 2012. Vol. 33. № 12. P. 1232–1242. Doi: 10.1097/MNM.0b013e328358d9c0.
- Shen G., Deng H., Hu S., Jia Z. Comparison of choline-PET/CT, MRI, SPECT, and bone scintigraphy in the diagnosis of bone metastases in patients with prostate cancer: a meta-analysis // *Skeletal Radiol.* 2014. Vol. 43. № 11. P. 1503–1513. Doi: 10.1007/s00256-014-1903-9.
- Shen C.T., Qiu Z.L., Han T.T., Luo Q.Y. Performance of ^{18}F -fluoride PET or PET/CT for the detection of bone metastases: a meta-analysis // *Clin. Nucl. Med.* 2015. Vol. 40. № 2. P. 103–110. Doi: 10.1097/RLU.0000000000000592.
- Buck A.K., Nekolla S., Ziegler S. et al. SPECT/CT // *J. Nucl. Med.* 2008. Vol. 49. № 8. P. 1305–1319. Doi: 10.2967/jnumed.107.050195.
- Ryzhkov A.D., Ivanov S.M., Shiryaev S.V. et al. SPECT/CT radiation in treatment of bone metastases of osteosarcoma // *Problems in oncology.* 2016. Vol. 62. № 5. P. 654–659.
- Haraldsen A., Bluhme H., Röhl L. et al. Single photon emission computed tomography (SPECT) and SPECT/low-dose computerized tomography did not increase sensitivity or specificity compared to planar bone scintigraphy for detection of bone metastases in advanced breast cancer // *Clin. Physiol. Funct. Imaging.* 2016. Vol. 36. № 1. P. 40–46. Doi: 10.1111/cpf.12191.
- Palmedo H., Marx C., Ebert A. et al. Whole-body SPECT/CT for bone scintigraphy: diagnostic value and effect on patient management in oncological patients // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* 2014. Vol. 41. № 1. P. 59–67. Doi: 10.1007/s00259-013-2532-6.
- Ahmadzadehfar H., Marx C., Ebert A. et al. Diagnostic accuracy of SPECT/CT in comparison to whole body scintigraphy and SPECT in patients with suspected osseous metastases: Results of a two center study // *J. Nucl. Med.* 2012. Vol. 53. Suppl. 1. P. 336.
- Savelli G., Maffioli L., Maccauro M. et al. Bone scintigraphy and the added value of SPECT (single photon emission tomography) in detecting skeletal lesions // *Q. J. Nucl. Med.* 2001. Vol. 45. № 1. P. 27–37.
- Löfgren J., Mortensen J., Loft A. et al. Diagnosing bone metastases. Pilot data from a prospective study comparing [$^{99\text{m}}\text{Tc}$]-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. № 2. P. 93–92.
- Krzhevitsky P.I., Kanaev S.V., Novikov S.N. et al. SPECT-CT in the diagnosis of metastatic skeletal lesion // *Problems in oncology.* 2014. Vol. 60, № 1. P. 56–63.
- Cuccurullo V., Cascini G.L., Tamburrini O. et al. Bone metastases radiopharmaceuticals: an overview // *Curr. Radiopharm.* 2013. № 6. P. 41–47.
- Ginde A.A., Foianini A., Renner D.M. et al. Availability and quality of computed tomography and magnetic resonance imaging equipment in U.S. emergency departments // *Acad. Emerg. Med.* 2008. Vol. 15. № 8. P. 780–783. Doi: 10.1111/j.1553-2712.2008.00192.x.
- Górska-Chrzastek M., Kovacevicz-Kuśmierk K., Chrzastek J. et al. Reliability of different radioisotopic techniques in diagnosing solitary hot spots in the spine of patients with malignant neoplasm // *Pol. Arch. Med. Wewn.* 2013. Vol. 123. № 7–8. P. 386–393.
- Ryzhkov A.D., Shiryaev S.V., Odzharova A.A., Aplevich N.N., Krylov A.S., Goncharov M.O. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -labelled Phosphonate Metastases Bone Scintigraphy // *Med. Radiol. and Radiation Safety.* 2007. Vol. 52, № 4. P. 62–68.
- O'Sullivan G.J., Carty F.L., Cronin C.G. Imaging of bone metastasis: An update // *World. J. Radiol.* 2015. Vol. 28. Suppl. 7. № 8. P. 202–211. Doi: 10.4329/wjr.v7.i8.202