Для цитирования: Ларюков А.В., Хасанов Р.Ш., Афанасьева З.А., Ларюкова Е.К. Анализ информативности магнитно-резонансной компьютерной томографии и позитронно-эмиссионной компьютерной томографии с ^{18}F -ФДГ в диагностике метастатического поражения позвоночника и костей таза у больных немелкоклеточным раком легкого. Сибирский онкологический журнал. 2021; 20(5): 100–107. – doi: 10.21294/1814-4861-2021-20-5-100-107

For citation: Laryukov A.V., Hasanov R.Sh., Afanasyeva Z.A., Laryukova E.K. Analysis of the diagnostic value of magnetic resonance computer tomography and positron emission computer tomography with ^{18}F -FDG in identification of spinal and pelvic bone metastases. Siberian Journal of Oncology. 2021; 20(5): 100–107. – doi: 10.21294/1814-4861-2021-20-5-100-107

АНАЛИЗ ИНФОРМАТИВНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ И ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ С ^{18}F -ФДГ В ДИАГНОСТИКЕ МЕТАСТАТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА И КОСТЕЙ ТАЗА У БОЛЬНЫХ НЕМЕЛКОКЛЕТОЧНЫМ РАКОМ ЛЕГКОГО

А.В. Ларюков^{1,2,3}, Р.Ш. Хасанов¹, З.А. Афанасьева^{1,2}, Е.К. Ларюкова^{1,2}

«Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России», Россия, г. Казань¹

Россия, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 36. E-mail: larioukov@mail.ru¹

«Республиканский клинический онкологический диспансер», Россия, г. Казань²

Россия, 420029, г. Казань, ул. Сибирский тракт, 29²

«Казанский государственный медицинский университет», Россия, г. Казань³

Россия, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 49³

Аннотация

Введение. Результаты лечения немелкоклеточного рака легкого (НРЛ) в значительной степени зависят от стадии заболевания и адекватно выбранной тактики лечения. Не вызывает сомнения ведущая роль современных методов визуализации в постановке диагноза, стадировании заболевания и выборе тактики лечения. **Цель исследования** – сравнение диагностических возможностей магнитно-резонансной томографии (МРТ) и позитронно-эмиссионной компьютерной томографии, совмещенной с рентгеновской компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), для выбора оптимальных подходов к ранней диагностике метастатического поражения позвоночника и костей таза. **Материал и методы.** Проанализированы результаты комплексного обследования 71 больного НРЛ. Из них у 24 больных при использовании комплекса лучевых и ядерных методов диагностики и динамического наблюдения выявлено метастатическое поражение позвоночника и костей таза. Превалировало множественное поражение костей. Всего было выявлено 69 очагов метастатического поражения. Для сравнения возможностей методов всем больным проводилось ПЭТ/КТ с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой (^{18}F -ФДГ) и МРТ позвоночника и костей таза с диффузионно-взвешенными изображениями (ДВИ). Статистическая обработка данных включала расчет чувствительности, специфичности и диагностической точности использованных методов. **Заключение.** На основании сравнительного анализа возможностей современных высокотехнологичных методов исследования (ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ и МРТ позвоночника и костей таза с ДВИ) в раннем выявлении костных метастазов НРЛ наибольшую диагностическую значимость показала ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ. Однако с учетом высокой чувствительности и специфичности МРТ с ДВИ в выявлении поражения костей и существующих ограничений в доступности ПЭТ/КТ больным НРЛ в подобной ситуации показано проведение МРТ с ДВИ с целью исключения метастатического поражения скелета.

Ключевые слова: немелкоклеточный рак легкого, метастазы в кости, позитронно-эмиссионная компьютерная томография, магнитно-резонансная компьютерная томография.

ANALYSIS OF THE DIAGNOSTIC VALUE OF MAGNETIC RESONANCE COMPUTER TOMOGRAPHY AND POSITRON EMISSION COMPUTER TOMOGRAPHY WITH ^{18}F -FDG IN IDENTIFICATION OF SPINAL AND PELVIC BONE METASTASES

A.V. Laryukov^{1,2,3}, R.Sh. Hasanov¹, Z.A. Afanasyeva^{1,2}, E.K. Laryukova^{1,2}

Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Federal State Budgetary Institution of Russian Medical Academy for Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russian Federation, Kazan, Russia¹

36, Butlerova Street, Kazan, 420012, Russia. E-mail: laryukov@mail.ru¹

Republic Clinical Oncology Dispensary of the Ministry of Health of Tatarstan Republic, Kazan, Russia²

29, Siberian tract Street, 420029, Kazan, Russia²

Kazan State Medical University, Kazan, Russia³

49, Butlerova Street, 420012, Kazan, Russia³

Abstract

Background. The treatment outcomes for non-small cell lung cancer (NSCLC) depend on the tumor stage and treatment strategy. The imaging techniques play a significant role in the diagnosis, staging and choice of appropriate treatment for NSCLC. **Purpose of the study:** comparison of the diagnostic capabilities of magnetic resonance imaging (MR) and positron emission computed tomography to select the optimal approaches to early detection of spinal and pelvic bone metastases. **Material and Methods.** The treatment outcomes were analyzed in 71 patients with NSCLC. Spinal and pelvic bone metastases were detected in 24 patients using magnetic resonance imaging (MRI) and positron emission computed tomography (PET/CT). Multiple bone lesions were the most common. A total of 69 metastatic lesions were identified. To compare the capabilities of diagnostic techniques, all patients underwent PET/CT with ^{18}F -FDG, and MRI of the spine and pelvic bones using diffused-weighted images (DWI). Statistical data processing included the calculation of the sensitivity, specificity and diagnostic accuracy of the above techniques. **Conclusion.** The comparative analysis of the capabilities of modern high-tech diagnostic techniques (PET/CT with ^{18}F -FDG and MRI of the spine and pelvic bones with DWI) in early detection of bone metastases in patients with NSCLC, PET/CT with ^{18}F -FDG showed the greatest diagnostic value. However, taking into account the high sensitivity and specificity of MRI with DWI in detection of bone metastases and limited availability of PET/CT for patients, MRI with DWI is recommended to exclude bone metastases.

Key words: non-small cell lung cancer, bone metastases, positron emission computed tomography, magnetic resonance computed tomography.

Введение

Результаты лечения немелкоклеточного рака легкого (НРЛ) в значительной степени зависят от стадии заболевания и адекватно выбранной тактики лечения. Однако у значительной части пациентов к моменту выявления первичной опухоли имеются отдаленные метастазы [1, 2]. Не вызывает сомнения ведущая роль современных методов визуализации в диагностике, стадировании заболевания и выборе тактики лечения [3].

На основании проведенных нами исследований можно утверждать, что метастатическое поражение скелета при немелкоклеточном раке легкого занимает второе место по частоте после метастатического поражения легких [4], клинические симптомы метастатического поражения скелета появляются поздно (немые очаги) и могут быть выявлены лишь при использовании современных методов визуализации [7]. Эти особенности

течения костных метастазов НРЛ и проведенные нами исследования позволили сделать вывод о целесообразности превентивного использования современных методов визуализации для их раннего выявления [4].

Представляет интерес сравнение результатов магнитно-резонансной томографии (МРТ) позвоночника и костей таза и изменений в скелете, выявленных при позитронно-эмиссионной компьютерной томографии, совмещенной с рентгеновской компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) у больных НРЛ с метастатическим поражением скелета [5, 6]. Такие сравнения целесообразны в связи с тем, что более 70 % всех костных метастазов приходится на поражение позвоночника и костей таза [7, 8].

Магнитно-резонансная томография позволяет обнаружить костные метастазы уже на этапе межабдоминальной опухолевой инфильтрации костного

мозга, при которой не наблюдается разрушения костного вещества и которая не визуализируется при рентгеновской компьютерной томографии (РКТ) [9]. Чувствительность метода МРТ в выявлении костных метастазов достигает 96 %, однако вероятность ложноположительных результатов при травматических повреждениях, воспалительных изменениях, доброкачественных опухолях и опухолеподобных заболеваниях снижает специфичность метода ниже 70 % [10]. Имеются указания на то, что изменения сигнальных характеристик свидетельствуют лишь о наличии патологических изменений структуры и не дают исчерпывающих данных об их характере, и, несмотря на использование значительного количества импульсных последовательностей и современных модальностей при МРТ исследовании, включая диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ), у трети больных с поражениями скелета не удается сформулировать окончательный диагноз [11].

Необходимо подчеркнуть, что правильная интерпретация данных МРТ не всегда возможна без рентгенологического исследования (РКТ), более точно выявляющего злокачественную природу поражения скелета. Вероятно, этим обусловлен тот факт, что исследователи в качестве референтного метода, подтверждающего наличие структурных изменений в скелете, используют рентгеновскую компьютерную томографию [12].

В настоящее время арсенал методов медицинской визуализации, использующийся для диагностики костных метастазов, включает методы ядерной диагностики (ПЭТ/КТ). В то же время наличие широкого арсенала методов лучевой и ядерной диагностики метастатического поражения скелета (РКТ, ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ, МРТ) ставит задачу выбора оптимальных, диагностически значимых и в том числе доступных методик исследования.

Цель исследования – сравнение диагностических возможностей магнитно-резонансной томографии и позитронно-эмиссионной компьютерной томографии для выбора оптимальных подходов к ранней диагностике метастатического поражения позвоночника и костей таза.

Материал и методы

Проанализированы результаты обследования 71 больного немелкоклеточным раком легкого, которым, помимо общепринятых методов диагностики, проводилось целенаправленное исследование скелета на предмет выявления метастатического поражения вне зависимости от наличия жалоб и клинических показаний. С целью сравнения возможностей методов всем больным проводилось ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ и МРТ позвоночника и костей таза с ДВИ.

ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ проводилась на совмещенных диагностических ПЭТ/КТ томографах Discovery

600/Discovery 690 (GE, USA). Исследование выполняли по стандартному клиническому протоколу, регистрацию данных начинали через 60 мин после введения радиофармпрепарата (^{18}F -ФДГ) и через 120–180 мин (отсроченное сканирование). Для КТ исследования использовался протокол ПЭТ/КТ сканирования, согласно которому область сбора ПЭТ данных устанавливали по топограмме КТ. Выполнялись совмещение и реконструкция полученных изображений.

Оценку ПЭТ данных проводили визуальным и полуколичественным методами. Для полуколичественного анализа рассчитывали стандартизованное накопление РФП (standardised uptake value, SUV) для каждой исследуемой области. При подсчете SUV учитывали величину введенной активности РФП, время введения (для коррекции поправки на радиоактивный распад), массу тела и рост пациента. Определяли максимальное, минимальное и среднее значение SUV, а также разницу SUV в исследуемой области в различные интервалы времени исследования (SUV1, SUV2).

Для метастатического (злокачественного) поражения характерны высокие значения SUV1 ($>2,5$) в очаге гиперметаболизма ФДГ и увеличение значения SUV2 по сравнению с SUV1 при отсроченном сканировании. Очаговые изменения с SUV1 менее 2,5 и снижением SUV2 при отсроченном сканировании ($\text{SUV2} < \text{SUV1}$) оценивали как доброкачественные.

Процедура совмещенного исследования занимала от 30 до 40 мин. Магнитно-резонансная томография позвоночника и костей таза проводилась на высокопольном МР-томографе «Signa Excite 1,5T» (GE, США) с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл. Изображение каждого отдела позвоночника получали в аксиальной и коронарной плоскостях с толщиной среза 5 мм, межсрезовой промежуток 1 мм, используя следующие импульсные последовательности: SE для получения T1ВИ; STIR для получения T2ВИ с подавлением сигнала от жира и диффузионно-взвешенные изображения (DWI) со значением b-фактора=0, 500, 1000.

Статистическая обработка данных включала в себя расчет чувствительности, специфичности и диагностической точности МРТ с ДВИ в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей таза.

Результаты и обсуждение

Для реализации цели исследования проведен сравнительный анализ результатов ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ и МРТ позвоночника и костей таза у больных немелкоклеточным раком легкого. Для анализа и сравнения диагностических возможностей оценивались изменения в различных отделах скелета (шейный отдел позвоночника, грудной отдел позвоночника, поясничный отдел и кости таза). Всего было оценено 284 отдела скелета у 71 больного раком легкого.

В литературе присутствуют разнообразные указания на референтоспособность различных методов лучевой диагностики и избирательный подход к их использованию. Так, при оценке прогностической ценности МРТ в выявлении костных метастазов нередко в качестве референтного метода используются РКТ либо дополнительные методы МРТ (FS, STIR). Мы проводили сравнение возможностей комбинированных диагностических методов (МРТ с ДВИ и ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ) в выявлении костных метастазов.

Метастатическое поражение позвоночника и костей таза было выявлено у 24 больных, всего – 69 очагов. Превалировало множественное поражение костей. Метастатические очаги носили преимущественно литический ($n=67$) и реже смешанный характер ($n=2$). Преобладали множественные вторичные изменения ($n=22$), у 2 больных изменения в костях были одиночными. Очаговые изменения в шейном отделе позвоночника наблюдались у 2 больных, поражение грудного отдела позвоночника – у 13, поясничного отдела позвоночника – у 19, крестца и костей таза – у 16 пациентов. Помимо поражения позвоночника и костей таза, при ПЭТ/КТ выявлено поражение ребер и грудины у 15 больных, поражение лопатки и ключицы – у 8, проксимальных отделов плечевых костей – у 2, поражение проксимальных отделов бедренных костей – у 3 пациентов.

Очаги вторичного поражения скелета литического характера при МРТ имели сниженную интенсивность МР-сигнала в T1ВИ, T2ВИ и STIR. При смешанном характере поражения отмечалась неоднородность сигнала от метастатических очагов. Сигнальные изменения при МРТ сопоставлялись с данными диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) для оценки ограничения диффузии в очагах. При ПЭТ/КТ очаги вторичного поражения скелета характеризовались повышенным захватом радиофармпрепарата с SUV_{max} более 2,5 и наличием

соответствующих структурных изменений при совмещенном РКТ.

Клиническое наблюдение 1

Больной М., 58 лет, аденокарцинома верхней доли правого легкого, cT2N2Mx. Предъявляет жалобы на боли умеренной интенсивности в грудном отделе позвоночника. При ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ выявлены очаги патологической фиксации ФДГ в теле С6, телах и дужковой части грудных позвонков и теле L3 ($\text{SUV}_{\text{max}}=6,2$), соответственно очагам гиперфиксации при РКТ определяются нечетко очерченные очаги деструкции костной ткани (рис. 1). Заключение: метастатическое поражение позвоночника. При МРТ позвоночника определяются очаги измененного МР-сигнала в теле С6, телах и дужках грудных позвонков и в теле L3 (T1ВИ, T2ВИ, STIR). При ДВИ визуализируются очаги ограничения диффузии соответственно описанным изменениям (рис. 2). Таким образом, по данным комплексного исследования выявлено метастатическое поражение позвоночника, что послужило основанием для уточнения диагноза – периферический рак (аденокарцинома) верхней доли правого легкого, T2N2M1.

Клиническое наблюдение 2

Больной Ж., 66 лет. Плоскоклеточный рак нижней доли правого легкого, cT2N1Mx. Жалоб на боли в костях не предъявляет. При ПЭТ/КТ в костях таза определяются очаги гиперфиксации радиофармпрепарата ($\text{SUV}_{\text{max}}=5,6$) соответственно очагам деструкции костной ткани небольших размеров. Кортикальный слой сохранен (рис. 3). При МРТ костей таза в левой подвздошной кости определяются очаги измененного МР-сигнала с ограничением диффузии при ДВИ (рис. 4).

Изменения, выявленные при МРТ и свидетельствующие о метастатическом поражении позвоночника и костей таза, были сопоставлены с

Рис. 1. ПЭТ/КТ. Определяются очаги патологической фиксации ФДГ в теле С6, телах и дужковой части грудных позвонков и теле L3 ($\text{SUV}_{\text{max}}=6,2$)

Fig. 1. PET/CT scan demonstrates increased uptake of FDG at the C6 vertebral body, bodies and arch of the thoracic vertebrae and at the L3 level, ($\text{SUV}_{\text{max}}=6.2$). CT reveals the foci of bone destruction

Рис. 2. МРТ. В теле C6, теле и дужковой части Th7 определяются очаги измененного МР-сигнала
Fig. 2. MRI (T2VI and STIR) demonstrates foci of the altered MR signal in the C6 body and body and the arch of the Th7

Рис. 3. При ПЭТ/КТ с ФДГ в левой подвздошной кости определяются очаги гиперфиксации ФДГ (SUVmax=5,6) соответственно
очагам деструкции костной ткани размером 7 и 8 мм

Fig. 3. PET/CT with FDG in the left ilium determines foci of FDG hyperfixation (SUVmax=5,6), respectively, foci of bone destruction measuring 7 mm and 8 mm

Рис. 4. При МРТ костей таза в левой подвздошной кости определяются очаги измененного МР-сигнала
с ограничением диффузии при ДВИ

Fig. 4. MRI of the pelvic bones in the left ilium determines the foci of the altered MR signal with limited diffusion in DWI

Рис. 5. ПЭТ/КТ. Определяются очаги патологической фиксации ФДГ (SUVmax=4,2) соответственно мелким очагам деструкции в S1 (3 мм), в теле правой подвздошной кости (3 мм)
Fig. 5. PET/CT with FDG. The foci of pathological fixation of FDG (SUVmax=4.2) are determined, respectively, to small foci of destruction in S1 (3 mm), in the body of the right iliac bone (3 mm)

результатами ПЭТ/КТ. Сигнальные изменения при МРТ позволили выявить 70 очагов поражения: 1 очаг измененного сигнала обнаружен в шейном отделе позвоночника, 21 очаг – в грудном отделе, 26 очагов – в поясничном отделе, 22 очага – в крестце и костях таза.

При сопоставлении результатов МРТ позвоночника и костей таза с данными ПЭТ/КТ в 3 случаях результаты МРТ расценены как ложноотрицательные, в 4 наблюдениях – как ложноположительные. Ложноотрицательные результаты были обусловлены расположением очагов поражения в участках скелета с компактной костной тканью и их небольшими размерами. Очаги размером 3–5 мм, не визуализируемые при МРТ, располагались в поперечном отростке С5, задних отделах крестца, в своде вертлужной впадины.

У 4 больных наряду с множественными истинными очагами метастатического поражения

скелета выявлялись очаги измененного сигнала, расположенные вблизи замыкательных пластинок в передних отделах тел позвонков, при этом высота тел была незначительно снижена. Дальнейший анализ этих изменений при динамическом наблюдении позволил расценить их как участки отека костного мозга в результате травматизации. Эти результаты были расценены как ложноположительные.

Клиническое наблюдение 3

Больной X., 69 лет. Аденокарцинома верхней доли левого легкого, cT2N1M0. ПЭТ/КТ с ФДГ: Определяются очаги патологической фиксации ФДГ (SUVmax=4,2) соответственно мелким очагам деструкции в S1 (3 мм), в крыле правой подвздошной кости (3 мм) (рис. 5). МРТ позвоночника и костей таза не выявила сигнальных изменений в скелете. В данном наблюдении мелкие метастатические очаги, выявленные при ПЭТ/КТ, не обнаружены при МРТ позвоночника и костей таза.

По данным ПЭТ/КТ в 1 (1,3 %) случае был получен ложноотрицательный результат, обусловленный выявленным впоследствии единичным склеротическим очагом в лонной кости размером 5 мм. При динамическом ПЭТ/КТ исследовании обратил на себя внимание участок склероза с невысоким уровнем захвата РФП, который при первичном анализе не был расценен как очаг вторичного поражения (SUV=2,2). При контроле через 3 мес отмечено незначительное увеличение размеров очага в лонной кости, повышение значений SUV до 4,4, а изменения костной структуры носили смешанный характер с наличием как склеротического, так и литического компонента. Ложноположительных результатов ПЭТ/КТ в данной группе обследованных пациентов выявлено не было.

Анализ результатов ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей таза у больных НРЛ, совпадающих с данными морфологической верификации, динамического наблюдения и в единичных случаях аутопсии, позволяет нам говорить о высокой диагностической значимости метода и использовать его в качестве «золотого стандарта». Сравнение

Таблица/Table

Диагностическая значимость МРТ в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей таза у больных немелкоклеточным раком легкого

Diagnostic value of MRI in detecting metastatic lesions of the spine and pelvic bones in patients with non-small cell lung cancer

Метод/ Technique	Ложно-положительные/ False-positive	Ложно-отрицательные/ False-negative	Истинно-положительные/ True-positive	Истинно-отрицательные/ True-negative	Чувствительность/ Sensitivity	Специфичность/ Specificity	Точность/ Accuracy
МРТ с ДВИ/ MRI with DWI	4	3	66	211	94,3 %	97,6 %	97,5 %

результатов, полученных при МРТ с ДВИ, с «золотым стандартом» позволило оценить диагностическую значимость метода. Чувствительность МРТ с ДВИ в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей таза составила 94,3 %, специфичность – 97,6 %, диагностическая точность – 97,5 % (таблица).

Заключение

На основании сравнительного анализа возможностей современных высокотехнологичных методов (ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ и МРТ позвоночника

и костей таза с ДВИ) в раннем выявлении костных метастазов НРЛ мы можем рекомендовать проведение ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ всем больным НРЛ с целью ранней диагностики костных метастазов, уточнения стадии заболевания и выбора адекватной тактики лечения. Однако с учетом высокой чувствительности и специфичности МРТ с ДВИ в выявлении поражения костей и существующих ограничений в доступности ПЭТ/КТ больным НРЛ в подобной ситуации показано проведение МРТ с ДВИ с целью исключения метастатического поражения скелета.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Давыдов М.И., Полоцкий Б.Е. Рак легкого. М., 2003. 454 с. [Davydov M.I., Polotskii B.E. Lung cancer. Moscow, 2003. 454 p. (in Russian)].
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2019 году. М., 2020. 239 с. [Kaprin A.D., Starinskij V.V., Shaxzadova A.O. The state of cancer care for the population of Russia in 2019. Moscow, 2020. 239 p. (in Russian)].
3. Ejima Y., Matsuo Y., Sasaki R. The current status and future of radiotherapy for spinal bone metastases. J Orthop Sci. 2015 Jul; 20(4): 585–92. doi: 10.1007/s00776-015-0720-x.
4. Ларюков А.В., Ларюкова Е.К. Особенности отдаленного метастазирования периферического немелкоклеточного рака легкого. Практическая медицина. 2012; 7(62): 163–165. [Laryukov A.V., Laryukova E.K. Distant metastasis features of peripheral non-small cell lung cancer. Practical Medicine. 2012; 7(62): 163–165. (in Russian)].
5. Machado Medeiros T., Altmayer S., Watte G., Zanon M., Basso Dias A., Henz Concatto N., Hoefel Paes J., de Souza Santos F., Mohamed T.L., Verma N., Hochegger B. 18F-FDG PET/CT and whole-body MRI diagnostic performance in M staging for non-small cell lung cancer: a systematic review and meta-analysis. Eur Radiol. 2020 Jul; 30(7): 3641–3649. doi: 10.1007/s00330-020-06703-1.
6. Ohno Y., Takeshi Y., Takenaka D., Koyama H., Aoyagi K., Yui M. Comparison of Diagnostic Accuracy for TNM Stage Among Whole-Body MRI and Coregistered PET/MRI Using 1.5-T and 3-T MRI Systems and Integrated PET/CT for Non-Small Cell Lung Cancer. Am J Roentgenol. 2020 Nov; 215(5): 1191–1198. doi: 10.2214/AJR.19.22565.
7. Крживицкий П.И., Канаев С.В., Семенов И.И., Новиков С.Н. Лучевые и ядерные методы диагностики метастатических поражений скелета. Радиационная онкология и ядерная медицина. 2012; 2: 72–77. [Krzhivitskii P.I., Kanaev S.V., Semenov I.I., Novikov S.N. Radiology and nuclear methods in detection of bone metastases. Radiation Oncology and Nuclear Medicine. 2012; 2: 72–77. (in Russian)].
8. Сергеев Н.И., Нуднов Н.В. Дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных поражений позвоночника по данным магнитно-резонансной томографии с использованием болюсного контрастного усиления. Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии. 2012; 2(3): 30–35. [Sergeev N.I., Nudnov N.V. Differential diagnosis of benign and malignant lesions of the spine according to magnetic resonance imaging with the use of bolus contrast enhancement. Bulletin of the Russian Scientific Center for Roentgenoradiology. 2012; 2(3): 30–35. (in Russian)].
9. Dickinson F., Liddicoat A., Dhingra R., Finlay D. Magnetic resonance imaging versus radionuclide scintigraphy for screening in bone metastases. Clin Radiol. 2000 Aug; 55(8): 653. doi: 10.1053/crad.2000.0418.
10. Bergquist T.H. MRI of the musculoskeletal system. Lippincott Williams & Wilkins, 2006. 204 p.
11. Li C., Liu Z.S., Du X.M., He L., Chen J., Wang W., Sun F., Du F., Luo Z.G., Xue Z.L., Zhao Y., Zhou C.W. Clinical value of whole-body magnetic resonance diffusion weighted imaging on detection of malignant metastases. Chin Med Sci J. 2009 Jun; 24(2): 112–6. doi: 10.1016/s1001-9294(09)60072-9.
12. Сергеев Н.И., Котляров П.М., Солодкий В.А., Овчинников В.И. Магнитно-резонансная томография в оценке эффективности химиолучевого лечения при вторичном поражении позвоночника, костей таза. Медицинская визуализация. 2013; 1: 109–114. [Sergeev N.I., Kotlyarov P.M., Solodkii V.A., Ovchinnikov V.I. Magnetic-resonance tomography in an estimation of efficiency of chemotherapy and radiotherapy at metastasis disease of a spine and bone pelvis. Medical visualization. 2013; 1: 109–114. (in Russian)].

Поступила/Received 25.12.2020
Принята в печать/Accepted 03.08.2021

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ларюков Андрей Викторович, доктор медицинских наук, доцент, заведующий отделом лучевой диагностики, ГАУЗ «Республиканский клинический онкологический диспансер» Минздрава Республики Татарстан; доцент кафедры ультразвуковой диагностики, ассистент кафедры онкологии, радиологии и паллиативной медицины, «КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России»; ассистент кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии, ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Казань, Россия). E-mail: larioukov@mail.ru. SPIN-код: 2784-6828. AuthorID (РИНЦ): 365332. ORCID: 0000-0002-4021-7648.

Хасанов Рустем Шамильевич, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой онкологии, радиологии и паллиативной медицины, директор «КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России» (г. Казань, Россия). SPIN-код: 9198-5989. AuthorID (РИНЦ): 583867. ORCID: 0000-0003-4107-8608. Author ID (Scopus): 15048020700.

Афанасьева Зинаида Александровна, доктор медицинских наук, профессор кафедры онкологии, радиологии и паллиативной медицины, Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России; заведующий центром для диагностики и лечения больных опухолями щитовидной железы и других эндокринных органов, ГАУЗ РКОД МЗ РТ (г. Казань, Россия). SPIN-код: 9921-0860. AuthorID (РИНЦ): 264270. ORCID: 0000-0002-6187-2983. Author ID (Scopus): 57196436798. Researcher ID (WOS): AAE-2027-2020.

Ларюкова Елена Константиновна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики, «КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России»; врач-рентгенолог отдела лучевой диагностики, ГАУЗ «Республиканский клинический онкологический диспансер» Минздрава Республики Татарстан (г. Казань, Россия). SPIN-код: 8237-5694. AuthorID (РИНЦ): 828400. ORCID: 0000-0003-3536-7235.

ВКЛАД АВТОРОВ

Ларюков Андрей Викторович: разработка концепции исследования, сбор и анализ данных, написание черновика рукописи.
Хасанов Рустем Шамильевич: анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Афанасьева Зинаида Александровна: анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Ларюкова Елена Константиновна: разработка концепции исследования, сбор и анализ данных, написание черновика рукописи.

Финансирование

Это исследование не потребовало дополнительного финансирования.

Конфликт интересов

Авторы объявляют, что у них нет конфликта интересов.

ABOUT THE AUTHORS

Andrey V. Laryukov, MD, DSc, Associate Professor, Head of Diagnostic Imaging Department, Republic Clinical Oncology Dispensary of the Ministry of Health of Tatarstan Republic; Associate Professor of the Ultrasound Department, Kazan State Medical Academy – Branch Campus of Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the MH of RF, Assistant Professor, Department of Oncology, Radiology and Palliative Medicine (Kazan, Russia). E-mail: larioukov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4021-7648.

Rustem Sh. Khasanov, MD, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Federal State Budgetary Institution 'Russian Medical Academy for Continuous Professional Education' of the Ministry of Health of Russian Federation, Head of the Department of Oncology, Radiology and Palliative Medicine KSMA (Kazan, Russia). ORCID: 0000-0003-4107-8608. Author ID (Scopus): 15048020700.

Zinaida A. Afanasyeva, Professor, Radiology and Palliative Medicine Department, Head of Center for Diagnosis and Treatment of Patients with Thyroid and Other Endocrine Organs Tumors (Kazan, Russia). ORCID: 0000-0002-6187-2983. Author ID (Scopus): 57196436798. Researcher ID (WOS): AAE-2027-2020.

Elena K. Laryukova, MD, PhD, Associate Professor of the Radiology Department, Kazan State Medical Academy; Radiologist, Radiology Department, Republic Clinical Oncology Dispensary (Kazan, Russia). ORCID: 0000-0003-3536-7235.

AUTHOR CONTRIBUTION

Andrey V. Laryukov: study conception and design, data collection, data analysis, drafting of the manuscript.

Rustem Sh. Khasanov: study analysis, critical revision of the manuscript for important intellectual content.

Zinaida A. Afanasyeva: study analysis, critical revision of the manuscript for important intellectual content.

Elena K. Laryukova: study conception, data analysis, drafting of the manuscript.

Funding

This study required no funding.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.