

С.Н. Прохоров<sup>1</sup>, Н.В. Кочергина<sup>1,2</sup>, А.Д. Рыжков<sup>1,2</sup>, А.С. Крылов<sup>1</sup>, А.Б. Блудов<sup>1</sup>

## СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСТЕОСЦИНТИГРАФИИ, РЕНТГЕНОГРАФИИ, ОФЭКТ/КТ И МРТ В ДИАГНОСТИКЕ МЕТАСТАЗОВ СОЛИДНЫХ ОПУХОЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ В КОСТЯХ

<sup>1</sup>Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России, Москва

<sup>2</sup>Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва

Контактное лицо: Сергей Николаевич Прохоров, e-mail: s89158456042@gmail.com

### РЕФЕРАТ

**Цель:** Сравнение диагностической эффективности по совокупности статистических показателей ОСГ (остеосцинтиграфия), рентгенографии, сочетания ОСГ и рентгенографии, ОФЭКТ/КТ и МРТ с сочетаниями различных импульсных последовательностей при метастатическом поражении костей скелета.

**Материал и методы:** В исследование вошли 24 пациента с метастатическим поражением костей. Применялись вышеуказанные методы исследования.

**Результаты:** Чувствительность рентгенографии, ОСГ, рентгенографии в сочетании с ОСГ, ОФЭКТ/КТ, МРТ в режимах T<sub>1</sub>+ДВИ, T<sub>1</sub>+STIR+ДВИ, T<sub>1</sub>+T<sub>2</sub>+STIR+ДВИ, T<sub>1</sub>+T<sub>2</sub>+STIR составили 10, 30, 24, 31, 99, 99, 99, 95 % соответственно, специфичность – 37, 12, 59, 74, 87, 87, 87, 71 % соответственно. По результатам попарного сравнения истинно-положительных результатов в группах по критерию Вилкоксона: рентгенография < ОСГ = рентгенография + ОСГ = ОФЭКТ/КТ < МРТ +ДВИ > МРТ.

**Заключение:** Показано, что выбор метода диагностики при подозрении на метастатическое поражение костей должен обуславливаться клиническим контекстом. МРТ позволяет обнаружить метастазы в костях на более ранних этапах их развития, а применение других методов диагностики, вошедших в исследование, должно сопровождаться пониманием ограничений, которые накладываются при их применении.

**Ключевые слова:** метастазы в кости, ОФЭКТ/КТ, остеосцинтиграфия, рентгенография, МРТ, сравнительные исследования

**Для цитирования:** Прохоров С.Н., Кочергина Н.В., Рыжков А.Д., Крылов А.С., Блудов А.Б. Сравнение эффективности остеосцинтиграфии, рентгенографии, ОФЭКТ/КТ и МРТ в диагностике метастазов солидных опухолей различной природы в костях // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т. 67. № 6. С. 74–78. DOI:10.33266/1024-6177-2022-67-6-74-78

S.N. Prokhorov<sup>1</sup>, N.V. Kochergina<sup>1,2</sup>, A.D. Ryzhkov<sup>1,2</sup>, A.S. Krylov<sup>1</sup>, A.B. Bludov<sup>1</sup>

## Comparison of Bone Scan, X-Ray, SPECT/CT and MRI in the Diagnosis of Bone Metastases in Solid Tumors

<sup>1</sup> N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

Contact person: Sergei Nikolaevich Prokhorov, e-mail: s89158456042@gmail.com

### ABSTRACT

**Purpose:** Comparison of the diagnostic performance of osteoscintigraphy (OSG), X-Ray, the presence of OSG and X-ray, SPECT/CT and a combination of MRI sequences in metastatic lesions of the bones of the skeleton.

**Material and methods:** The study included 24 patients with bone metastases. The above research methods were used.

**Results:** The sensitivity of X-ray, Bone scan, X-ray combined with bone scan, SPECT/CT, T<sub>1</sub>+DWI, T<sub>1</sub>+STIR+DWI, T<sub>1</sub>+T<sub>2</sub>+STIR+DWI, T<sub>1</sub>+T<sub>2</sub>+STIR was 10, 30, 24, 31, 99, 99, 99, 95 % respectively, specificity – 37, 12, 59, 74, 87, 87, 87, 71 % respectively. According to the results of pairwise comparison of true-positive results in groups according to the Wilcoxon test: X-ray < OSG = X-ray + OSG = SPECT / CT < MRI + DWI > MRI.

**Conclusion:** It follows from the results that the choice of diagnostic method for suspected bone metastases should be determined by the clinical context. MRI will help detect bone metastases at earlier stages of development, and the use of other diagnostic methods included in the study should be accompanied by an understanding of the limitations that are imposed in their use.

**Keywords:** bone metastases, SPECT/CT, Skeletal scintigraphy, X-ray, MRI, comparison study

**For citation:** Prokhorov SN, Kochergina NV, Ryzhkov AD, Krylov AS, Bludov AB. Comparison of Bone Scan, X-Ray, SPECT/CT and MRI in the Diagnosis of Bone Metastases in Solid Tumors. Medical Radiology and Radiation Safety. 2022;67(6):74–78. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2022-67-6-74-78

## Введение

Кости являются третьим по частоте местом метастазирования опухолей широкого спектра, включая рак легкого, молочной железы, простаты, толстой кишки, щитовидной железы и яичников. До 70 % пациентов с метастазами в костях приходится на рак молочной железы и рак предстательной железы. По данным исследования Rohini K. Hernandez и et al., включавшего 569 тыс. пациентов из США старше 18 лет, метастазы в костях чаще всего встречались при опухолях молочной железы – до 36 %, легких – до 16 %, толстой кишки 12 % [1].

Основными методами диагностики метастатического поражения костей, доступными в зависимости от оснащённости лечебного учреждения, являются классическая рентгенография, рентгеновская компьютерная томография (РКТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), остеосцинтиграфия (ОСГ), реже однофотонная эмиссионная компьютерная томография, совмещенная с рентгеновской компьютерной томографией (ОФЭКТ/КТ), позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с рентгеновской компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с магнитно-резонансной томографией (ПЭТ/МРТ).

Группа исследователей из Японии во главе с Katsuyuki Nakanishi в 2007 г. провели сравнение ОСГ и различных комбинаций импульсных последовательностей МРТ [2]. В исследование вошли 30 пациентов, страдающих раком молочной железы, раком предстательной железы, раком щитовидной железы, лейомиосаркомой, липосаркомой и ангиосаркомой. Было показано, что МРТ с ДВИ (диффузионно-взвешенное изображение) превосходит по точности диагностики МРТ без ДВИ и ОСГ, а именно: положительная прогностическая ценность (ППЦ) для сочетаний последовательностей  $T_1+STIR$  (short tau inversion recovery) составила – 0,95, для  $T_1+STIR+ДВИ$  – 0,98, а для ОСГ – 0,94.

Flavian Tabotta и соавт. в 2019 г. провели оценку эффективности ОФЭКТ/КТ при диагностике метастазов рака простаты в костях ( $n = 39$ ) [3]. Чувствительность (Ч) и специфичность (С) составили 87 и 92 % соответственно.

В исследовании Olivier Rager et al. проведено сравнение эффективности ОФЭКТ/КТ и ПЭТ/КТ в диагностике костных метастазов рака молочной железы ( $n = 25$ ) [4]. Чувствительность и специфичность для ОФЭКТ/КТ составили 92 и 100 % соответственно, а для ПЭТ/КТ – 83 и 100 % соответственно.

Далее рассмотрим результаты двух мета-анализов, проведенных в 2011 и в 2017 гг. [5, 6]. Предметом первого исследования стало сравнение эффективности ПЭТ с  $^{18}F$ -ФДГ, МРТ, КТ и ОСГ в диагностике метастазов в костях. В анализ вошли 67 статей, объединяющих 145 исследований и опубликованных с января 1995 по январь 2010 гг. Чувствительность для ПЭТ, КТ, МРТ и ОСГ составили 86,9, 77,1, 90,4 и 75,1 % соответственно. ПЭТ = МРТ > ОСГ > КТ («>» означает отсутствие значимой разницы, то есть  $p > 0,05$ ; «<>» – значимо большее значение, то есть  $p < 0,05$ ). Специфичность составила 97,0, 83,2, 96,0 и 93,6 % соответственно, ПЭТ > МРТ > ОСГ > КТ. ПЭТ и МРТ оказались сопоставимыми и значительно более точными, чем КТ и ОСГ для диагностики метастазов в костях. Во второй мета-анализ вошли 23 статьи, объединяющие 33 исследования, опубликованные с января 1995 по декабрь 2015 гг. К сравнению был добавлен метод исследования ОФЭКТ и оценивалась эффективность диагностики метастазов в позвонках. Иерархия чувствительности и специфичности соответственно: ПЭТ = ОФЭКТ = МРТ > ОСГ > КТ; МРТ = КТ > ПЭТ =

ОФЭКТ = ОСГ. Было установлено, что для диагностики метастазов в позвонках МРТ является лучшим методом.

В отечественной литературе также не раз поднимался данный вопрос. Так, в исследовании Н.И. Сергеева от 2011 г. [7] участвовали 67 пациентов, и были получены следующие результаты: чувствительность рентгенографии составила 67,16 %, ОСГ – 91,04 %, КТ – 98,5 %, МРТ – 99,99 %. В диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук того же автора от 2017 г. [8] было проведено сравнение диагностической эффективности ОСГ, МРТ и КТ. В исследовании вошли 255 пациентов. Чувствительность ОСГ составила 92,3 %, КТ – 84,4 %, МРТ – 88,4 %; специфичность ОСГ составила 68,8 %, КТ – 88,2 %, МРТ – 90,1 %.

Е.А. Глушков и соавт. в 2015 г. сравнили диагностическую эффективность ОФЭКТ/КТ, ОФЭКТ, ОСГ, КТ и стандартной рентгенографии при раке молочной ( $n = 72$ ) и предстательной желез ( $n = 17$ ). Чувствительность составила 100, 91, 88, 79, 41 % соответственно, а специфичность – 98, 94, 76, 92, 65 % соответственно [9].

В рамках исследования эффективности лекарственного лечения метастазов в костях у больных раком молочной железы Петрова А.Д. в результатах работы показала сопоставимую чувствительность МРТ и ОФЭКТ/КТ – 100 % ( $n = 18$ ) [10].

Как видно из представленных данных, показатели эффективности методов разнятся от исследования к исследованию. Вносить коррективы в полученные результаты могут различные обстоятельства, однако стоит выделить наиболее весомые из них. На этапе прогрессирования метастатического процесса<sup>1</sup> МРТ покажет большую эффективность ввиду возможности визуализации метастазов на этапе инфильтрации костного мозга, однако, если проводить сравнение на более поздних этапах развития заболевания, метастазы могут быть выявлены и при помощи других методов. Так, в ранее упомянутом исследовании Петровой А.Д. [10] показатели чувствительности МРТ и ОФЭКТ/КТ оказались идентичными, тогда как в нашем клиническом наблюдении МРТ позволила обнаружить большее количество метастатических очагов [11]. При сканировании костей литические метастазы могут не сопровождаться повышением накопления радиофармпрепарата (РФП), также крайне редко могут встречаться множественные пластические метастазы, не сопровождающиеся повышением накопления РФП, при раке молочной железы [12]. Как следствие, объективность показателей диагностической ценности в различных сравнениях будет ограничиваться наиболее эффективным методом. Так, из представленных выше работ видно, что в отсутствие МРТ либо ПЭТ/КТ, как наиболее эффективных на данный момент среди неинвазивных методов, картина будет создавать ложнопозитивное впечатление, примером служит исследование Е.А. Глушкова [9]. Магнитно-резонансная томография позволяет получать изображения в различных импульсных последовательностях, набор которых нередко выбирается произвольно. Влияние данного фактора наглядно отражено в исследовании Nakanishi et al. [2], где включение ДВИ в протокол исследования повышало ППЦ (положительная прогностическая ценность).

<sup>1</sup> Обращаем внимание на то, что данная формулировка в рамках представленной статьи используется несколько шире привычного понимания и включает в себя как состояние до лечения, так и состояние, когда какое-либо лечение было применено, но оказалось неэффективным. Причиной тому служит асинхронное развитие отдельных метастазов, которые проходят одни и те же этапы развития и имеют идентичные семиотические проявления.

Технический прогресс в создании МРТ-сканеров позволил существенно улучшить диагностическую ценность «быстрых» протоколов сбора данных по типу *haste* и *vibe*, которые ранее использовались лишь для предварительной топографической ориентации либо для решения узких задач, например, в оценке накопления контрастного вещества опухолью. Внедрение подобных протоколов в практику позволит значительно сократить продолжительность исследования, что потенциально можно использовать как для сокращения общего времени сбора данных, так и для включения дополнительных зон в область сканирования, однако до настоящего времени этот вопрос остается открытым.

В реальной клинической практике не всегда приходится выбирать наилучший метод ввиду ограниченной оснащенности лечебных учреждений. Подобные исследования проводятся не только для определения наиболее информативного метода, но и для получения понимания того, на что можно рассчитывать при использовании менее эффективных методов, нередко более распространенных. Так, представляют интерес возможности сочетания классической рентгенографии и остеосцинтиграфии.

Целью настоящей работы является сравнение диагностической эффективности по совокупности статистических показателей ОСГ (osteosцинтиграфия), рентгенографии, сочетания ОСГ и рентгенографии, ОФЭКТ/КТ и сочетаний различных импульсных последовательностей МРТ при метастатическом поражении костей скелета с учетом вышеописанных особенностей.

#### Материал и методы

В исследование вошли 24 пациента с солидными опухолями различной природы с метастазами в костях либо с подозрением на их наличие. Среди морфологических форм первичных опухолей преобладали рак молочной (8), предстательной желез (5) и толстой кишки (3), однако также встречались рак легкого (1), тела матки (1), желудка (1), щитовидной железы (2), поджелудочной железы (1), подчелюстной слюнной железы (1) и в одном случае были выявлены костные метастазы из невыявленного первичного очага. Пациенты, вошедшие в исследование, либо не получали лечения вплоть до момента обследования (16), либо находились в состоянии прогрессирования метастатического процесса (8). При анализе полученных данных группы были объединены по описанной в предыдущей главе причине<sup>1</sup>. Группа исследования сформирована на основании результатов ОСГ, при наличии подозрений на метастатическое поражение костей скелета всем пациентам дополнительно выполнялись ОФЭКТ/КТ, классическая рентгенография и МРТ в течение двух недель с момента проведения ОСГ. Трем пациентам ввиду отказов без объяснения причин не удалось выполнить рентгенографию, остальные требования были выполнены. В качестве «золотого стандарта» были приняты результаты, полученные с помощью МРТ, как наиболее эффективного из методов, принятых для сравнения.

Планарная рентгенография проводилась на аппарате Siemens YSIO. Исследование ключиц, ребер, лопаток, грудного и поясничного отделов позвоночника выполнялось в двух проекциях, костей таза в одной прямой проекции. Проксимальные отделы верхних и нижних конечностей входили в зону исследования. Эффективная доза облучения – 0,958 мЗв.

МРТ проводилось на аппарате Siemens Magnetom Avanto 1,5 Т. Используемые последовательности МРТ:  $T_1$  *vibe*,  $T_2$  *haste*, STIR, ДВИ с последующим построе-

нием карт ИКД (измеряемый коэффициент диффузии). Исследование выполнялось без задержки дыхания. Зона обследования от нижней части шеи до нижнего края таза. Параметры последовательностей:  $T_1$  *vibe* – TR 7, TE 5, 3 мм аксиальные срезы;  $T_2$  *haste* – TR 2070, TE 75, 5 мм аксиальные срезы;  $T_2$  *haste* – TR 1500, TE 86, 7,8 мм корональные срезы; STIR – TR 2070, TE 75, 5 мм аксиальные срезы; ДВИ – TR 7950, TE 61, b фактор 50 и 800, 5 мм аксиальные срезы. Исследование повторялось спустя 3 мес для подтверждения метастатической природы выявленных изменений.

Сцинтиграфическое обследование пациентов проводилось в два этапа на гибридной гамма-камере Discovery 670 DR (GE). Активность вводимого радиофармпрепарата (РФП) – 740 МБк. Эффективная доза облучения – 4,2 мЗв. Первый этап был представлен планарной сцинтиграфией всего тела спустя три часа после внутривенного введения остеотропного РФП  $^{99m}\text{Tc}$ -фосфотех. Сканирование проводилось в положении лежа на спине с применением коллиматора низких энергий фотонного излучения с высоким разрешением (LEHR). Регистрация импульсов проводилась в энергетическом окне 140 кэВ. Продолжительность исследования составила 17 мин при скорости перемещения стола 15 см/мин.

Вторым этапом на той же гамма-камере проводили ОФЭКТ/КТ на уровне туловища, после чего получали эмиссионные радионуклидные и трансмиссионные рентгеновские компьютерные томограммы. Конфигурация 16-срезовой КТ-системы: толщина среза при коллимации 10 мм 0,625–10 мм; шаг спирали 0,625 – 10 мм; размер фокусного пятна: малое фокусное пятно 0,7 мм(ш) × 0,6 мм (Д)/7° (IEC60336:2005), большое фокусное пятно 0,9 мм(ш) × 0,9 мм (Д)/7° (IEC60336:2005). Эффективная доза облучения от КТ – 13,3 мЗв.

После получения результатов были произведены подсчет очагов, соответствующих метастазам, расчет показателей чувствительности, специфичности, ППЦ, ОПЦ (отрицательная прогностическая ценность), оценка нормальности распределения показателей в каждой из групп, выбор соответствующего статистического критерия для попарного сравнения между связанными группами. Для сравнения были выделены следующие группы: общее количество выявленных очагов, количество истинно положительных, истинно отрицательных, ложноположительных и ложноотрицательных очагов при использовании рентгенографии, остеосцинтиграфии, сочетания рентгенографии и остеосцинтиграфии, ОФЭКТ/КТ, МРТ  $T_1$ +ДВИ,  $T_1$ +STIR+ДВИ,  $T_1$ + $T_2$ +STIR+ДВИ,  $T_1$ + $T_2$ +STIR.

#### Результаты и обсуждение

Распределение количества выявленных истинно положительных очагов в группах представлено на рис. 1. У части пациентов по результатам всех методов исследования не было подтверждено наличие метастазов и, соответственно, данные наблюдения на получили отражения на сводной диаграмме.

Показатели чувствительности, специфичности, ППЦ и ОПЦ представлены в табл. 1.

Как видно из полученных результатов, классическая рентгенография показала наименьшие показатели в диагностике костных метастазов на этапе прогрессирования процесса. Причинами тому служат наложение соседних, невовлеченных костных структур и физические ограничения метода. Сочетание рентгенографии с остеосцинтиграфией несколько снизило чувствительность, ввиду ошибочного исключения метастатического поражения,

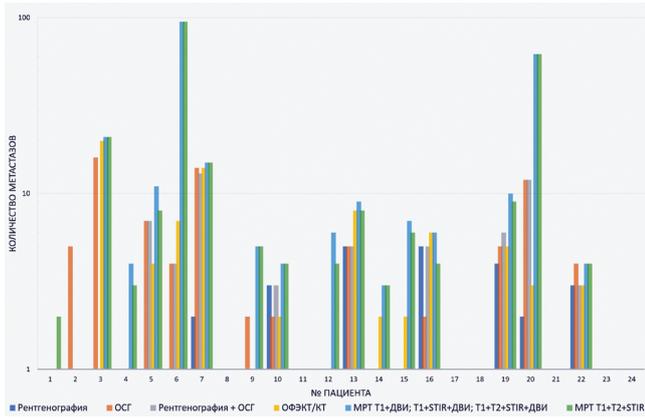


Рис. 1. Распределение истинно положительных результатов по методам исследования

Fig. 1. Distribution of true positive results by methods

однако повысило специфичность за счет исключения ложноположительных результатов, обусловленных очагами повышенного накопления РФП в проекции дистрофических либо травматических изменений.

Применение ОФЭКТ/КТ позволило повысить чувствительность и специфичность при сравнении с вышеописанными методами и их сочетанием за счет более точной локализации очагов повышенного накопления РФП на реконструированных томосцинтиграммах и более широких возможностей в дифференциальной диагностике на основании компьютерных томограмм, исключая недостатки рентгенографии.

Известно, МРТ в целом более чувствительный и специфичный метод диагностики, что особенно подчеркивается в исследуемой выборке больных. Данные отличия обуславливаются, в первую очередь, возможностью визуализировать изменения, происходящие в костном мозге на ранних стадиях развития метастатического процесса. Группы результатов последовательности МРТ с применением ДВИ имели идентичные показатели, которые оказались несколько выше, чем в группе классического набора последовательностей (T<sub>1</sub> + T<sub>2</sub> + STIR). Это объясняется более широкими дифференциально-диагностическими возможностями изображений ДВИ в сочетании с картами ИКД.

Далее было предпринято попарное сравнение истинно положительных результатов в группах. Поскольку распределение показателей во всех исследуемых группах не прошло проверку на нормальность и количество наблюдений не превышало 25, был выбран критерий Вилкоксона. Показатели, полученные при использовании рентгенографии, значительно отличались от всех остальных групп ( $p < 0,05$ ). Результаты, полученные с помощью ОСГ, не имели значимых отличий при сравнении с группой, где применялась рентгенография в сочетании с ОСГ ( $p > 0,05$ ) и ОФЭКТ/КТ ( $p > 0,05$ ), при сравнении с остальными группами (МРТ) отмечались отличия ( $p < 0,05$ ). Ожидаемо, в рамках рассматриваемого критерия, отсутствовали отличия и в группах сочетания рентгено-

графии и ОСГ и ОФЭКТ/КТ ( $p > 0,05$ ). При сравнении групп результатов, полученных с помощью МРТ, применение ДВИ давало значимое преимущество ( $p < 0,05$ ).

Рассмотрим один из клинических случаев, вошедших в исследование.

Пациентка 49 лет с диагнозом рак молочной железы, в 2019 г. была проведена радикальная мастэктомия, 4 курса химиотерапии. В октябре 2021 г. пациентка обратилась в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина для проведения планового обследования, в том числе остеосцинтиграфии, после чего было принято решение о применении уточняющих методов исследования (рис. 2).



Рис. 2. А, Б. – Сцинтиграфия с остеотропным РФП <sup>99m</sup>Tc-фосфотех в передней и задней проекции. Отмечаются очаги повышенного накопления в проекции рукоятки грудины, позвонка L3, неравномерное распределение индикатора в проекции стернального конца правой ключицы, передних отрезков 1 и 2 ребер справа, грудном отделе позвоночника и костях таза (круг и стрелки). В, Г. – КТ-составляющая ОФЭКТ/КТ-исследования и совмещенная томосцинтиграмма ОФЭКТ/КТ в сагиттальной проекции. Обнаружены очаги деструкции костной ткани разной выраженности в рукоятке грудины (круг), остистом отростке позвонка L3 (круг) и правой боковой массе крестца, в других костях скелета признаков метастатического поражения не обнаружено. Д. – ДВИ (МРТ) в сагиттальной проекции. В позвонках всех отделов позвоночника (стрелки) гипointенсивные очаги на T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, ИКД, гиперинтенсивные на ДВИ, STIR – соответствуют метастазам, аналогичные изменения были обнаружены в рукоятке грудины, ребрах, лопатках костях таза и проксимальных отделах бедренных костей

Fig. 2. А, Б. – Bone scan with osteotropic radiopharmaceutical <sup>99m</sup>Tc-MDP anterior and posterior projection. There are foci of increased accumulation in the projection of the manubrium of the sternum, L3 vertebra, uneven distribution of the indicator in the projection of the sternal end of the right clavicle, anterior segments of the 1st and 2nd ribs on the right, the thoracic spine and pelvic bones (circle and arrows). В, Г. – CT component of the SPECT/CT examination and SPECT/CT fusion sagittal. Foci of bone tissue destruction of varying severity were found in the manubrium of the sternum (circle), the spinous process of the L3 vertebra (circle), and the right lateral mass of the sacrum; no signs of metastatic lesions were found in other bones of the skeleton. Д. – DWI (MRI) in the sagittal projection. In the vertebrae of all parts of the spine (arrows), hypointense foci on T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, ADC, hyperintense on DWI, STIR correspond to metastases, similar changes were found in the sternum handle, ribs, shoulder blades, pelvic bones and proximal femurs

Распределение истинно положительных результатов в представленном случае: рентгенография – 2, ОСГ – 12, ОСГ+рентгенография – 12, ОФЭКТ/КТ – 3, МРТ T<sub>1</sub>+ДВИ, T<sub>1</sub>+STIR+ДВИ, T<sub>1</sub>+T<sub>2</sub>+STIR+ДВИ – 62, МРТ T<sub>1</sub>+T<sub>2</sub>+STIR – 62.

Таблица 1

Распределение статистических показателей  
Distribution of statistical indicators

Рентгенография %		ОСГ %		Рентгенография + ОСГ %		ОФЭКТ/КТ %		МРТ T1+ДВИ; T1+STIR+ДВИ; T1+T2+STIR+ДВИ %		МРТ T1+T2+STIR %	
ч	10	ч	30	ч	24	ч	31	ч	99	ч	95
с	37	с	12	с	59	с	74	с	87	с	71
ппц	68	ппц	69	ппц	81	ппц	88	ппц	99	ппц	97
поц	3	поц	3	поц	10	поц	15	поц	91	поц	60

Сочетание ОСГ и рентгенографии обосновано, если нет возможности прибегнуть к более эффективным методам исследования. Применение данных методов также возможно и по отдельности, однако следует принимать во внимание возможное появление ложноположительных и ложноотрицательных результатов. ОФЭКТ/КТ, безусловно, расширяет возможности оценки костной системы относительно метастатического поражения [13]. Протокол МРТ при использовании ДВИ может быть ограничен сочетанием последней с последовательностью T<sub>1</sub>, что будет давать более эффективные результаты при сравнении с классическим набором последовательностей. Также следует порекомендовать применение МРТ в целом, когда при использовании ОСГ, рентгенографии и ОФЭКТ/КТ не было обнаружено метастатических изменений, либо когда выявленные изменения остались сомнительными.

Важно понимать, что целью данной работы было показать эффективность методов в равных условиях на этапе прогрессирования метастатического процесса и помочь создать ясное понимание лечащего врача относительно полноты картины при прочтении того или иного заключения. Неверным будет утверждение, что менее эффективным методам нет места в клинической практи-

ке. На самом деле, во многом выбор диагностического метода для оценки динамики процесса будет зависеть от клинической ситуации. И потому следует с осторожностью подходить к трактовке полученных результатов, полученных при статистическом анализе критериев различий между применяемыми методами. Действительно, не столь важно – 10 или 11 метастазов обнаружено при интерпретации полученных данных, однако иначе стоит вопрос, когда речь идет – 0 или 1.

### Заключение

Обобщая, следует порекомендовать внедрение МРТ в качестве метода скрининга костных метастазов. В отсутствие такой возможности следует придерживаться общепринятого алгоритма диагностики в виде ОСГ, дополненной при необходимости наиболее эффективным из доступных методов исследования.

Раннее начало лечения может позволить избежать в последствии развития осложнений в виде патологических переломов, болевого синдрома, побочных действий остеомодифицирующей терапии на фоне метастатического поражения костей либо увеличить временной интервал для применения различных методов лечения до развития осложнений.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Hernandez R.K., Wade S.W., Reich A., Pirolli M., Liede A., Lyman G.H. Incidence of Bone Metastases in Patients with Solid Tumors: Analysis of Oncology Electronic Medical Records in the United States // *BMC Cancer*. 2018. V.18, No.1. P. 44.
- Nakanishi K., Kobayashi M., Nakaguchi K., Kyakuno M., Hashimoto N., Onishi H., Maeda N., Nakata S., Kuwabara M., Murakami T., Nakamura H. Whole-Body MRI for Detecting Metastatic Bone Tumor: Diagnostic Value of Diffusion-Weighted Images // *Magn. Reson. Med. Sci.* 2007. V.6, No. 3. P. 147-155.
- Tabotta F., Jreige M., Schaefer N., Becce F., Prior J.O., Nicod Lalonde M. Quantitative Bone SPECT/CT: High Specificity for Identification of Prostate Cancer Bone Metastases // *BMC Musculoskelet Disord*. 2019. V.20, No. 1. P. 619.
- Rager O., Lee-Felker S.A., Tabouret-Viaud C., Felker E.R., Poncet A., Amzalag G., Garibotto V., Zaidi H., Walter M.A. Accuracy of Whole-Body HDP SPECT/CT, FDG PET/CT, and Their Combination for Detecting Bone Metastases in Breast Cancer: an Intra-Personal Comparison // *Am. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2018. V.8, No. 3. P. 159-168.
- Yang H.L., Liu T., Wang X.M., Xu Y., Deng S.M. Diagnosis of Bone Metastases: a Meta-Analysis Comparing <sup>18</sup>FDG PET, CT, MRI and Bone Scintigraphy // *Eur. Radiol.* 2011. V.21, No. 12. P. 2604-2617.
- Liu T., Wang S., Liu H., Meng B., Zhou F., He F., Shi X., Yang H. Detection of Vertebral Metastases: a Meta-Analysis Comparing MRI, CT, PET, BS and BS with SPECT // *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* 2017. V.143, No. 3. P. 457-465.
- Сергеев Н.И. Лучевые методы в диагностике метастатического поражения костной системы // *Медицинская визуализация*. 2011. № 4. С. 46.
- Сергеев Н.И. Роль и место современных методов визуализации в диагностике и оценке результатов консервативного лечения больных с метастатическим поражением скелета: Автореф. Дис. ... докт. мед. наук. 2017.
- Глушков Е.А. и др. Эффективность ОФЭКТ/КТ в обнаружении костных метастазов при раке молочной железы и простаты // *Сибирский онкологический журнал*. 2015. № 6. С. 19-25.
- Петрова А.Д. Оценка эффективности лекарственного лечения метастазов в костях у больных раком молочной железы: Автореф. Дис. ... докт. мед. наук. 2014.
- Кочергина Н.В., Прохоров С.Н., Блудов А.Б., Рыжков А.Д., Федорова А.В., Спирина О.Г. Эффективность МРТ в уточнении наличия метастазов в кости при спорном результате ОФЭКТ/КТ // *Лучевая диагностика и терапия*. 2020. Т.3, № 3. С. 93-100.
- Munk P.L., Poon P.Y., O'Connell J.X., Janzen D., Coupland D., Kwong J.S., Gellmon K., Worsley D. Osteoblastic Metastases from Breast Carcinoma with False-Negative Bone Scan // *Skeletal Radiol.* 1997. V.26, No. 7. P. 434-437.
- Рыжков А.Д., Крылов А.С., Щипахина Я.А., Кочергина Н.В., Комановская Д.А., Билик М.Е. Диагностика скелетных метастазов методом ОФЭКТ/КТ // *Лучевая диагностика и терапия*. 2018. Т.1, № 3. С. 21-26.

### REFERENCES

- Hernandez R.K., Wade S.W., Reich A., Pirolli M., Liede A., Lyman G.H. Incidence of Bone Metastases in Patients with Solid Tumors: Analysis of Oncology Electronic Medical Records in the United States. *BMC Cancer*. 2018;18:1:44.
- Nakanishi K., Kobayashi M., Nakaguchi K., Kyakuno M., Hashimoto N., Onishi H., Maeda N., Nakata S., Kuwabara M., Murakami T., Nakamura H. Whole-Body MRI for Detecting Metastatic Bone Tumor: Diagnostic Value of Diffusion-Weighted Images. *Magn. Reson. Med. Sci.* 2007;6;3:147-155.
- Tabotta F., Jreige M., Schaefer N., Becce F., Prior J.O., Nicod Lalonde M. Quantitative Bone SPECT/CT: High Specificity for Identification of Prostate Cancer Bone Metastases. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20:1:619.
- Rager O., Lee-Felker S.A., Tabouret-Viaud C., Felker E.R., Poncet A., Amzalag G., Garibotto V., Zaidi H., Walter M.A. Accuracy of Whole-Body HDP SPECT/CT, FDG PET/CT, and Their Combination for Detecting Bone Metastases in Breast Cancer: an Intra-Personal Comparison. *Am. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2018;8;3:159-168.
- Yang H.L., Liu T., Wang X.M., Xu Y., Deng S.M. Diagnosis of Bone Metastases: a Meta-Analysis Comparing <sup>18</sup>FDG PET, CT, MRI and Bone Scintigraphy. *Eur. Radiol.* 2011;21:12:2604-2617.
- Liu T., Wang S., Liu H., Meng B., Zhou F., He F., Shi X., Yang H. Detection of Vertebral Metastases: a Meta-Analysis Comparing MRI, CT, PET, BS and BS with SPECT. *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* 2017;143;3:457-465.
- Sergeyev N.I. Radiation Methods in the Diagnosis of Metastatic Lesions of the Skeletal System. *Meditsinskaya Vizualizatsiya = Medical Visualization*. 2011;4:46 (In Russ.).
- Sergeyev N.I. *Rol i Mesto Sovremennykh Metodov Vizualizatsii v Diagnostike i Otsenke Rezultatov Konservativnogo Lecheniya Bolnykh s Metastaticheskimi Porazheniyami Skeleta = The Role and Place of Modern Imaging Methods in the Diagnosis and Evaluation of the Results of Conservative Treatment of Patients with Metastatic Skeletal Lesions*. Extended Abstract of Doctor's thesis in Medicine. 2017 (In Russ.).
- Glushkov E.A., et al. Efficiency of SPECT/CT in Detecting Bone Metastases in Breast and Prostate Cancer. *Sibirskiy Onkologicheskii Zhurnal = Siberian Journal of Oncology*. 2015;6:19-25 (In Russ.).
- Petrova A.D. *Otsenka Effektivnosti Lekarnstvennogo Lecheniya Metastazov v Kostyakh u Bolnykh Rakom Molochnoy Zhelezy = Evaluation of the Effectiveness of the Treatment of Bone Metastases in Patients with Breast Cancer*. Extended Abstract of Doctor's thesis in Medicine. 2014 (In Russ.).
- Kochergina N.V., Prokhorov S.N., Bludov A.B., Ryzhkov A.D., Fedorova A.V., Spirina O.G. The Effectiveness of MRI in Determining the Presence of Bone Metastases in a Controversial Result of SPECT/CT. *Luchevaya Diagnostika i Terapiya = Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2020;3;3:93-100 (In Russ.).
- Munk P.L., Poon P.Y., O'Connell J.X., Janzen D., Coupland D., Kwong J.S., Gellmon K., Worsley D. Osteoblastic Metastases from Breast Carcinoma with False-Negative Bone Scan. *Skeletal Radiol.* 1997;26:7:434-437.
- Ryzhkov A.D., Krylov A.S., Shchepakina Ya.A., Kochergina N.V., Komantovskaya D.A., Bilik M.Ye. Diagnostics of Skeletal Metastases with Using SPECT/CT. *Luchevaya Diagnostika i Terapiya = Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2018;1;3:21-26 (In Russ.).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Участие авторов.** Статья подготовлена с равным участием авторов.

**Поступила:** 20.07.2022. Принята к публикации: 25.09.2022.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Financing.** The study had no sponsorship.

**Contribution.** Article was prepared with equal participation of the authors.

**Article received:** 20.07.2022. Accepted for publication: 25.09.2022.