

ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В ВЫЯВЛЕНИИ МЕТАСТАТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА И КОСТЕЙ ТАЗА У БОЛЬНЫХ ПЕРИФЕРИЧЕСКИМ НЕМЕЛКОКЛЕТОЧНЫМ РАКОМ ЛЕГКОГО

А.В. Ларюков^{1, 2}, к. м. н., заведующий отделом лучевой диагностики

Р.Ш. Хасанов², д. м. н., профессор, заведующий кафедрой онкологии, радиологии и паллиативной медицины, директор КГМА

М.К. Михайлов², д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики

Е.К. Ларюкова^{1, 2}, к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики

¹ ГАУЗ «Республиканский клинический онкологический диспансер» Министерства здравоохранения Республики Татарстан,
Сибирский тракт, 29, Казань, 420029, Российская Федерация

² Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России,
ул. Муштари, 11, Казань, 420012, Российская Федерация

CAPABILITIES OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN THE DETECTION OF METASTATIC LESION OF THE SPINE AND PELVIC BONES IN PATIENTS WITH PERIPHERAL NON-SMALL CELL LUNG CANCER

A.V. Laryukov^{1, 2}, MD, PhD, Head of Radiology Department; orcid.org/0000-0002-4021-7648

R.Sh. Khasanov², MD, PhD, DSc, Professor, Chief of Chair of Oncology,
Radiology and Palliative Medicine, Director of KSKMA; orcid.org/0000-0003-0207-0259

M.K. Mikhaylov², MD, PhD, DSc, Professor, Chief of Radiology Chair; orcid.org/0000-0002-7708-1932

E.K. Laryukova^{1, 2}, MD, PhD, Associate Professor of Radiology Chair; orcid.org/0000-0003-3536-7235

¹ Tatarstan Regional Clinical Cancer Center, Ministry of Health of the Republic of Tatarstan,
Sibirskiy trakt, 29, Kazan, 420029, Russian Federation

² Kazan State Medical Academy – Branch of Russian Medical Academy
of Continuing Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation,
ul. Mushtari, 11, Kazan, 420012, Russian Federation

Цель исследования – провести сравнительный анализ диагностических возможностей магнитно-резонансной томографии (МРТ) позвоночника и костей таза, а также позитронно-эмиссионной томографии/компьютерной томографии (ПЭТ/КТ) с 18F-фтордезоксиглюкозой (ФДГ) и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии/компьютерной томографии (ОФЭКТ/КТ) в выявлении скелетных метастазов у больных периферическим немелкоклеточным раком легкого (ПНРЛ) с целью разработки оптимальных подходов к использованию методов лучевой и ядерной диагностики.

Материал и методы. Проведено комплексное обследование скелета 71 больного периферическим немелкоклеточным раком легкого независимо от наличия клинической симптоматики поражения костей. Всем больным ПНРЛ выполнялись МРТ позвоночника и костей таза, ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ и ОФЭКТ/КТ. Проведены анализ изменений в различных отделах скелета (шейный отдел позвоночника, грудной и поясничный отделы позвоночника, крестец и кости таза) у больных ПНРЛ, выявленных при МРТ, и сравнение полученных данных с результатами комплекса методов лучевой и ядерной диагностики (ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ, ОФЭКТ/КТ). Выполнено сравнение чувствительности, специфичности и диагностической точности методов визуализации. Представлены клинические наблюдения.

Результаты. ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ превосходит МРТ в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей

Objective. To comparatively analyze the diagnostic capabilities of magnetic resonance imaging (MRI) of the spine and pelvic bones with the results of 18F-FDG positron emission computed tomography (PET/CT) and single-photon emission computed tomography (SPECT/CT) in the detection of skeletal metastases in patients with peripheral non-small cell lung cancer (PNSCLC) in order to elaborate optimal approaches to using radiation and nuclear diagnostic techniques.

Material and methods. Seventy-one patients with PNSCLC underwent a comprehensive examination of the skeleton regardless of whether they had clinical symptoms of bone lesions. MRI of the spine and pelvic bones, 18F-FDG PET/CT, and SPECT/CT were performed in all the patients with PNSCLC. The investigators analyzed MRI changes in different skeletal parts (cervical, thoracic, lumbar spine, sacrum and pelvic bones) in patients with PNSCLC and compared the findings with the results of a set of radiation and nuclear diagnostic techniques (18F-FDG PET/CT, SPECT/CT). The sensitivity, specificity and diagnostic accuracy of imaging techniques were compared. Clinical cases are presented.

Results. 18F-FDG PET/CT is superior to MRI for the detection of metastatic lesions of the spine and pelvic bones. The sensitivity, specificity, and diagnostic accuracy of MRI for the identification of metastases in the spine and pelvic bones were 95.65, 96.8, and 95.85%, respectively. Those of 18F-FDG PET/CT in the

таза. Чувствительность, специфичность и точность методов составили: 98,7, 99,9 и 99,6% соответственно и 95,65, 96,8 и 95,85% соответственно.

Заключение. Для исключения скелетных метастазов всем больным ПНРЛ показано проведение ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ. При отсутствии технической возможности выполнения этого исследования для выявления метастатического поражения позвоночника и костей таза целесообразно провести МРТ.

Ключевые слова: периферический немелкоклеточный рак легкого; костные метастазы; магнитно-резонансная томография; позитронно-эмиссионная томография/компьютерная томография с 18F-фтордезоксиглюкозой; однофотонная эмиссионная компьютерная томография/компьютерная томография.

Для цитирования: Ларюков А.В., Хасанов Р.Ш., Михайлов М.К., Ларюкова Е.К. Возможности магнитно-резонансной томографии в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей таза у больных периферическим немелкоклеточным раком легкого. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2018; 99 (2): 85–90. DOI: 10.20862/0042-4676-2018-99-2-85-90

Для корреспонденции: Ларюков Андрей Викторович; E-mail: larioukov@mail.ru

Поступила 31.08.2017

Принята к печати 12.09.2017

Введение

Метастатическое поражение скелета занимает ведущее место по распространенности среди всех отдаленных метастазов периферического немелкоклеточного рака легкого (ПНРЛ) [1]. Следует иметь в виду тот факт, что клинические симптомы скелетных метастазов появляются поздно, на ранних же стадиях развития онкологического заболевания являются немыми и обнаруживаются лишь при использовании современных методов визуализации [2]. Эти особенности клинического течения костных метастазов у больных ПНРЛ, а также несвоевременное и неадекватное использование методов лучевой и ядерной диагностики обуславливают их позднее выявление [3]. В то же время необходимо отметить, что в литературе практически не освещены вопросы использования методов лучевой и ядерной диагностики для раннего выявления скелетных метастазов ПНРЛ, а в рекомендованных алгоритмах используются лишь при наличии клинических симптомов [4].

Вызывает безусловный интерес разработка алгоритмов использования современных методов визуализации с учетом их информативности в диагностике костных метастазов.

detection of bone metastases were 98.7, 99.9, and 99.6%, respectively.

Conclusion. 18F-FDG PET/CT is indicated for all patients with PNSCLC to rule out skeletal metastases. It is expedient to perform MRI if there are technical problems with 18F-FDG PET/CT for the detection of metastatic lesion of the spine and pelvic bones.

Index terms: peripheral non-small cell lung cancer; bone metastases; magnetic resonance imaging; 18F-FDG positron emission computed tomography/computed tomography; single-photon emission computed tomography/computed tomography.

For citation: Laryukov A.V., Khasanov R.Sh., Mikhaylov M.K., Laryukova E.K. Capabilities of magnetic resonance imaging in the detection of metastatic lesion of the spine and pelvic bones in patients with peripheral non-small cell lung cancer. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2018; 99 (2): 85–90 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2018-99-2-85-90

For correspondence: Andrey V. Laryukov; E-mail: larioukov@mail.ru

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

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

Received August 31, 2017

Accepted September 12, 2017

Ранее в своих исследованиях мы проводили целенаправленное изучение и сравнение информативности позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с рентгеновской компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, совмещенной с рентгеновской компьютерной томографией (ОФЭКТ/КТ), в выявлении скелетных метастазов у больных ПНРЛ [5].

Также представляет интерес изучение возможностей магнитно-резонансной томографии (МРТ) в обнаружении костных метастазов. В литературе представлены сведения об использовании различных последовательностей МРТ в диагностике костных метастазов у больных с первичными злокачественными опухолями различной локализации [6–9], однако мы не встретили сведений о целенаправленном сравнительном изучении возможностей широкого арсенала методов лучевой и ядерной диагностики в выявлении скелетных метастазов у больных ПНРЛ.

Нами было проведено сравнение результатов МРТ позвоночника и костей таза, ПЭТ/КТ с 18F-фтордезоксиглюкозой (18F-ФДГ) и ОФЭКТ/КТ у больных ПНРЛ с метастатическим поражением скелета [5]. Данный под-

ход был обусловлен преобладающей частотой метастатического поражения этих отделов скелета у больных ПНРЛ – до 70% от всех костных метастазов [2, 6, 10], а также отсутствием технической возможности проведения МРТ в режиме «все тело».

Целью нашего исследования является сравнительный анализ диагностических возможностей МРТ позвоночника и костей таза, а также ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ и ОФЭКТ/КТ в выявлении скелетных метастазов у больных ПНРЛ для разработки оптимальных подходов к использованию методов лучевой и ядерной диагностики.

Материал и методы

Для сравнения возможностей МРТ, ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ и ОФЭКТ/КТ в диагностике костных метастазов было проведено комплексное обследование 71 больного ПНРЛ (51 мужчина, 20 женщин). Средний возраст больных составил $62,1 \pm 2,2$ года. У всех больных диагноз немелкоклеточного рака легкого был верифицирован гистологически при проведении оперативного лечения либо при бронхоскопическом исследовании. По результатам комплексного обследования было выявлено 69 очагов метастатического поражения позвоночника и костей таза.

В настоящем исследовании проведено сравнение диагностических возможностей МРТ и диагностических возможностей ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ и ОФЭКТ/КТ в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей таза у больных ПНРЛ.

Магнитно-резонансная томография позвоночника и костей таза выполнялась 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, межсрезовый промежуток 1 мм, используя следующие импульсные последовательности: SE – для получения T1-ВИ, STIR – для получения T2-ВИ с подавлением сигнала от жира, диффузионно-взвешенные изображения (DWI) со значением b-фактора 800 и 1000.

Позитронно-эмиссионная томография с 18F-фтордезоксиглюкозой, совмещенная с рентгеновской компьютерной томографией, проводилась на совмещенных диагностических ПЭТ/КТ-томографах Discovery 600/Discovery 690 (GE, USA). Регистрацию данных начинали через 60 мин после введения радиофармпрепарата (18F-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. Сканированию подвергалось все тело пациента от большого затылочного отверстия до средней трети бедра. После проведения КТ автоматически загружался протокол ПЭТ-сканирования в том же объеме.

ПЭТ выполнялась по стандартному клиническому протоколу, осуществлялись совмещение и реконструкция полученных изображений.

Оценку данных ПЭТ проводили визуальным и полуколичественным методом, с измерением стандартизованного уровня накопления (SUV).

Процедура совмещенного исследования занимала от 30 до 40 мин.

Однофотонную эмиссионную компьютерную томографию, совмещенную с рентгеновской компьютерной томографией, проводили на совмещенном ОФЭКТ/КТ-сканере Siemens Simbia16 (Германия) по стандартной методике через 2 ч после введения моноклоно- и дифосфатов ^{99m}Tc активностью 370–600 МБк. Выполнялись последовательное ОФЭКТ-сканирование в режиме «все тело» с выявлением очагов повышенного захвата радиофармпрепарата, последующим аксиальным РКТ-сканированием интересующих зон с шагом 1 мм и дальнейшим программным совмещением полученных изображений и их мультипланарной реконструкцией. Процедура совмещенного исследования занимала 20–25 мин.

Статистическая обработка данных исследования проводилась с расчетом чувствительности, специфичности и диагностической точности использованных методов.

Результаты

Для оценки диагностических возможностей МРТ в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей таза у больных ПНРЛ проведен анализ изменений в различных отделах скелета (шейный отдел позвоночника, грудной и поясничный отделы позвоночника, крестец и кости таза), выявленных при МРТ, и сравнение полученных данных с результатами комплекса методов лучевой и ядерной диагностики (ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ, ОФЭКТ/КТ).

При МРТ очаги вторичного поражения скелета литического характера характеризовались сниженной интенсивностью МР-сигнала

в режимах T1-ВИ, T2-ВИ и STIR. Неоднородность сигнала от метастатических очагов отмечалась при смешанном характере изменений. Выявленные сигнальные изменения при МРТ с использованием стандартных последовательностей сопоставлялись с данными диффузионно-взвешенного исследования (DWI), при котором оценивались очаги ограничения диффузии.

В нашем наблюдении у больных ПНРЛ преобладали метастазы с преимущественно литическим компонентом, реже процесс носил смешанный характер (у 2 пациентов). В 2 случаях изменения в позвоночнике были одиночными, в 22 – множественными. Очаговые изменения в шейном отделе позвоночника были выявлены у 2 больных, поражение грудного отдела позвоночника обнаружено у 13, поясничного отдела – у 19, крестца и костей таза – у 16 пациентов. Очаговое поражение сочеталось с диффузными изменениями позвоночника и костей таза у 2 больных. Единичный очаг в позвоночнике был диагностирован у 5, два очага – у 8, три и более очага поражения – у 11 больных.

Сигнальные изменения, свидетельствующие о метастатическом поражении позвоночника и костей таза, по данным МРТ, были сопоставлены с результатами ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ и результатами динамического наблюдения.

На основании данных, полученных при использовании комплекса методов лучевой и ядерной диагностики, в шейном отделе позвоночника было выявлено 2 очага метастатического поражения, в грудном отделе позвоночника – 20 очагов, в поясничном отделе – 23 очага, в крестце и костях таза – 24 очага. Всего было обнаружено 69 метастатических очагов.

При анализе данных МРТ всего было выявлено 70 очагов: в шейном отделе – 1, в грудном отделе позвоночника – 21,

в поясничном отделе – 26, в крестце и костях таза – 22 очага.

При анализе результатов МРТ позвоночника и костей таза и сопоставлении их с данными комплексного динамического обследования в 3 случаях при МРТ были получены ложноотрицательные, а в 4 случаях – ложноположительные результаты (рис. 1).

Ложноотрицательные результаты были получены при небольших размерах очагов поражения (менее 5 мм) и их преимущественном расположении в участках скелета с преобладанием компактной костной ткани. Так, в одном случае метастатический очаг размером 4 мм располагался в поперечном отростке С5, в другом случае метастатический очаг размером 5 мм был в задних отделах крестца, а в третьем случае очаг размером 3 мм находился в непосредственной близости к своду вертлужной впадины.

Ложноположительные результаты были получены у 4 пациентов с множественным метастатическим поражением позвоночника и костей таза. Наряду с истинными очагами метастатического поражения у этих больных определялись очаги измененного сигнала, локализующиеся в передних отделах тела одного из позвонков вблизи замыкательной пластинки, при этом высота тел данных позвонков была незначительно снижена. При дальнейшем анализе эти изменения расценены как участки отека костного мозга, обусловленные последствиями травматизации.

В качестве иллюстрации возможностей методов лучевой визуализации в выявлении костных метастазов приводим следующие наблюдения.

Больная А., 58 лет, аденокарцинома верхней доли правого легкого.

ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ: определяются очаги патологической фиксации 18F-ФДГ в телах и дужковой части грудных и поясничных позвонков, в крестце

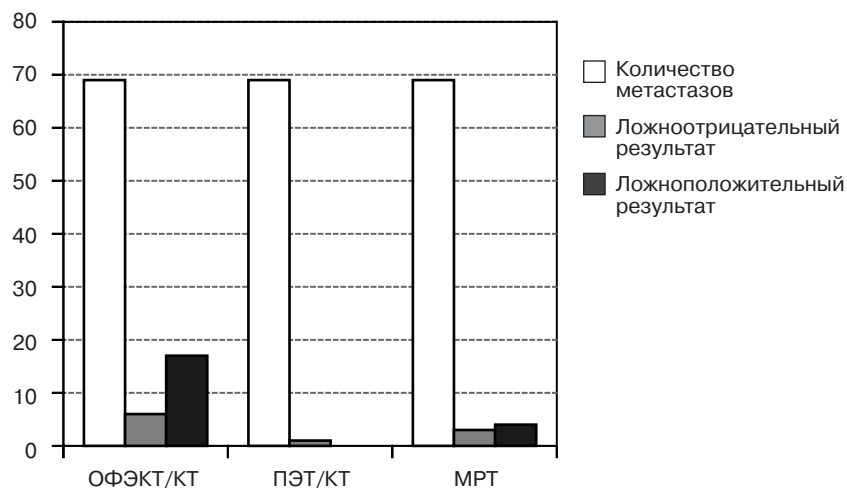


Рис. 1. Сравнение результатов ПЭТ/КТ, ОФЭКТ/КТ и МРТ с ДВИ в выявлении метастазов в позвоночник и кости таза у больных ПНРЛ

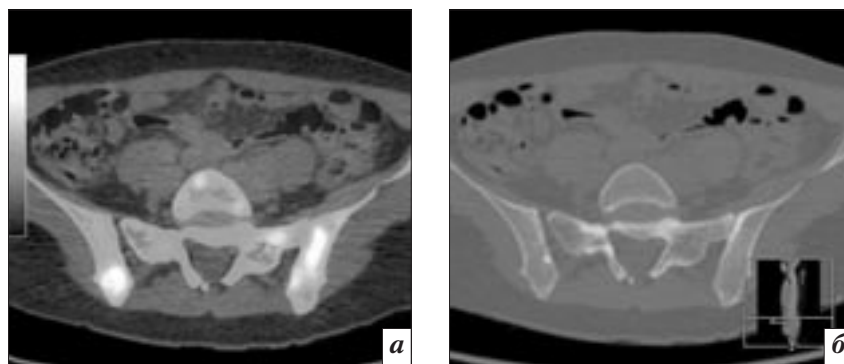


Рис. 2. ПЭТ/КТ (а) и РКТ (б) больной А. В крестце, подвздошных костях, теле L5 визуализируются очаги патологической фиксации ФДГ различного размера (SUV_{max} 6,2), соответственно очагам гиперфиксации при РКТ определяются нечетко очерченные очаги деструкции костной ткани

и подвздошных костях различного размера (SUV_{max} 6,2), соответственно очагам гиперфиксации при РКТ определяются нечетко очерченные очаги деструкции костной ткани (рис. 2).

МРТ позвоночника и костей таза: определяются множественные очаги измененного МР-сигнала в телах, дужках грудных и поясничных позвонков, крестце и костях таза (T1-ВИ, T2-ВИ, STIR). При ДВИ визуализируются очаги ограничения диффузии соответственно описанным изменениям (рис. 3).

В данном наблюдении результаты ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ и МРТ совпали.

Больной Б., 69 лет. Аденокарцинома верхней доли левого легкого.

ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ: определяются очаги патологической фиксации ФДГ (SUV_{max} 4,2) соответственно мелким очагам деструкции в S1 (3 мм), в теле правой подвздошной кости (3 мм) (рис. 4).

МРТ позвоночника и костей таза не выявила сигнальных изменений в скелете.

В данном наблюдении мелкие метастатические очаги, диагностированные при ПЭТ/КТ, не были обнаружены при МРТ позвоночника и костей таза.

Обсуждение

Сравнение данных по количеству выявленных метастазов в различных отделах позвоночника и костях таза у больных ПНРЛ показало, что ПЭТ/КТ

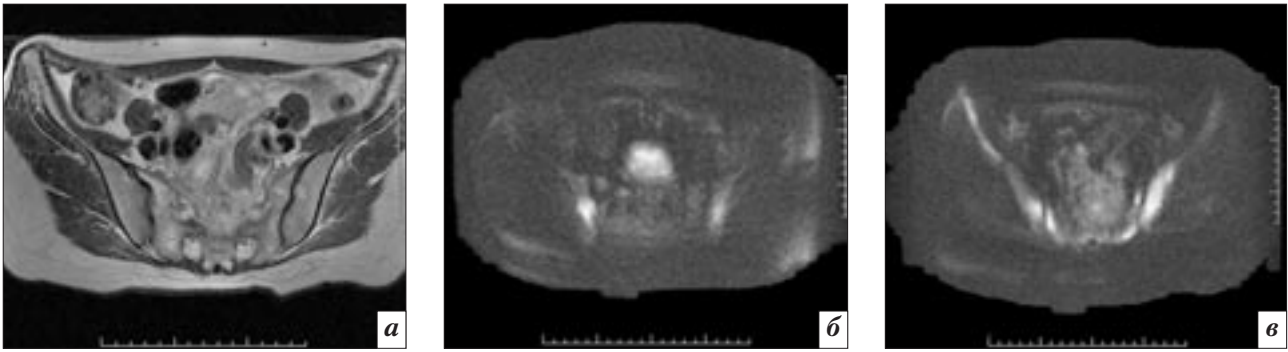


Рис. 3. МРТ (а) с ДВИ (б, в) больной А. Визуализируются множественные очаги измененного МР-сигнала в теле L5, крестце и костях таза. При ДВИ определяются очаги ограничения диффузии соответственно описанным изменениям

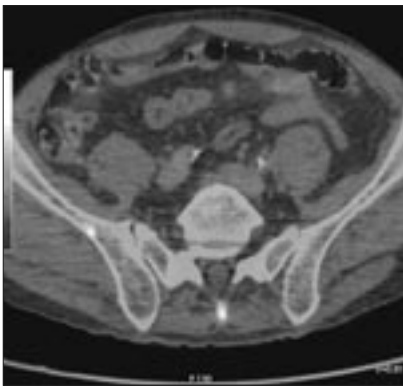


Рис. 4. ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ больно-го Б. Визуализируются очаги патологической фиксации 18F-ФДГ (SUV_{max} 4,2) соответственно мелким очагам деструкции в S1 (3 мм), в теле правой подвздошной кости (3 мм)

с 18F-ФДГ позволяет выявить наибольшее количество метастатических очагов. В нашем наблюдении ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ превосходит по этому показателю МРТ и ОФЭКТ/КТ (рис. 5).

Сравнение диагностической значимости МРТ в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей таза у больных ПНРЛ и полученных нами ранее данных о диагностической значимости ОФЭКТ/КТ в выявлении скелетных метастазов [5] у больных ПНРЛ показало преимущество МРТ (рис. 6).

Выводы

1. Чувствительность, специфичность и диагностическая точность МРТ в выявлении метастазов ПНРЛ в позвоночник и кости

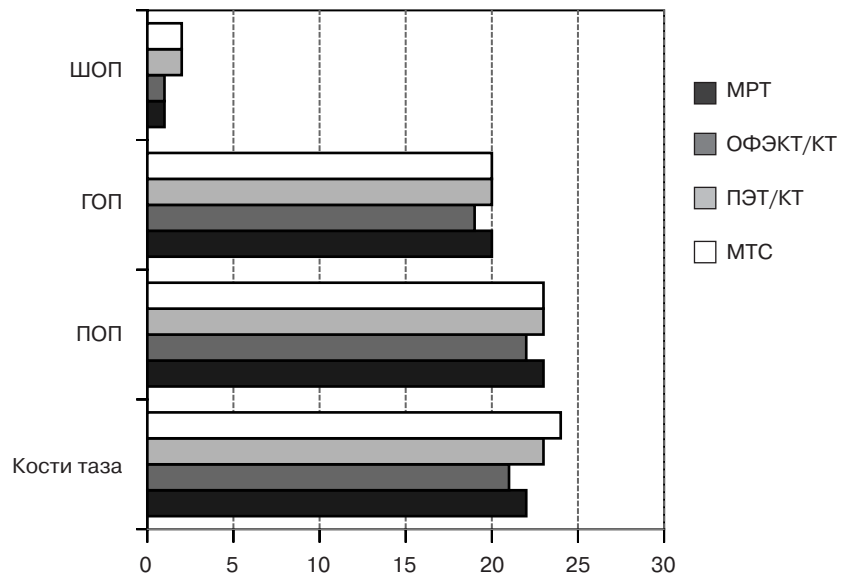


Рис. 5. Сравнительные данные по количеству выявленных метастазов в шейном, грудном и поясничном отделах позвоночника и костях таза по результатам ПЭТ/КТ, ОФЭКТ/КТ и МРТ у больных ПНРЛ

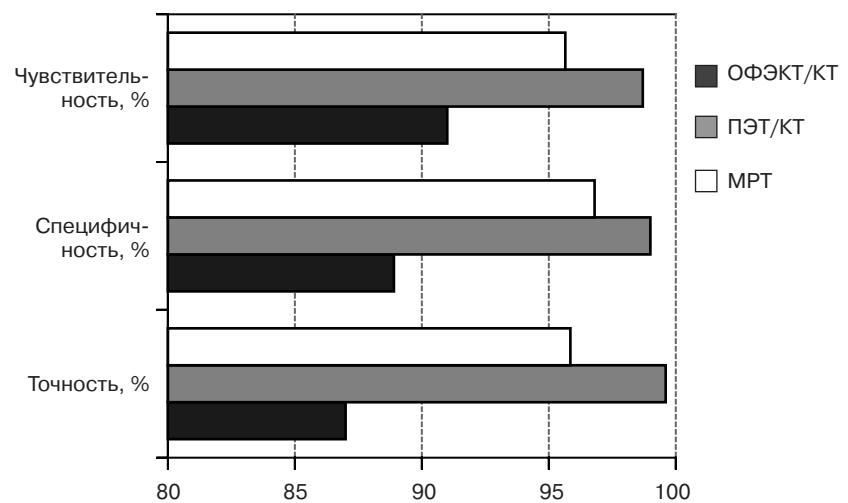


Рис. 6. Сравнительные данные чувствительности, специфичности и точности МРТ, ПЭТ/КТ и ОФЭКТ/КТ в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей таза у больных ПНРЛ

таза составили соответственно 95,65, 96,8 и 95,85%.

2. При сравнении диагностической значимости методов лучевой и ядерной диагностики в выявлении метастатического поражения позвоночника и костей таза у больных ПНРЛ доказано превосходство ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ. Чувствительность ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ в диагностике костных метастазов составила 98,7%, специфичность – 99,9%, диагностическая точность – 99,6%.

Для исключения скелетных метастазов всем больным ПНРЛ показано проведение ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ.

При отсутствии технической возможности проведения ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ для выявления метастатического поражения позвоночника и костей таза целесообразно проведение магнитно-резонансной томографии.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Spiro S. Carcinoma of the lung. European respiratory Monograph. Sheffield. UK; 1995.
2. Крживицкий П.И., Канаев С.В., Семенов И.И., Новиков С.Н. Лучевые и ядерные методы диагностики метастатического поражения скелета. *Радиационная онкология и ядерная медицина*. 2012; 2: 72–7. [Krzhevitskiy P.I., Kanayev S.V., Semenov I.I., Novikov S.N. Imaging modalities for diagnosis of bone metastases. *Radiation Oncology and Nuclear Medicine*. 2012; 2: 72–7 (in Russ.).]
3. Трахтенберг А.Х., Франк Г.А., Поддубный В.В. Особенности диагностики и лечения крупноклеточного рака легкого. *Российский онкологический журнал*. 2007; 3: 4–8. [Trakhtenberg A.Kh., Frank G.A., Poddubnyy V.V. Features of diagnosis and treatment of large-cell lung cancer. *Russian Journal of Oncology*. 2007; 3: 4–8 (in Russ.).]
4. Веснин А.Г., Семенов И.И. Атлас лучевой диагностики опухолей опорно-двигательного аппарата. СПб; 2002. [Vesnin A.G., Semenov I.I. Atlas of radiation diagnosis of tumors of the musculoskeletal system. St. Petersburg; 2002 (in Russ.).]
5. Ларюков А.В., Ларюкова Е.К. Современные возможности методов лучевой и ядерной диагностики в выявлении костных метастазов периферического немелкоклеточного рака легкого. *Практическая медицина*. 2016; 1 (93): 112–9. [Laryukov A.V., Laryukova E.K. Modern possibilities of radiology and nuclear methods in diagnosis of bone metastases of peripheral non-small cell lung cancer. *Practical Medicine*. 2016; 1 (93): 112–9 (in Russ.).]
6. 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 научно-го центра рентгенодиагностики Минздрава России*. 2012; 2 (3): 30–5. [Sergeev N.I., Nudnov N.V. Differential diagnosis of benign and malignant lesions of the spine on magnetic resonance imaging using a dynamic contrast enhancement. *Vestnik of the Russian Scientific Center of Roentgenradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation*. 2012; 2 (3): 30–5 (in Russ.).]
7. Heliar V., Mohan H., Barwick T., Livieratos L., Cnanasegaren G., Clarke S.E. et al. The added value of multislice SPECT/CT in patients with equivocal bone metastases from carcinoma of the prostate. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2010; 37 (4): 706–13.
8. Lu S., Wang D., Li Y. Whole body MRI for detecting osseous metastases. *Clin. J. Radiol*. 2014; 65: 459–62.
9. Pearce T., Philips S., Brown J., Koh D.M., Bum P.R. Bone metastases from prostate, breast, and multiple myeloma: differences in lesion conspicuity at short-tau inversion recovery and diffusion-weighted MRI. *Br. J. Radiol*. 2012; 85 (1016): 1102–6.
10. Jena A., Tanega S., Talwar V.T., Sharma J.B. Magnetic resonance (MR) patterns of brain metastasis in lung cancer patients: correlation of imaging findings with symptom. *J. Thorac. Oncol*. 2008; 3 (2): 140–4.