

DOI: 10.24835/1607-0763-2017-1-20-28

Контрастная МРТ с эффектом переноса намагниченности в дифференциальной диагностике гемангиом и метастатических очагов печени

Санников М.Ю.^{2,3}, Бородин О.Ю.^{1,2,3*}, Ермакова А.А.¹, Колотушкина А.А.²

¹ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск, Россия

² ОГАУЗ «Томский областной онкологический диспансер», Томск, Россия

³ Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский научный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging with Magnetic Transfer Effect in Differential Diagnosis of Hemangiomas and Metastases of Liver

Sannikov M.Yu.^{2,3}, Borodin O.Yu.^{1,2,3*}, Ermakova A.A.¹, Kolotushkina A.A.²

¹ Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

² Tomsk Regional Oncology Center, Tomsk, Russia

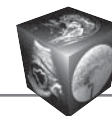
³ Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

Цель исследования: проанализировать операционные характеристики контрастной магнитно-резонансной томографии (МРТ) печени с использованием эффекта переноса намагниченности в дифференциальной диагностике гемангиом и метастатических очагов в сравнении с динамическим контрастированием.

Материал и методы. Материалом исследования являлись изображения динамической контрастной МРТ 25 пациентов с диагнозом направления очаговое поражение печени. Критерием включения являлось обнаружение типичной МР-семиотики для гемангиом ($n = 10$ (40%)) или множественных метастазов печени ($n = 15$ (60%)). В группе с метастазами критериями исключения являлись первичное обнаружение неясных единичных очаговых образований, а также диагностика других первичных новообразований, в частности холангиоцеллюлярного рака ($n = 1$). Все МРТ-исследования проводили с использованием МР-томографа Toshiba TitanOctave 1,5 Т. Т1-взвешенное статическое контрастное МРТ-исследование печени выполняли через 3–5 мин после серии динамической контрастной МРТ в режимах: T1-FE-FSat и T1-TSE-MTC ($\Delta f = -210$ Гц, $FA = 600^\circ$). В качестве контрастного препарата использовался магневист в дозе 0,1 ммоль/кг. Каждое очаговое поражение печени дифференцировали между гемангиомой и метастазом с расчетом коэффициента контраста (КК) для каждого очага.

Статистический анализ КК проводили с использованием Т-критерия Стьюдента и Т-критерия Уэлча. Показатели чувствительности и специфичности сравнивали при ROC-анализе.

Результаты. При статистическом анализе сравнивали выявленные очаговые образования печени, отнесенные к метастазам или гемангиомам. У всех включенных в исследование пациентов очаговые образования чаще были множественными и сравнительный анализ контрастности в режимах T1-FE-FSat и T1-TSE-MTC, таким образом, проводили на выборке из 21 (20%) гемангиомы и 84 (80%) метастазов. При сравнении КК выявлено значимое ($p < 10^{-4}$) повышение контрастности при использовании T1-TSE-MTC как в случае гемангиом, так и метастазов относительно T1-FE-FSat. При парном сравнении ROC-кривых не выявлено значимых различий при дифференцировании гемангиом и метастазов печени в режимах T1-FE-FSat и T1-TSE-MTC ($p > 0,18$). При парном сравнении КК между гемангиомами в режиме T1-FE-FSat и метастазами на изображениях T1-TSE-MTC значимых различий не выявлено ($p > 0,8$). При использовании обобщенного порогового значения $KK_{общ.} = 35,7\%$ в режимах T1-FE-FSat и T1-TSE-MTC наблюдается аддитивный эффект (чувствительность и специфичность – 98,8 и 85,7% соответственно).



Выводы. 1. Контрастная МРТ с применением эффекта переноса намагниченности позволяет значимо увеличить контрастность очаговых образований печени по типу гемангиом или метастазов.

2. Достигнутый уровень контрастности метастатических очагов печени на изображениях 2DTSE с эффектом переноса намагниченности соответствует таковому для гемангиом в режиме 2DFE.

3. Максимальные параметры чувствительности и специфичности в дифференциальной диагностике гемангиом и метастазов в печени достигаются при использовании 2D-FE-FSat и 2D-TSE-MTC в постконтрастную фазу.

Ключевые слова: перенос намагниченности, магнитно-резонансная томография, печень, гемангиомы, метастазы.

Ссылка для цитирования: Санников М.Ю., Бородин О.Ю., Ермакова А.А., Колотушкина А.А. Контрастная МРТ с эффектом переноса намагниченности в дифференциальной диагностике гемангиом и метастатических очагов печени. *Медицинская визуализация*. 2017; 21 (1): 20–28. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-1-20-28.

Objective: to investigate the operating characteristics of contrast MRI of the liver using magnetization transfer effect in the differential diagnosis of hemangiomas and metastatic lesions in comparison with dynamic contrast.

Material and methods. The material of the study were dynamic contrast MRI images of 25 patients with diagnosis of direction of focal liver lesion. Inclusion criteria were detection of typical MR-semiotic for hemangioma ($n = 10$ to 40% of cases) or multiple liver metastases ($n = 15$ to 60% of cases). In the group with metastases exclusion criteria was the primary detection of obscure single focal lesions, as well as the diagnosis of other primary tumors, in particular cholangiocellular cancer ($n = 1$). All MRI studies were performed using MRI Toshiba Titan Octave with of 1.5 Tesla magnetic field. T1-weighted static contrast MRI investigation of liver performed after 3–5 minutes after a series of dynamic contrast MRI with modes: T1-FE-FSat and T1-TSE-MTS ($\Delta f = -210$ Hz, $FA = 600^\circ$). The magnet at a dose of 0.1 mmol/kg was used as a contrast agent. Each focal liver

lesion differentiated between hemangioma and metastasis with the calculation of contrast ratio (CR) for each lesion. Statistical analysis of CR was performed using T-test and T-test Welch. The sensitivity and specificity parameters were compared during the ROC-analysis.

Results. In our statistical analysis groups formed not from patients, because we were compared results about focal lesions of a liver referred to metastasis or hemangiomas. All the patients included in a research had focal lesions mostly multiple and in the comparative analysis of contrast ratio in the T1-FE-FSat and T1-TSE-MTC was carried out on 21 (20%) hemangiomas and 84 (80%) metastases. The significant ($p < 10^{-4}$) contrast enhancement using T1-TSE-MTS, as in the case of hemangiomas and in metastatic lesions relative to T1-FE-FSat revealed by comparing the CRs. No significant differences were found in the differentiation of hemangiomas and liver metastases in modes T1-FE-FSat and T1-TSE-MTS when paired comparison of ROC-curves ($p > 0.18$). No significant differences were found when paired comparison of CRs between hemangiomas in T1-FE-FSat mode and metastases in T1-TSE-MTS images ($p > 0.8$). An additive effect (sensitivity and specificity – 98.8% and 85.7%) occurs when we used to CR $_{\text{comm}} = 35.7\%$ in T1-FE-FSat modes and T1-TSE-MTS.

Conclusions. 1. Contrast MRI using magnetization transfer effect allows significantly increase the contrast of focal liver formations on the type of hemangiomas and metastases.

2. The achieved contrast level in 2D TSE images with magnetization transfer effect of liver metastatic foci corresponds to that of hemangiomas in 2D FE mode.

3. Maximum parameters of sensitivity and specificity in the differential diagnosis of hemangiomas and liver metastases obtained by using 2D-FE-FSat and 2D-TSE-MTC in post contrast phase.

Key words: magnetization transfer effect, magnetic resonance imaging, liver, hemangiomas, metastasis.

Recommended citation: Sannikov M.Yu., Borodin O. Yu., Ermakova A.A., Kolotushkina A.A. Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging with Magnetic Transfer Effect in Differential Diagnosis of Hemangiomas and Metastases of Liver. *Medical visualization*. 2017; 21 (1): 20–28. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-1-20-28.

Для корреспонденции*: Бородин Олег Юрьевич – 634063, Россия, Томск, ул. И. Черных, 96, стр.16. Отделение лучевой диагностики Томского областного онкологического диспансера. Тел.: 8(3822)90-95-20. E-mail: oyborodin@yandex.ru

Санников Максим Юрьевич – врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики Томского областного онкологического диспансера, аспирант отделения РИТМД Научно-исследовательского института кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск; **Бородин Олег Юрьевич** – канд. мед. наук, заведующий отделением лучевой диагностики Томского областного онкологического диспансера, старший научный сотрудник отделения РИТМД Научно-исследовательского института кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук; ассистент кафедры биофизики и функциональной диагностики СибГМУ, Томск; **Ермакова Анастасия Александровна** – интерн кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии СибГМУ, Томск; **Колотушкина Анна Андреевна** – врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики Томского областного онкологического диспансера, Томск.

Contact*: Oleg Yu. Borodin – 634063, Russia, Tomsk, I. Chernih str., bld. 96, corp. 16. Tomsk regional oncology center. Phone: +7-3822-90-95-20. E-mail: oyborodin@yandex.ru

Maksim Yu. Sannikov – radiologist of radiology department of Tomsk Regional Oncology Center, research student of radiology department of Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk; **Oleg Yu. Borodin** – cand. of med. sci., head of radiology department of Tomsk Regional Oncology Center; Senior Fellow of radiology department of Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences; assistant professor of biophysics and functional diagnostics department of Siberian State Medical University, Tomsk; **Anastasiya A. Ermakova** – intern of the department of radiation diagnosis and radiation therapy of Siberian State Medical University, Tomsk; **Anna A. Kolotushkina** – radiologist of radiology department of Tomsk Regional Oncology Center, Tomsk.



Введение

Магнитно-резонансная томография (МРТ) с использованием контрастных агентов позволяет хорошо визуализировать различные образования в печени, в том числе метастатического характера с диагностической точностью 98% в случае гепатоспецифического динамического контрастирования [1]. Наиболее часто встречающимися доброкачественными новообразованиями паренхимы печени являются гемангиомы [2–4]. В то же время в онкологической практике существует проблема дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных очаговых образований в печени, например гемангиом и метастазов в печени, связанная со схожим характером накопления контрастного препарата при выполнении статической МРТ [5]. В некоторых случаях отличить гипervasкулярные метастазы от гемангиом не представляется возможным, даже при динамическом контрастном усилении [6]. В целом динамическое контрастное усиление значительно повышает чувствительность и специфичность методики в выявлении очагов вторичного поражения паренхимы печени в сравнении со статической картиной [5], но неминуемо влечет существенное увеличение длительности исследования и его стоимости. Поэтому задача совершенствования методики проведения статической контрастированной МРТ печени с целью повышения ее чувствительности и специфичности без использования динамического контрастирования и дорогостоящих гепатотропных парамагнетиков является актуальной.

Одним из вариантов повышения точности статической контрастной МРТ является применение эффекта переноса намагниченности, который позволяет увеличивать контрастность изображений очагов печени за счет преднасыщения связанных протонов макромолекул в ткани печени при частоте смещения $\Delta f = -210$ Гц и $FA = 600^\circ$, что вызывает снижение интенсивности T1-взвешенного изображения нормальной ткани печени, а следовательно, увеличение контрастности и максимальной интенсивности контрастирования метастатических очагов [7].

Цель исследования

Проанализировать операционные характеристики контрастной МРТ печени с использованием эффекта переноса намагниченности в дифференциальной диагностике гемангиом и метастатических очагов в сравнении с динамическим контрастированием.

Материал и методы

Материалом исследования являлись изображения всего исследования при динамической контрастной МРТ 25 пациентов с диагнозом направления очаговое поражение печени. Критерием включения являлось обнаружение типичной МР-семиотики для гемангиом ($n = 10$ (40%)) или множественных метастазов печени ($n = 15$ (60%)), направленных в Томский областной онкологический диспансер в 2015–2016 гг. (табл. 1). В группе с метастазами критериями исключения являлись первичное обнаружение неясных единичных очаговых образований, а также диагностика других первичных новообразований – холангиоцеллюлярного рака ($n = 1$). Все МРТ-исследования проводили с использованием высокопольного МР-томографа Toshiba Titan Octave с напряженностью магнитного поля 1,5 Т и амплитудой градиентной системы 30 мТ/м со скоростью изменения напряженности магнитного поля 50 мТ/м/мс. T1-взвешенное статическое контрастное МРТ-исследование печени выполняли через 3–5 мин после серии динамической контрастной МРТ толщиной срезов по 6 мм в трансверсальной плоскости на задержке дыхания со следующими параметрами: 1) T1-FE-FSat: $TR = 143$ мс, $TE = 4$ мс, $DFOV = 45,2 \times 42$ см, $MX = 256 \times 192$; 2) T1-TSE-MTC: импульс MTC ($\Delta f = -210$ Гц, $FA = 600^\circ$), $TR = 800$ мс, $TE = 10$ мс, $DFOV = 39,8 \times 34,7$ см, $MX = 256 \times 256$. В качестве контрастного препарата использовали гадолинийсодержащий парамагнетик на основе Gd-ДТПА (магневист, Bayer-Schering-Farma, Германия) в дозе 0,1 ммоль/кг, который вводили с использованием автоматического шприца-инъектора Ulrich Tennessee (США) со скоростью 1,5 мл/с. Для каждого очагового поражения печени, выявленного на любой импульсной последовательности всего исследования, в режимах сканирования T1-FE-FSat и T1-TSE-MTC рассчитывали коэффициент контраста (КК) по формуле:

$$KK = (I_{\text{очаг}} - I_{\text{печень}}) / I_{\text{печень}} \cdot 100\%,$$

где $I_{\text{очаг}}$ и $I_{\text{печень}}$ – это интенсивность изображения очага и прилегающей паренхимы печени после внутривенного контрастирования на 3–5-й минуте. Для обеспечения этого условия аксиальные T1-взвешенные последовательности выполнялись после корональной последовательно друг за другом.

Исходный массив данных интенсивностей и КК для каждого очага в режимах T1-FE-FSat и T1-TSE-MTC вносился в таблицу для статистического исследования. Классификацию очагов (0 – гемангиома или 1 – метастаз) проводили на основании

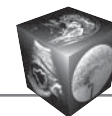


Таблица 1. Пациенты с гемангиомами и метастазами опухолей

№ пациента	Возраст, годы	Пол	Диагноз	Первичный диагноз	Количество очагов (n)
1	66	Ж	Метастазы в печени	Рак почки. Очаговое поражение печени	2
2	69	М	Метастазы в печени	Рак предстательной железы. Очаговое поражение печени	3
3	81	М	Метастазы в печени	Рак желудка. Очаговое поражение печени	6
4	57	М	Метастазы в печени	Рак поджелудочной железы. Очаговое поражение печени	17
5	58	М	Метастазы в печени	Рак толстой кишки. Очаговое поражение печени	3
6	65	Ж	Метастазы в печени	Рак молочной железы. Очаговое поражение печени	2
7	58	Ж	Метастазы в печени	Рак молочной железы. Очаговое поражение печени	18
8	66	М	Метастазы в печени	Рак прямой кишки. Очаговое поражение печени	6
9	56	М	Метастазы в печени	Рак сигмовидной кишки. Очаговое поражение печени	4
10	82	Ж	Холангиоцеллюлярный рак	Холангиоцеллюлярный рак (?). Очаговое поражение печени	1
11	69	М	Метастазы в печени	Рак привратника. Очаговое поражение печени	3
12	57	Ж	Метастазы в печени	Рак прямой кишки. Очаговое поражение печени	2
13	69	Ж	Метастазы в печени	Метахромный рак. Очаговое поражение печени	11
14	49	Ж	Метастазы в печени	Рак молочной железы. Очаговое поражение печени	2
15	39	Ж	Метастазы в печени	Рак молочной железы. Очаговое поражение печени	5
16	47	Ж	Гемангиомы	Очаговое поражение печени	4
17	61	Ж	Гемангиома	Очаговое поражение печени	1
18	67	Ж	Гемангиома	Очаговое поражение печени	1
19	69	М	Гемангиомы	Очаговое поражение печени	2
20	77	М	Гемангиомы	Очаговое поражение печени	2
21	50	Ж	Гемангиомы	Очаговое поражение печени	2
22	62	М	Гемангиомы	Очаговое поражение печени	2
23	55	Ж	Гемангиома	Очаговое поражение печени	1
24	67	Ж	Гемангиомы	Очаговое поражение печени	4
25	67	Ж	Гемангиома	Очаговое поражение печени	1

результатов оценки динамической контрастной МРТ, а также всех остальных выполненных импульсных последовательностей, морфологической верификации или по данным динамического наблюдения. Сравнительный анализ медиан КК для гемангиом и метастазов при использовании режимов сканирования T1-FE-FSat и T1-TSE-MTC проводился с использованием параметрического Т-критерия Стьюдента для зависимых выборок, а между собой с использованием Т-критерия Уэлча для несвязанных выборок с различной дисперсией. Показатели чувствительности и специфичности при различных пороговых значениях КК рассчитывали с использованием ROC-анализа в программе MedCalc 13.0 (Бельгия).

Результаты

В клиническом исследовании операционных характеристик диагностики очаговых образований печени с использованием T1-взвешенных изображений на основе импульсной последовательности быстрого спинного эха с эффектом переноса намагниченности ($\Delta f = -210$ Гц, $FA = 600^\circ$) выявлено

105 очагов в паренхиме печени. При статистическом анализе сравнивали выявленные очаговые образования печени, отнесенные к метастазам или гемангиомам. У всех включенных в исследование пациентов очаговые образования чаще были множественными и сравнительный анализ контрастности в режимах T1-FE-FSat и T1-TSE-MTC, таким образом, проводили на выборке из 21 (20%) гемангиомы и 84 (80%) метастазов. Семантические особенности контрастирования гемангиом печени при сканировании в режимах T1-FE-FSat и T1-TSE-MTC характеризовались наличием высокоинтенсивного контрастного усиления с получением следующих медиан и квартилей: $KK_{T1-FE-FSat} = 43,1\%$ (33,4; 50,0) и $KK_{T1-TSE-MTC} = 81,4\%$ (65,3; 90,0) в виде “глыбок” по периферии (рис. 1) или по типу тотального накопления парамагнетика всем очагом (рис. 2). В случае метастатического характера очага (рис. 3) наблюдали средне- или низкоинтенсивное неоднородное накопление парамагнетика в области очага, с нечеткими и неровными контурами, а также, в ряде случаев, отрицательное контрастирование за счет усиления интенсивности

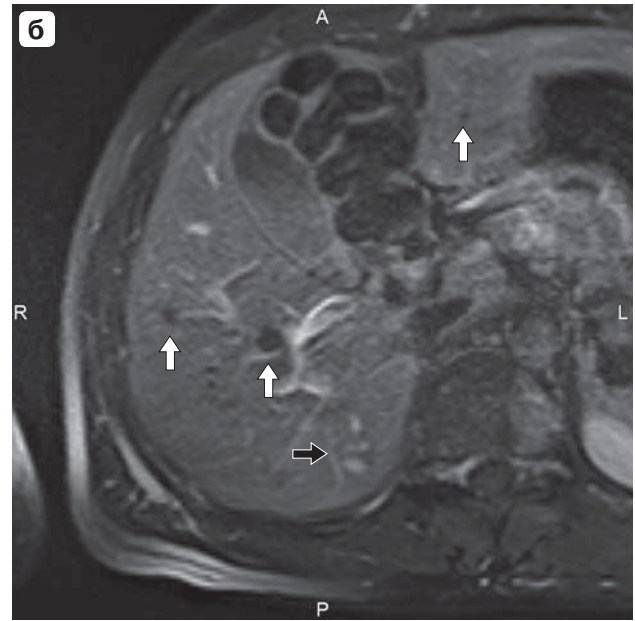
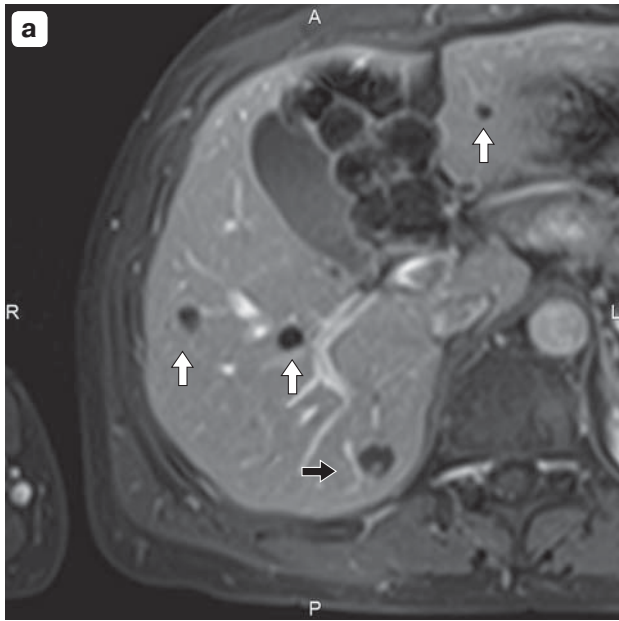


Рис. 1. МР-изображения гемангиомы $S_{VII/VI}$ печени. а – изображение T1-FE-FatSat; б – изображение T1-TSE-MTC. В $S_{VII/VI}$ печени определяется образование с периферическим глыбообразным (черная стрелка) накоплением контрастного препарата. Также на выделенном срезе определяются кисты (белые стрелки) без признаков накопления контрастного препарата.

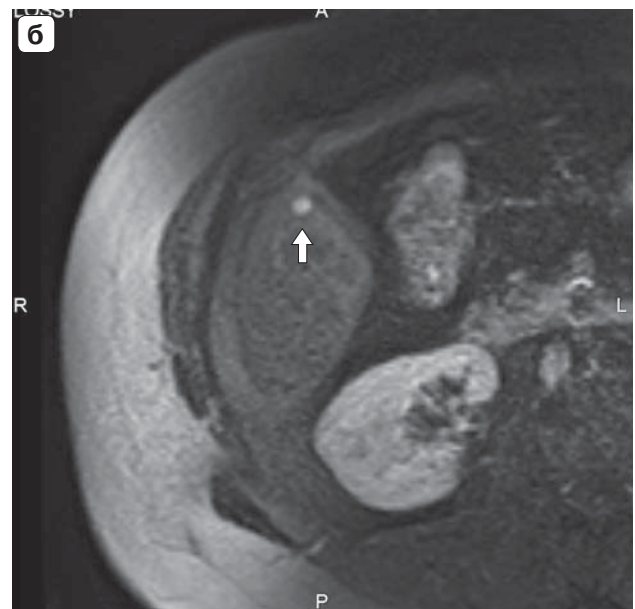
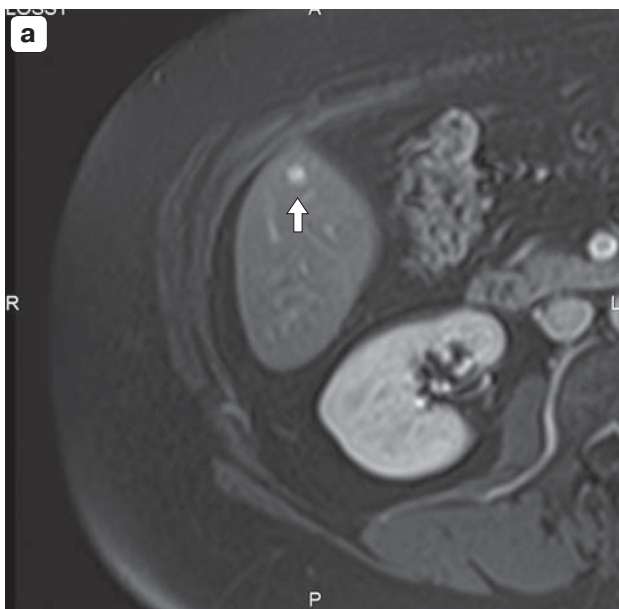


Рис. 2. МР-изображения гемангиомы S_V печени (стрелки). а – изображение T1-FE-FatSat; б – изображение T1-TSE-MTC. В S_V печени определяется образование с гомогенным накоплением контрастного препарата.

изображения паренхимы печени вокруг очага: $KK_{T1-FE-FSat} = 10,4\%$ (8,1; 15,7) и $KK_{T1-TSE-MTC} = 43,7\%$ (37,3; 51,1). При сравнении коэффициентов контрастности для связанных выборок выявлено значимое ($p < 10^{-4}$) повышение контрастности при использовании T1-TSE-MTC как в случае гемангиом, так и при визуализации метастазов относи-

тельно T1-FE-FSat (табл. 2). При парном сравнении КК между гемангиомами в режиме T1-FE-FSat и метастазами на изображениях T1-TSE-MTC значимых различий не выявлено ($p > 0,8$), что свидетельствует о возможности достижения уровня контрастного усиления метастазов в режиме с переносом намагниченности идентично таковому

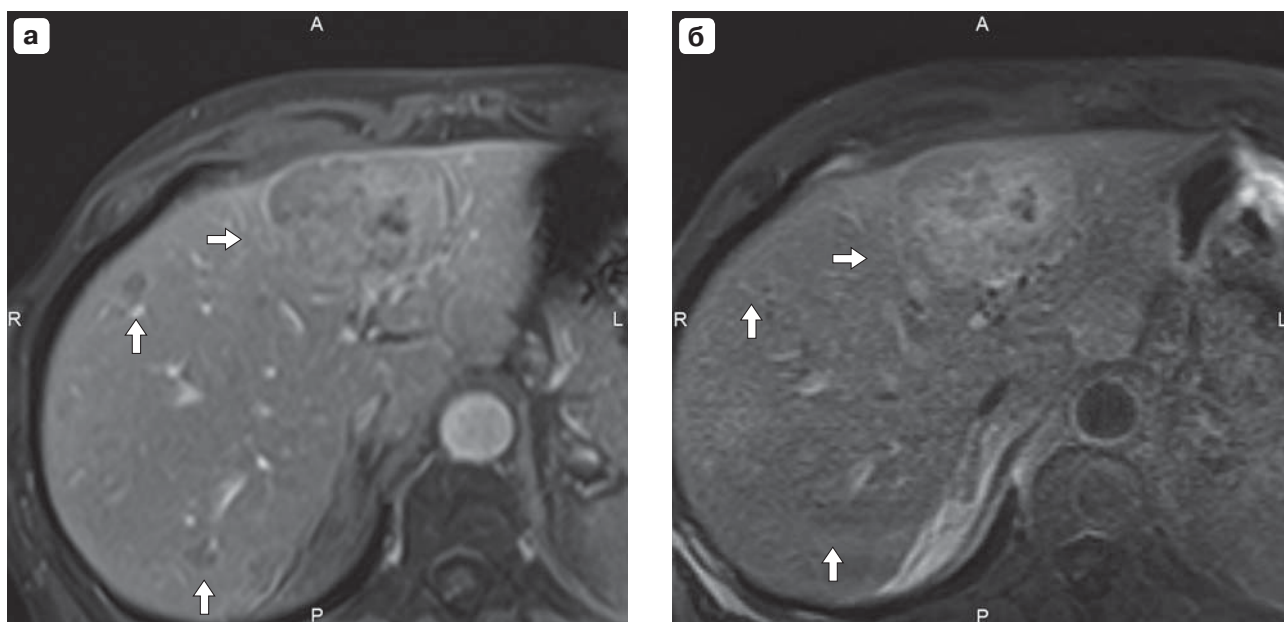


Рис. 3. МР-изображения множественных метастазов рака сигмовидной кишки, пациент 56 лет. а – изображение T1-FE-FatSat; б – изображение T1-TSE-MTC. В паренхиме печени определяются очаговые образования (стрелки) с неоднородным слабым накоплением контрастного препарата. Повышенная контрастность массивного очага на рис. б обусловлена снижением интенсивности окружающей паренхимы печени, в мелких очагах контрастность снижена.

Таблица 2. Медианы и квартили (Me; Q1:Q3) коэффициентов контраста в T1-взвешенном режиме без переноса намагниченности (T1-FE-FatSat) и с переносом намагниченности (T1-TSE-MTC)

Показатель	n	T1-FE-FatSat	T1-TSE-MTC	p
KK _{гемангиомы} , %	20	43,1% (33,4; 50,0)	81,4% (65,3; 90,0)	$<10^{-4}$
KK _{метастазы} , %	85	10,4% (8,1; 15,7)	43,7% (37,3; 51,1)	$<10^{-4}$

для гемангиом на изображениях T1-FE-FSat. Кроме того, при использовании эффекта переноса намагниченности выявлены значимые различия KK между гемангиомами и метастазами ($p < 10^{-4}$), так же как и на изображениях T1-FE-FSat.

Для сравнения операционных характеристик в дифференциальной диагностике гемангиом и метастазов печени нами использовался ROC-анализ и выявлены следующие пороговые значения KK: $KK_{T1-FE-FSat} = 23,6\%$ с чувствительностью и специфичностью 85,7 и 95,2% соответственно (рис. 4), а также $KK_{T1-TSE-MTC} = 73,0\%$ с чувствительностью 91,7% и специфичностью 66,7% (рис. 5). При парном сравнении ROC-кривых не выявлено значимых различий при дифференцировании гемангиом и метастазов печени в режимах T1-FE-FSat и T1-TSE-MTC ($p > 0,18$), однако ROC-кривая для T1-FE-FSat на графике располагается выше и ближе к левому верхнему углу (рис. 6). При обобщенном анализе контрастности очагов целесообразно использовать в качестве обобщенного порога $KK_{общ.} = 35,7\%$ и соответствующий алгоритм рассуждений: очаги, имеющие достигнутые

KK хотя бы в одном из режимов T1-FE-FSat или T1-TSE-MTC менее $KK_{общ.}$ считать метастатическими (гипотеза H1), если в обоих режимах достигнутый уровень KK более $KK_{общ.}$, то такие очаги считать гемангиомами (гипотеза H0). При использовании данного алгоритма дифференцирования гемангиом и метастазов в печени будет достигнут уровень чувствительности 98,8% и специфичности 85,7% с диагностической точностью 94,3% (рис. 7).

Обсуждение

Современные исследования показывают, что резекция метастазов печени увеличивает продолжительность жизни пациентов в 3,7 раза [8]. Из этого следует, что ранняя диагностика очаговых поражений печени вторичного характера является первостепенной задачей, где важная роль отведена лучевым методам исследования.

При компьютерной томографии гемангиомы выглядят как округлые образования пониженной плотности, с четкими, ровными или волнистыми контурами. Дифференциальная диагностика с другими очаговыми образованиями паренхимы

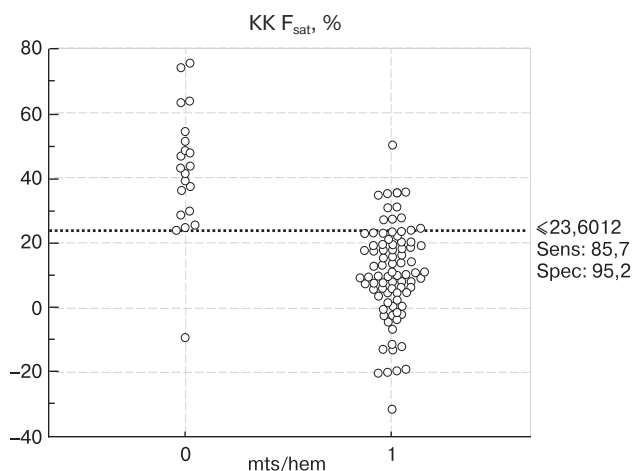


Рис. 4. Диаграмма чувствительности и специфичности для последовательности T1-FE-FatSat (Sens – чувствительность, Спес – специфичность; 0 – гемангиомы, 1 – метастазы).

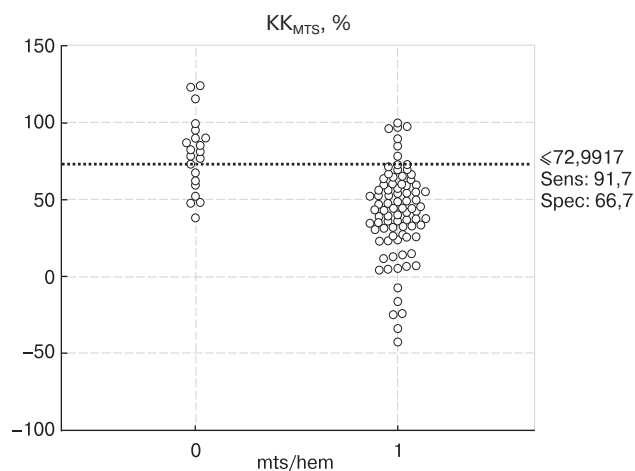


Рис. 5. Диаграмма чувствительности и специфичности для последовательности T1-TSE-MTC (Sens – чувствительность, Спес – специфичность; 0 – гемангиомы, 1 – метастазы).

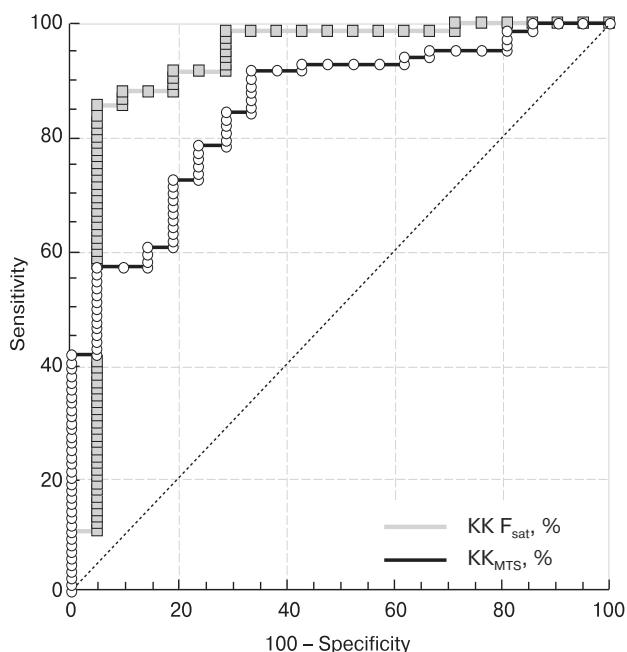


Рис. 6. График ROC-анализа чувствительности и специфичности для последовательности T1-TSE-MTC и T1-FE-FatSat. Sensitivity – чувствительность, Specificity – специфичность.

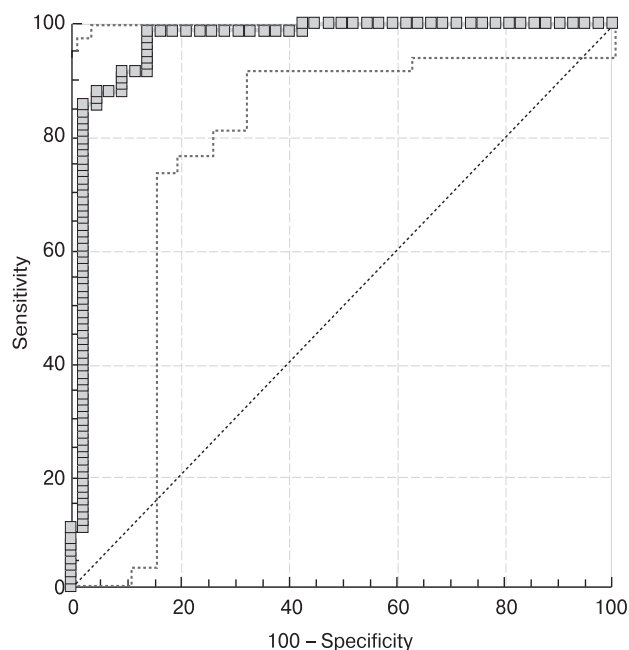
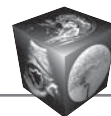


Рис. 7. График ROC-анализа чувствительности и специфичности при оценке результатов T1-TSE-MTC и T1-FE-FatSat с использованием обобщенного КК, $KK_{общ} = 35,7\%$. Sensitivity – чувствительность, Specificity – специфичность.

печени затруднительна без внутривенного контрастного усиления [9, 10]. Но даже при контрастном усилении остается сложной дифференциальная диагностика очагов менее 1 см. По мнению некоторых авторов, чувствительность данного метода составляет лишь 56% [11].

Динамическое контрастное усиление является важной частью МР-протокола визуализации печени из-за его высокой точности диагностики.

Модели динамического контрастного усиления для каждого конкретного очагового поражения паренхимы печени помогают сузить дифференциальный диагноз [12]. При динамическом введении гепатотропного парамагнетика в артериальную фазу контрастирования выявляется слабое периферическое гетерогенное усиление МР-сигнала с наличием сниженного накопления парамагнетика в центральной части метастатического очага.



В портоинозную и равновесную фазы метастазы характеризуются сниженным МР-сигналом относительно паренхимы печени. В гепатоспецифическую фазу интенсивность МР-сигнала от метастазов снижена по сравнению с интактной тканью печени в связи с отсутствием в метастатических очагах функционально активных гепатоцитов. Повышенное накопление парамагнетика в гемангиомах от периферии к центру во всех фазах динамического контрастного усиления является важным дифференциально-диагностическим критерием в сравнении с метастатическим поражением [13]. Распределение парамагнетика на изображениях с применением эффекта переноса намагниченности в метастатических очагах происходит в основном по периферии по типу “мишени”, в очагах менее 10 мм накопление контрастного препарата происходит практически гомогенно. В гемангиомах накопление парамагнетика варьирует от периферического глыбообразного до гомогенного, что затрудняет дифференциальную диагностику с метастазами.

Исследования по применению эффекта переноса намагниченности в диагностике объемных образований печени были описаны в работе М. Mahfouz и соавт. (2000). Авторы проводили диагностику очаговых поражений паренхимы печени при помощи включения в протокол сканирования последовательности с эффектом переноса намагниченности до и после контрастного усиления. Исследование проводилось на томографе фирмы Signa Advantage: GE Medical System с напряженностью магнитного поля 1,5 Т. Оцениваемый авторами коэффициент переноса намагниченности (MTR) представлял собой отношение интенсивности очага на изображении с преднасыщающим импульсом к интенсивности очага на изображении без эффекта переноса намагниченности. Результатом данного исследования было увеличение контраста между паренхимой печени и такими образованиями, как кисты и гемангиомы. Значимого увеличения контраста паренхимы печени со злокачественными очагами не было получено [14].

В проведенном исследовании применяемый КК наиболее адекватно оценивает контрастность между паренхимой печени и очаговыми образованиями. Исходя из полученных результатов расчетов КК видно, что контрастность очаговых образований при применении T1-взвешенной импульсной последовательности с эффектом переноса намагниченности становится выше по сравнению со стандартной последовательностью как при гемангиомах, так и в случае метастатического поражения. Наши исследования показали, что повышение контрастности метастатических

очагов в постконтрастную фазу достигается путем использования импульсной последовательности 2DTSE с переносом намагниченности с параметрами преднасыщающего импульса $\Delta f = -210$ Гц и $FA = 600^\circ$. Полученный при этом уровень контрастности метастазов соответствует таковому для гемангиом на стандартных постконтрастных изображениях с использованием импульсной последовательности 2DFE с подавлением сигнала от жировой ткани. Также, согласно нашим результатам, нельзя говорить о взаимозаменяемости этих импульсных последовательностей, а скорее об аддитивности получаемых результатов, что хорошо показано при использовании обобщенного КК для оценки результатов обеих импульсных последовательностей T1-FE-FS_{at} или T1-TSE-MTC и достижения более высоких значений чувствительности и специфичности.

Выводы

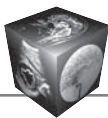
1. Контрастная МРТ с применением эффекта переноса намагниченности ($\Delta f = -210$ Гц и $FA = 600^\circ$) позволяет значительно увеличить контрастность очаговых образований печени по типу гемангиом и метастазов.

2. Достигнутый уровень контрастности метастатических очагов печени на изображениях 2DTSE с эффектом переноса намагниченности (2D-TSE-MTC) соответствует таковому для гемангиом в режиме 2DFE с подавлением сигнала от жировой ткани (2D-FE-FS_{at}).

3. Максимальные параметры чувствительности и специфичности в дифференциальной диагностике гемангиом и метастазов в печени достигаются при использовании 2D-FE-FS_{at} и 2D-TSE-MTC в постконтрастную фазу.

Список литературы

1. Ратников В.А., Савельева Т.В., Кащенко В.А., Кузнецов С.В., Скульский С.К., Марченко Н.В., Зорин Я.П., Крживицкий П.И., Пономарева О.И., Лубашев Я.А. Метастатическое поражение печени при колоректальном раке: стратегия комплексной лучевой диагностики. *Лучевая диагностика и терапия*. 2011; 4 (2): 5–16.
2. Bioulac-Sage P., Balabaud C., Bedossa P., Scoazec J. Y., Chiche L., Dhillon A. P., Ferrell L., Paradis V., Roskams T., Vilgrain V., Wanless I.R., Zucman-Rossi J., Laennec and Elves groups. Pathological diagnosis of liver cell adenoma and focal nodular hyperplasia: Bordeaux update. *J. Hepatol.* 2007; 46 (3): 521–527. DOI: 10.1016/j.jhep.2006.12.007
3. Rungsinaporn K., Phaisakamas T. Frequency of abnormalities detected by upper abdominal ultrasound. *J. Med. Assoc. Thai.* 2008; 91 (7): 1072–1075.
4. Акчурина Э.Д., Мершина Е.А., Сеницын В.Е. Диффузионно-взвешенные изображения при очаговой патологии печени. *Медицинская визуализация*. 2011; 2: 19–25.



5. Hasan H.Y., Hinshaw, J.L., Borman, E.J., Gegios A., Leverson G., Winslow E.R. Assessing normal growth of hepatic hemangiomas during long-term follow-up. *JAMA surgery*. 2014; 149 (12), 1266–1271. DOI: 10.1001/jamasurg.2014.477.
6. Tokgoz O., Unlu E., Unal I., Serifoglu I., Oz I., Aktas E., Caglar E. Diagnostic value of diffusion weighted MRI and ADC in differential diagnosis of cavernous hemangioma of the liver. *African Health Sci*. 2016. 16 (1): 227–233. DOI: 10.4314/ahs.v16i1.30.
7. Бородин О.Ю., Ермакова А.А., Сенько А.А., Санников М.Ю. Контрастная МРТ с эффектом переноса намагниченности при исследовании метастатического поражения печени. *Медицинская визуализация*. 2016; 1: 54–62.
8. Weis E., Salopek T.G., McKinnon J.G., Larocque M.P., Temple-Oberle C., Cheng T., McWhae J., Sloboda R., Shea-Budgell M. Management of uveal melanoma: a consensus-based provincial clinical practice guideline. *Current Oncol*. 2016; 23 (1): e57. DOI: 10.3747/co.23.2859.
9. Кармазановский Г.Г., Тинькова И.О., Щеголев А.И., Яковлева О.В. Гемангиомы печени: компьютерно-томографические и морфологические сопоставления. *Медицинская визуализация*. 2003; 4: 37–45.
10. Лукьянченко А.Б., Медведева Б.М. МРТ в диагностике и дифференциальной диагностике очаговых поражений печени. *Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН*. 2004; 1: 68–72.
11. Kuszyk B.S., Bluemke D.A., Urban B.A., Choti M.A., Hruban R.H., Sitzmann J.V., Fishman E.K. Portal-phase contrast-enhanced helical CT for the detection of malignant hepatic tumors: sensitivity based on comparison with intraoperative and pathologic findings. *Am. J. Roentgenol*. 1996; 166: 91–95. DOI: 10.2214/ajr.166.1.8571914
12. Maniam S., Szklaruk J. Magnetic resonance imaging: Review of imaging techniques and overview of liver imaging. *Wld J. Radiol*. 2010; 2 (8): 309–322. DOI: 10.4329/wjr.v2.i8.309.
13. Котляров П.М., Сергеев Н.И., Солодкий В.А., Шимановский Н.Л. Магнитно-резонансная томография печени с гепатотропными парамагнетиками в выявлении очаговой патологии печени и определении ее природы. *Медицинская визуализация*. 2011; 2: 26–33.
14. Mahfouz M., Zaky I., Maher M. Magnetization Transfer Magnetic Resonance Imaging of Hepatic Tumors. *J. Egypt. National Cancer Institute Change*. 2000; 2 (12): 191–198.
15. Vilgrain V., Wanless I.R., Zucman-Rossi J., Laennec and Elves groups. Pathological diagnosis of liver cell adenoma and focal nodular hyperplasia: Bordeaux update. *J. Hepatol*. 2007; 46 (3): 521–527. DOI: 10.1016/j.jhep.2006.12.007
16. Rungsinaporn K., Phaisakamas T. Frequency of abnormalities detected by upper abdominal ultrasound. *J. Med. Assoc. Thai*. 2008; 91 (7): 1072–1075.
17. Akchurina E.D., Merzhina E.A., Sinitsyn V.E. Diffusion-Weighted Imaging in Focal Liver Lesions. *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2011; 2: 19–25. (In Russian)
18. Hasan H.Y., Hinshaw, J.L., Borman, E.J., Gegios A., Leverson G., Winslow E.R. Assessing normal growth of hepatic hemangiomas during long-term follow-up. *JAMA surgery*. 2014; 149 (12), 1266–1271. DOI: 10.1001/jamasurg.2014.477.
19. Tokgoz O., Unlu E., Unal I., Serifoglu I., Oz I., Aktas E., Caglar E. Diagnostic value of diffusion weighted MRI and ADC in differential diagnosis of cavernous hemangioma of the liver. *African Health Sci*. 2016. 16 (1): 227–233. DOI: 10.4314/ahs.v16i1.30.
20. Borodin O.Yu., Ermakova A.A., Senko A.A., Sannikov M.Yu. Contrast-Enhanced MRI with Magnetization Transfer Effect in the Imaging of Liver Metastatic Lesion. *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2016; 1: 54–62. (In Russian)
21. Weis E., Salopek T.G., McKinnon J.G., Larocque M.P., Temple-Oberle C., Cheng T., McWhae J., Sloboda R., Shea-Budgell M. Management of uveal melanoma: a consensus-based provincial clinical practice guideline. *Current Oncol*. 2016; 23 (1): e57. DOI: 10.3747/co.23.2859.
22. Karmazanovsky G.G., Tin'kova I.O., Shchegolev A.I., Yakovleva O.V. Liver Hemangioma: CT Findings and Pathomorphological Correlation. *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2003; 4: 37–45. (In Russian)
23. Luk'yanchenko A.B., Medvedeva B.M. MRI in the diagnosis and differential diagnosis of focal liver lesions. *Vestnik RONC im. N.N. Blohina RAMN*. 2004; 1: 68–72. (In Russian)
24. Kuszyk B.S., Bluemke D.A., Urban B.A., Choti M.A., Hruban R.H., Sitzmann J.V., Fishman E.K. Portal-phase contrast-enhanced helical CT for the detection of malignant hepatic tumors: sensitivity based on comparison with intraoperative and pathologic findings. *Am. J. Roentgenol*. 1996; 166: 91–95. DOI: 10.2214/ajr.166.1.8571914
25. Maniam S., Szklaruk J. Magnetic resonance imaging: Review of imaging techniques and overview of liver imaging. *Wld J. Radiol*. 2010; 2 (8): 309–322. DOI: 10.4329/wjr.v2.i8.309.
26. Kotlyarov P.M., Sergeev N.I., Solodkiy V.A., Shimanovskiy N.L. Magnetic-Resonance Tomography of Liver with Hepatotropic Paramagnetic for Diagnostics of Focal Lesions. *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2011; 2: 26–33. (In Russian)
27. Mahfouz M., Zaky I., Maher M. Magnetization Transfer Magnetic Resonance Imaging of Hepatic Tumors. *J. Egypt. National Cancer Institute Change*. 2000; 2 (12): 191–198.

References

1. Ratnikov V.A., Savelyeva T.V., Kasshenko V.A., Kuznetsov S.V., Skulsky S.K., Marchenko N.V., Zorin Ya.P., Krzhivitskiy P.I., Ponomareva O.I., Lubashev Ya.A. Liver metastasis in patients with colorectal cancer: strategy of complex diagnostics with the use of visualizing methods. *Lučevaya diagnostika i terapiya*. 2011; 4 (2): 5–16. (In Russian)
2. Bioulac-Sage P., Balabaud C., Bedossa P., Scoazec J. Y., Chiche L., Dhillon A. P., Ferrell L., Paradis V., Roskams T.,

Поступила в редакцию 5.12.2016.
Принята к печати 18.01.2017.

Received on 5.12.2016.
Accepted for publication on 18.01.2017.