

Возможности и роль диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии в оценке эффективности противоопухолевого лечения пациенток с метастатическим поражением печени при раке молочной железы

Лукьянченко А.Б., Медведева Б.М., Колобанова Е.С.* , Романова К.А., Магамедова С.С.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной радиологии, Каширское ш., 24, Москва, 115478, Российская Федерация

Резюме

Цель. Сравнить информативность применения динамической магнитно-резонансной томографии (МРТ) и методики диффузионно-взвешенной (ДВ) МРТ у пациенток с метастатическим поражением печени при раке молочной железы в процессе проводимого им химиотерапевтического лечения.

Материал и методы. В исследование включены 30 пациенток с метастатическим поражением печени при раке молочной железы в процессе проводимого им лечения. Сопоставлены результаты стандартных МРТ-исследований абдоминальной области (с внутривенным контрастированием и оценкой состояния печени в артериальную, венозную и отсроченную фазы) с данными ДВ МРТ с различными значениями *b*-фактора (50, 400 и 800 с/мм²).

Результаты. При сравнении результатов первичных исследований, полученных до начала химиотерапии (только динамической МРТ с внутривенным контрастированием и только ДВ МРТ), полное соответствие количества выявленных очагов отмечено у 10 больных. У 10 пациенток при ДВ МРТ было выявлено большее число метастатических очагов, чем при исследовании с внутривенным контрастированием, – в целом на 44 очага больше (36 из них – размерами до 1 см). У остальных 10 (из 30) больных и при внутривенном контрастировании, и при ДВ МРТ были обнаружены множественные, неисчисляемые (более 20–40) метастатические очаги различных размеров (1–6 см). Динамическое наблюдение в процессе проводимой химиотерапии имело место у 19 из 30 наших пациенток. В 7 случаях (из этих 19) отмечена стабилизация метастатического процесса в печени, отображенная сходно по данным обеих методик. В 11 случаях (из этих 19) наблюдалось прогрессирование метастатического процесса, отображенное сходным увеличением количества и размеров метастазов по данным обеих упомянутых методик у 5 из 11 больных. У остальных 6 пациенток (из этих 11) количество вновь выявленных очагов в печени по данным ДВ МРТ оказалось больше, чем при внутривенном контрастировании. У последней пациентки (из 19) по данным обеих методик обнаружено уменьшение количества мелких метастазов в печени при сохранении их размеров (до 1 см).

Заключение. Результаты применения методики ДВ МРТ свидетельствуют о значительно большей ее результативности в сравнении с данными традиционного внутривенного контрастирования, что обуславливает необходимость включения этой методики в стандартный протокол МРТ-исследований абдоминальной области у пациентов с метастатическим поражением печени.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография; метастазы; рак молочной железы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Лукьянченко А.Б., Медведева Б.М., Колобанова Е.С., Романова К.А., Магамедова С.С. Возможности и роль диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии в оценке эффективности противоопухолевого лечения пациенток с метастатическим поражением печени при раке молочной железы. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2019; 100 (5): 286–92. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-5-286-292>

Статья поступила 26.03.2019

После доработки 10.06.2019

Принята к печати 28.06.2019

The Potentials and Role of Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging in Evaluating the Efficiency of Antitumor Treatment of Patients with Breast Liver Metastasis

Alexander B. Lukiyanchenko, Bela M. Medvedeva, Evgenia S. Kolobanova*, Ksenia A. Romanova, Sultanat S. Magamedova

Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, Blokhin National Medical Research Center of Oncology,
Ministry of Health of the Russian Federation
Kashirskoe sh., 24, Moscow, 115478, Russian Federation

Abstract

Objective. To compare the informative value of using dynamic magnetic resonance imaging (MRI) and diffusion-weighted MRI (DW-MRI) in patients with breast liver metastasis during chemotherapy.

Material and methods. The investigation enrolled 30 patients with breast liver metastasis during their treatment. The results of standard intravenous contrast-enhanced abdominal MRI studies (by evaluating the liver in the arterial, venous, and delayed phases) were compared with those of DW-MRI with different B-factor values (50, 400 and 800 sec/mm²).

Results. Comparison of the findings of initial studies prior to chemotherapy (those of only dynamic intravenous contrast-enhanced MRI and only DW-MRI) revealed a complete correspondence with the number of detected foci in 10 patients. Ten patients had a larger number of metastatic foci at DW-MRI than at intravenous contrast-enhanced MRI, in the aggregate by 44 foci more (of them 36 foci measured less than 1 cm). The remaining 10 of the 30 patients were found to have multiple, unquantifiable (more than 20–40) metastatic foci of various sizes (1–6 cm) at both intravenous contrast-enhanced MRI and DW-MRI. Nineteen of the 30 patients were followed up during their chemotherapy. Seven of the 19 patients showed a stabilized liver metastatic process that was similarly evidenced by both techniques. Eleven of the 19 patients were observed to have a progressive metastatic process that was reflected by the similar increase in the number and size of metastases in 5 of the 11 patients, as shown by both of the above techniques. In the remaining 6 of the 11 patients, the number of newly detected liver tumors proved to be larger at DW-MRI than at intravenous contrast-enhanced MRI. Both techniques showed that the last patient of the 19 cases had a decrease in the number of small liver metastases that maintained their sizes (less than 1 cm).

Conclusion. DW-MRI has been shown to be much more effective in detecting metastases than conventional intravenous contrast-enhanced MRI, which necessitates the inclusion of this technique in standard abdominal MRI protocols for patients with liver metastasis.

Keywords: magnetic resonance imaging; diffusion-weighted magnetic resonance imaging; metastases; breast cancer.

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

Funding. The study had no sponsorship.

For citation: Lukiyanchenko A.B., Medvedeva B.M., Kolobanova E.S., Romanova K.A., Magamedova S.S. The potentials and role of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in evaluating the efficiency of antitumor treatment of patients with breast liver metastasis. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2019; 100 (5): 286–92 (in Russ.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-5-286-292>

Received 26.03.2019

Revised 10.06.2019

Accepted 28.06.2019

Введение

Как известно, рак молочной железы (PMЖ) – наиболее частая злокачественная опухоль у женщин, занимающая первое место (17%) среди причин смертности женского населения в России [1, 2]. При этом одним из наиболее неблагоприятных прогностических факторов у таких пациенток считается метастатическое поражение печени, которое отмечается в 40–50% случаев [1, 3]. Именно поэтому корректная оценка состояния печени и своевременное выявление метастатического ее поражения имеет особое значение при планировании рациональной тактики лечения соответствующих больных, что напрямую влияет на прогноз данного заболевания [4–8].

Как правило, первым диагностическим методом оценки состояния печени у онкологических больных является ультразвуковое исследование, которое общедоступно, информативно и обычно не требует внутривенного введения контрастных препаратов [9]. Однако определенные ограничения данного метода (при миллиарном поражении печени или ее жировой инфильтрации) и некото-

рая субъективность получаемых результатов могут затруднять корректность оценки состояния данного органа, что в свою очередь может сказаться на адекватности выбора тактики лечения пациенток с PMЖ [10]. Поэтому в сложных или неясных случаях целесообразно применять уточняющие методы исследования: рентгеновскую компьютерную или магнитно-резонансную томографию (МРТ) с внутривенным контрастированием – как для дифференциальной диагностики очаговых образований в печени, так и для выявления в ней мелких метастазов (не определяемых при ультразвуковом исследовании).

В типичных случаях контроль эффективности химиотерапии у пациентов с метастатическим поражением печени при PMЖ осуществляется в различные сроки (обычно в интервале 2–6 мес, в зависимости от применяемой схемы лекарственного лечения). Но при некоторых агрессивных формах PMЖ считается целесообразным такой контроль осуществлять и чаще – 1 раз в месяц [1, 11].

Именно поэтому представляется целесообразным поиск безопасного, высокоинформативного

и легко воспроизводимого диагностического метода для динамического контроля эффективности лечения пациентов с метастатическим поражением печени. В качестве такого метода (альтернативного стандартным компьютерной томографии и МРТ с внутривенным контрастированием) может служить методика диффузионно-взвешенной (ДВ) МРТ. По данным целого ряда авторов, чувствительность ДВ МРТ в диагностике печеночных метастазов равна чувствительности МРТ с внутривенным контрастированием, но при этом отмечается более низкая специфичность ДВ МРТ [12–14].

Цель нашего исследования состояла в оценке сравнительной информативности применения стандартной МРТ с внутривенным контрастированием и методики ДВ МРТ у пациенток с метастатическим поражением печени при РМЖ в процессе проводимого им химиотерапевтического лечения.

Учитывая высокую чувствительность методики ДВ МРТ (74–100%), представляет несомненный интерес вопрос о возможности ее изолированного применения у отдельных групп онкологических больных. Возможность исключения многократного использования внутривенного контрастирования у некоторых групп пациентов имеет несомненную перспективу в диагностическом и экономическом аспектах. Именно эти обстоятельства обуславливают актуальность нашего исследования.

Материал и методы

Нами были проанализированы результаты МРТ-исследований абдоминальной области 30 пациенток с метастатическим поражением печени при РМЖ в процессе их химиотерапевтического лечения.

МРТ-исследования абдоминальной области проводили на МР-томографах с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл – Magnetom Avanto и Magnetom Espree (Siemens). В обязательном порядке применяли поверхностную фазированную катушку.

Стандартный протокол МРТ-исследований, как правило, включал следующие последовательности: T2-coronal, T2- и T1-axial, T1-axial с фазовым сдвигом (in/out-of-phase), а также динамическое исследование с внутривенным контрастированием различными препаратами – Омнискан® (GE Healthcare), Магневист® (Bayer) в общепринятых стандартных дозировках – и оценкой состояния печени в артериальную, венозную и отсроченную фазы в аксиальных проекциях. В промежутке между венозной и отсроченной фазами выполняли последовательность T1-coronal. Всегда и в обязательном порядке применяли методику диффузионно-взвешенных изображений (ДВ МРТ) с различными значениями *b*-фактора (50, 400 и 800 с/мм²).

Как известно, данная методика основана на возможности оценки степени подвижности молекул воды (свободной диффузии) в биологических тканях. В упрощенном виде принцип методики можно представить следующим образом: чем больше клеток в ткани, тем менее подвижны молекулы воды, чем меньше клеток в ткани, тем выше подвижность молекул воды. Опухолевые образования обычно содержат сравнительно большее количество клеток, чем окружающие нормальные ткани, поэтому диффузия молекул воды в них ограничена и они отображаются как очаги повышенной интенсивности при ДВ МРТ, но как участки низкой интенсивности на картах измеряемого коэффициента диффузии [15].

В наших исследованиях при ДВ МРТ мы использовали 3 показателя *b*-value (50, 400 и 800 с/мм²), на основании которых строили карты измеряемого коэффициента диффузии. Количественных измерений коэффициентов диффузии мы не выполняли, так как было вполне достаточно визуального анализа.

При оценке состояния печени изучали следующие параметры: наличие и количество метастатических образований в ее паренхиме, их локализация, а также количество, размеры, внутренняя структура, контуры, особенности накопления контрастного препарата в различные фазы внутривенного контрастирования. Отдельно анализировали данные визуальной оценки интенсивности отображения метастатических очагов при ДВ МРТ.

Сравнительному анализу (в процессе противоопухолевого лечения больных) подлежали только метастатические очаги в печени: наглядность их отображения, их количество и размеры при стандартном МРТ-исследовании абдоминальной области с внутривенным контрастированием в различные фазы (без ДВ МРТ) и только при ДВ МРТ.

Результаты

При сравнении полученных результатов первичных МРТ-исследований до начала химиотерапии (только ДВ МРТ и только МРТ с внутривенным контрастированием) полное соответствие количества выявленных очагов в печени отмечено у 10 больных, у 4 из них имели место солитарные метастазы размерами 0,8–3,3 см в диаметре, у остальных 6 – немногочисленные (до 5) метастазы размерами 1–2,5 см в диаметре.

У 10 пациенток при ДВ МРТ было выявлено большее количество метастатических очагов в печени, чем при исследовании с внутривенным контрастированием, – в целом на 44 очага больше (36 из них – размерами до 1 см). В 6 случаях из этих 10 отмечены единичные (1–2) метастазы по данным внутривенного контрастирования, по данным ДВ МРТ их количество было существенно

больше (на 3–4 очага больше при размерах 0,5–1,5 см). У других 3 из этих 10 больных *только при ДВ МРТ* выявлены 10 мелких метастазов (до 1 см), которые никак не визуализировались в различные фазы внутривенного контрастирования (рис. 1). У последней (10-й) пациентки с предполагаемым солитарным метастазом в печени (до 1 см) при ДВ МРТ был выявлен еще один аналогичный очаг (до 1 см).

У остальных 10 (из 30) пациенток и при внутривенном контрастировании, и при ДВ МРТ были обнаружены множественные, неисчисляемые (более 20–40) метастатические очаги различных размеров (1–6 см).

Динамическое наблюдение (в сроки 3–6 мес) в процессе проводимой химиотерапии имело место у 19 из 30 наших больных. При этом в 7 случаях

из этих 19 отмечена стабилизация метастатического процесса в печени, что выражалось в сохранении количества и размеров ранее выявленных очагов как по данным ДВ МРТ, так и по данным внутривенного контрастирования.

У 1 пациентки обнаружено уменьшение количества мелких метастазов в печени при сохранении их размеров (до 1 см): при ДВ МРТ число выявленных очагов сократилось с 5 до 2, при внутривенном контрастировании – с 2 до 1, что расценивалось как эффект проводимого лечения.

У 11 из 19 больных отмечено прогрессирование опухолевого процесса в печени, что в 5 случаях (из этих 11) отображалось сходным увеличением количества и размеров метастазов по данным обеих упомянутых методик. У остальных 6 пациенток (из этих 11) количество вновь выявленных очагов

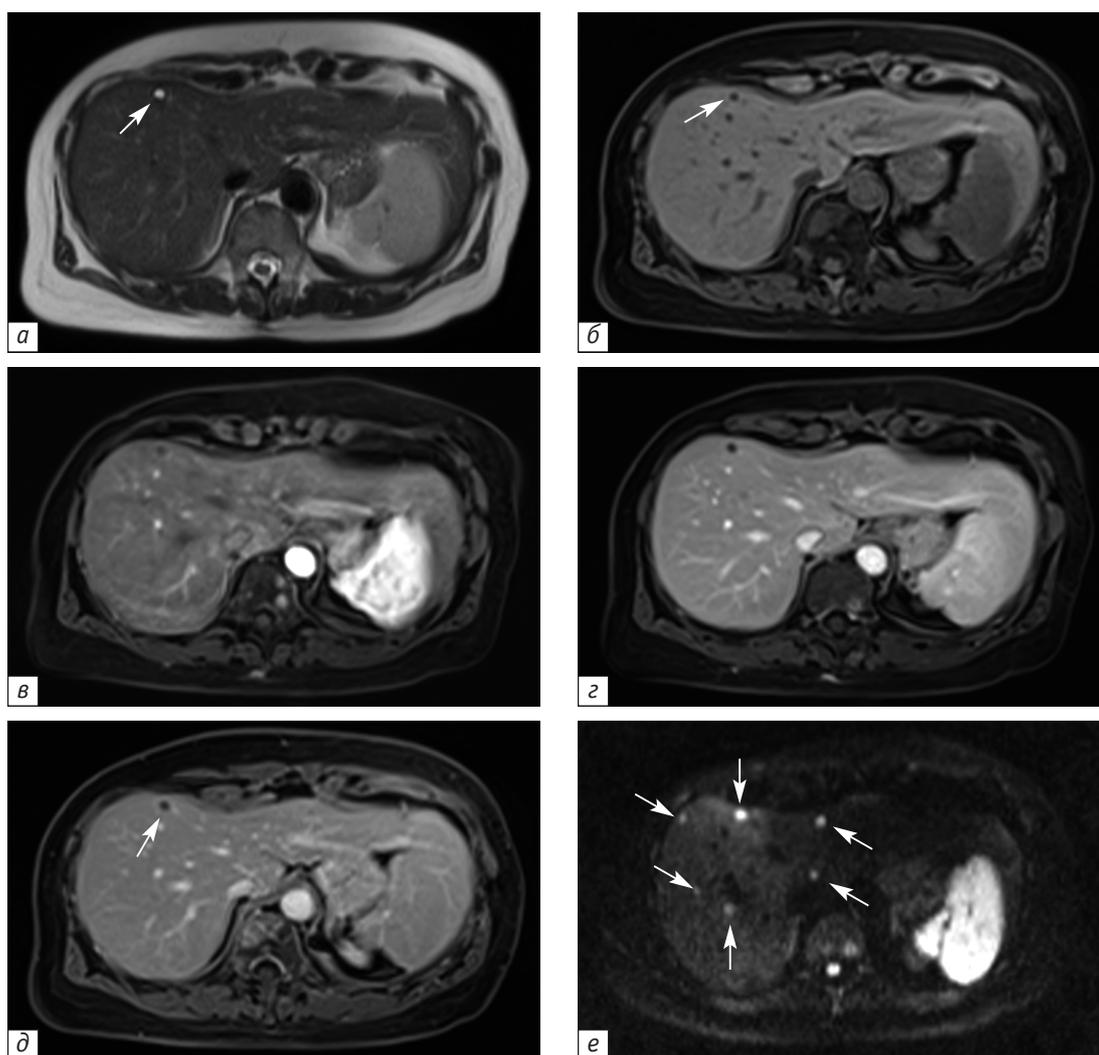


Рис. 1. Аксиальные магнитно-резонансные томограммы абдоминальной области пациентки 72 лет с множественными метастазами в печень:

а, б – Т2-томограмма и Т1-томограмма (нативная фаза), в левой доле печени (С4) подкапсулярная киста (стрелки), других очаговых образований не выявляется; в – артериальная фаза; г – венозная фаза; д – отсроченная фаза (5 мин), в левой доле (С2) неотчетливо визуализируется мелкое (до 1 см) очаговое образование; е – диффузионно-взвешенная томограмма (при $b = 400 \text{ с/мм}^2$), количество определяемых метастазов (стрелки) значительно больше, чем при контрастировании в различные фазы исследования

в печени по данным ДВ МРТ оказалось несколько больше (от 1 до примерно 100), чем при внутривенном контрастировании. У 1 больной (из этих 6) выявлены множественные мелкие метастазы (около 100), которые не определялись при внутривенном контрастировании (рис. 2).

Необходимо отметить, что в наших наблюдениях не было случаев, когда бы метастаз, выявленный при внутривенном контрастировании, не был обнаружен при ДВ МРТ. Противоположных случаев было много – точное количество метастатических очагов, выявленных при ДВ МРТ, но не выявленных при внутривенном контрастировании, подсчитать затруднительно, учитывая их множественный характер.

Обсуждение

Обобщая приведенные данные, следует еще раз подчеркнуть высокую информативность и результативность методики ДВ МРТ, необходимость включения которой в стандартный протокол МРТ-исследований брюшной полости у онкологических больных не вызывает сомнений. Более того, контроль эффективности проводимого химиотерапевтического лечения пациентов с метастатическим поражением печени, по нашему мнению, допустимо осуществлять без применения методики внутривенного контрастирования, что вполне согласуется со схожей точкой зрения ряда авторов

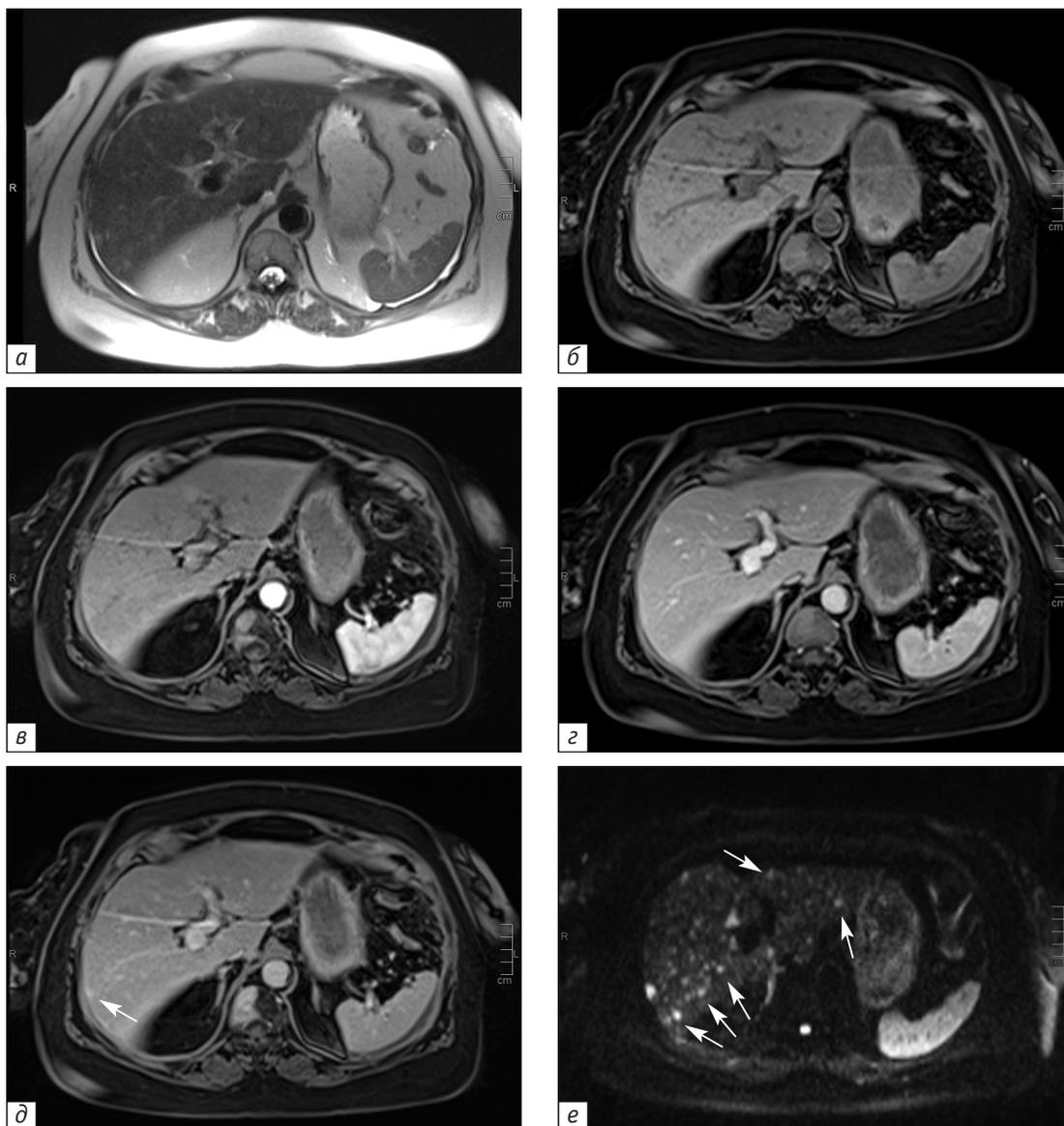


Рис. 2. Аксиальные магнитно-резонансные томограммы абдоминальной области пациентки 61 года с тотальным метастатическим поражением печени:

а – T2-томограмма; б – T1-томограмма (нативная фаза); в – артериальная фаза; з – венозная фаза, убедительные признаки наличия очаговых образований в печени отсутствуют; д – отсроченная фаза (5 мин), подкапсульно (С6–7) едва заметный гиперинтенсивный очажок менее 1 см (стрелка); е – диффузионно-взвешенная томограмма (при $b = 400 \text{ с/мм}^2$), отчетливое выявление множественных, нечисленных, преимущественно мелких метастатических очагов различных размеров

[14–16]. Кроме того, такой подход может иметь и существенный экономический эффект для крупных онкологических клиник в виде уменьшения затрат на МР-контрастные препараты у соответствующих больных [14, 16].

Мы провели ориентировочный подсчет возможного экономического эффекта при использовании упомянутого выше подхода: во всех клиниках НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина ежегодно наблюдаются и получают соответствующее лечение по поводу метастатического поражения печени около 500 пациенток с раком молочной железы. Для корректной оценки эффективности проводимого им лечения считается целесообразным выполнение контрольных МРТ-исследований абдоминальной области каждые 2 мес, то есть 6 раз в год. Итого для 500 пациенток – 3000 МРТ-исследований с внутривенным контрастированием. При стоимости 1 флакона (15 мл) МР-контрастного препарата, например гадодиамида (Омнискан®), в среднем (по ценам на январь 2019 г.) около 2300 руб. получаем: 2300 руб. × 3000 = 6 900 000 руб. Стоимость исследований с применением гадопентетовой кислоты (Магневиста®) составит в среднем: 2500 руб. × 3000 =

= 7 500 000 руб. То есть при отказе от внутривенного контрастирования, но с качественно выполненной методикой ДВ МРТ можно сэкономить около 7–7,5 млн руб. в год.

Разумеется, приводимый нами подсчет можно считать приблизительным, но возможная экономия государственных средств позволяет принимать его во внимание (при наличии в крупных онкологических клиниках современных МР-томографов и соответствующего опыта у врачей-диагностов).

Заключение

Таким образом, результаты применения методики ДВ МРТ свидетельствуют о значительно большей ее результативности в сравнении с данными традиционного внутривенного контрастирования, что обуславливает необходимость включения этой методики в стандартный протокол МРТ-исследований абдоминальной области у пациентов с метастатическим поражением печени (установленным или предполагаемым). Кроме того, такой подход может иметь и существенный экономический эффект для крупных онкологических клиник.

Литература [References]

1. Клинические рекомендации по раку молочной железы. Ассоциация онкологов России и Российское общество клинической онкологии. 2018. URL: https://oncology-association.ru/files/clinical-guidelines_adults%C2%A0-%20projects2018/rak_molochnoy_zhelezy_pr2018.pdf (дата обращения 16.10.2019) [Clinical recommendations on breast cancer. Russian Association of Oncologists and Russian Society of Clinical Oncology. 2018. Available at: https://oncology-association.ru/files/clinical-guidelines_adults%C2%A0-%20projects2018/rak_molochnoy_zhelezy_pr2018.pdf (accessed October 16, 2019) (in Russ.).]
2. Аксель Е.М., Михайлов Э.А. Статистика рака молочной железы в Москве. *Вопросы онкологии*. 2005; 51 (6): 656–8. [Aksel E.M., Mikhaylov E.A. The breast cancer statistics in Moscow. *Problems in Oncology*. 2005; 51 (6): 656–8 (in Russ.).]
3. Li X., Meng Z., Guo W., Li J. Treatment for liver metastases from breast cancer: results and prognostic factors. *World J. Gastroenterol.* 2005; 11 (24): 3782–7. DOI: 10.3748/wjg.v11.i24.3782
4. Carlini M., Lonardo M.T., Carboni F., Petric M., Vitucci C., Santoro R. et al. Liver metastases from breast cancer. Results of surgical resection. *Hepatogastroenterology*. 2002; 49 (48): 1597–601.
5. Wyld L., Gutteridge E., Pinder S.E., James J.J., Chan S.Y., Cheung K.L. et al. Prognostic factors for patients with hepatic metastases from breast cancer. *Br. J. Cancer*. 2003; 89 (2): 284–90. DOI: [org/10.1038/sj.bjc.6601038](https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6601038)
6. Rubino A., Doci R., Foteuh J.C., Morengi E., Fissi S., Giorgetta C. et al. Hepatic metastases from breast cancer. *Updates Surg.* 2010; 62 (3–4): 143–8. DOI: 10.1007/s13304-010-0026-7
7. Mayordomo J.I., Milla A., Morales S., Yubero A., Lorenzo A., Baena J.M. et al. Biweekly docetaxel and vinorelbine as first-line chemotherapy in metastatic breast cancer. *Clin. Breast Cancer*. 2004; 5 (2): 131–5. DOI: 10.3816/cbc.2004.n.017
8. Strobel D., Bernatik T., Blank W., Schuler A., Greis C., Dietrich C.F., Seitz K. Diagnostic accuracy of CEUS in the differential diagnosis of small (≤20 mm) and subcentimetric (≤10 mm) focal liver lesions in comparison with histology. Results of the DEGUM multicenter trial. *Ultraschall Med.* 2011; 32 (6): 593–7. DOI: 10.1055/s-0031-1271114
9. Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И. Особенности современной диагностики метастазов колоректального рака в печень. *Oncological Coloproctology*. 2013; 4: 21–8 (in Russ.). DOI: 10.17650/2220-3478-2013-0-4-23-30 [Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T., Lepedatu P.I. Specific features of the current diagnosis of colorectal cancer liver metastases. *Oncological Coloproctology*. 2013; 4: 21–8 (in Russ.). DOI: 10.17650/2220-3478-2013-0-4-23-30]
10. NCCN Guidelines. Breast cancer. 2018 (V4). Available at: <https://www.nccn.org/patients/guidelines/breast-invasive/4/> (accessed October 18, 2019).
11. Kenis C., Deckers F., De Foer B., Van Mieghem F., Van Laere S., Pouillon M. Diagnosis of liver metastases: can diffusion-weighted imaging (DWI) be used as a stand alone sequence? *Eur. J. Radiol.* 2012; 81 (5): 1016–23. DOI: 10.1016/j.ejrad.2011.02.019
12. Hardie A.D., Naik M., Hecht E.M., Chandarana H., Mannelli L., Babb J.S., Taouli B. Diagnosis of liver metastases: value of

- diffusion-weighted MRI compared with gadolinium-enhanced MRI. *Eur. Radiol.* 2010; 20 (6): 1431–41. DOI: 10.1007/s00330-009-1695-9
13. Koh D.M., Brown G., Riddell A.M., Scurr E., Collins D.J., Allen S.D. et al. Detection of colorectal hepatic metastases using MnDPDP MR imaging and diffusion weighted imaging (DWI) alone and in combination. *Eur. Radiol.* 2008; 18 (5): 903–10. DOI: 10.1007/s00330-007-0847-z
 14. Романова К.А. Анализ современных возможностей МРТ-диагностики очаговых образований в печени. *Российский онкологический журнал.* 2015; 20 (1): 47–54.
 15. Лукьянченко А.Б., Медведева Б.М. Современная тактика распознавания новообразований печени. М.: Практическая медицина; 2015.
[Luk'yanchenko A.B., Medvedeva B.M. Modern tactics of liver neoplasms recognition. Moscow: Prakticheskaya meditsina; 2015 (in Russ.).]
 16. Riffel P., Schoenberg S.O., Krammer J. Importance of diffusion imaging in liver metastases. *Radiology.* 2017; 57 (5): 382–91. DOI: 10.1007/s00117-017-0233-z

Сведения об авторах | Information about the authors

Лукьянченко Александр Борисович*, д. м. н., профессор, вед. науч. сотр. Научно-исследовательского института клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, orcid.org/0000-0002-7021-6419

Медведева Белла Михайловна, д. м. н., вед. науч. сотр. Научно-исследовательского института клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, orcid.org/0000-0003-1779-003X

Колобанова Евгения Сергеевна*, аспирант Научно-исследовательского института клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, orcid.org/0000-0002-1563-0983

E-mail: evgesha.16.kolobanova@gmail.com

Романова Ксения Александровна, к. м. н., науч. сотр. Научно-исследовательского института клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, orcid.org/0000-0002-7654-3779

Магамедова Султанат Сиражутдиновна, ординатор Научно-исследовательского института клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, orcid.org/0000-0002-2014-586X

Alexander B. Lukiyanchenko*, Dr. Med. Sc., Professor, Leading Researcher, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation, orcid.org/0000-0002-7021-6419

Bela M. Medvedeva, Dr. Med. Sc., Leading Researcher, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation, orcid.org/0000-0003-1779-003X

Evgenia S. Kolobanova*, Postgraduate, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation, orcid.org/0000-0002-1563-0983

E-mail: evgesha.16.kolobanova@gmail.com

Ksenia A. Romanova, Cand. Med. Sc., Researcher, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation, orcid.org/0000-0002-7654-3779

Sultanat S. Magamedova, Resident Physician, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation, orcid.org/0000-0002-2014-586X