

Функциональная оценка печени у пациентов с заболеваниями желчных протоков с помощью гадоксетовой кислоты по сравнению с «золотым стандартом» — гепатобилисцинтиграфией

Шориков М.А. *, Сергеева О.Н., Кашкадаева А.В., Аверинова С.Г., Лаптева М.Г., Францев Д.Ю., Поляков А.Н., Кудашкин Н.Е., Алехин А.П., Мороз Е.А., Виршке Э.Р., Долгушин Б.И.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина» Минздрава России, Каширское ш., 23, Москва, 115478, Российская Федерация

Резюме

Цель исследования – сравнение эффективности оценки функции печени у пациентов с заболеваниями желчных протоков с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) с введением Gd-EOB-DTPA и «золотого стандарта» – гепатобилисцинтиграфии.

Материал и методы. В исследование включены 18 пациентов (11 мужчин, 7 женщин, возраст 29–70 лет, из них 16 – с опухолью Клацкина, 1 – с дисплазией эпителия желчных протоков, 1 – с внутриспеченочным холангиолитиазом) после билиарной декомпрессии, которым провели 21 парную МРТ и гепатобилисцинтиграфию с ^{99m}Tc -меброфенином с промежутком не более 3 дней между исследованиями. В одинаковых зонах интереса размером 30–50 пикселей, расположенных во II–III, IV, V–VIII, VI–VII секторах печени, был измерен МР-сигнал до введения МР-контрастного средства (МРКС), в стандартные сосудистые фазы и на 10-, 20-, 30- и 40-й минуте, затем сигнал был выражен как процент усиления по сравнению с преконтрастной серией. После проведения МР-волюмометрии был также определен функциональный объем левой и правой долей печени как площадь под кривой накопления МРКС, умноженная на объем доли, выраженная как процент от аналогично рассчитанной функции всей печени. Такие же параметры интенсивности и функциональные объемы были рассчитаны для гепатобилисцинтиграфического исследования.

Результаты. Функциональные объемы долей при использовании двух методов высоко коррелировали ($R=0,8$, $p<0,001$) и не демонстрировали достоверной разницы при сравнении с помощью критерия Манна–Уитни ($p>0,3$). Скорость выведения ^{99m}Tc -меброфенина также высоко коррелировала с данными, полученными при МРТ ($R=0,5–0,9$, $p<0,05$).

Заключение. МРТ с внутривенным введением Gd-EOB-DTPA показывает высокую корреляцию с «золотым стандартом», однако дополнительные исследования необходимы для уточнения возможностей и ограничений замены одного метода на другой.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; гадоксетовая кислота; гепатобилисцинтиграфия; функция печени; желчные протоки; опухоль Клацкина.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Шориков М.А., Сергеева О.Н., Кашкадаева А.В., Аверинова С.Г., Лаптева М.Г., Францев Д.Ю., Поляков А.Н., Кудашкин Н.Е., Алехин А.П., Мороз Е.А., Виршке Э.Р., Долгушин Б.И. Функциональная оценка печени у пациентов с заболеваниями желчных протоков с помощью гадоксетовой кислоты по сравнению с «золотым стандартом» – гепатобилисцинтиграфией. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2019; 100 (4): 200–8. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-4-200-208>

Статья поступила 25.01.2019 Принята к печати 12.02.2019

Liver Functional Evaluation Using Gadoteric Acid Versus the Gold Standard Hepatobiliary Scintigraphy in Patients with Bile Duct Diseases

Maksim A. Shorikov*, Ol'ga N. Sergeeva, Anna V. Kashkadaeva, Svetlana G. Averinova, Mariya G. Lapteva, Dmitriy Yu. Frantsev, Aleksandr N. Polyakov, Nikolay E. Kudashkin, Andrey P. Alekhin, Ekaterina A. Moroz, Eduard R. Virshke, Boris I. Dolgushin

N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation, Kashirskoe shosse, 23, Moscow, 115478, Russian Federation

Abstract

Objective. To compare liver function assessments using Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI and the gold standard hepatobiliary scintigraphy (HBS) in patients with bile duct diseases.

Material and methods. The investigation enrolled 18 patients (male/female = 11/7; age, 29–70 years, Klatskin tumor ($n=16$), bile duct epithelial dysplasia ($n=1$), intrahepatic cholangiolithiasis ($n=1$)) after biliary decompression, who underwent 21 paired MRIs and ^{99m}Tc -mebrofenin HBS at a study interval of no more than 3 days. In the same regions of interest with a size of 30–50 pixels located in liver segments II–III, IV, V–VIII, and VI–VII, a MRI signal was measured before MR contrast agent (MRCA) injection into the standard vascular phases and at 10, 20, 30 and 40 minutes, then the signal was expressed as a percentage of intensity compared to the precontrast series. After MR volumetry, the functional volumes of the left and right liver lobes were also defined as the area under the MRCA accumulation curve, which was multiplied by the lobe volume and expressed as a percentage of the similarly calculated function of the entire liver. Similar intensity parameters and functional volumes were estimated for a HBS study.

Results. The lobe functional volumes measured by the two methods were highly correlated ($R=0.8$; $p<0.001$) and did not show a significant difference at all when comparing with the Mann–Whitney test ($p>0.3$). The excretion rate of ^{99m}Tc -mebrofenin was also highly correlated with MRI findings ($R=0.5–0.9$; $p<0.05$).

Conclusion. Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI revealed a high correlation with the gold standard; however, additional studies are needed to clarify the possibilities and limitations of replacing one method with another one.

Keywords: magnetic resonance imaging; gadoteric acid; hepatobiliary scintigraphy; liver function; bile ducts; Klatskin tumor.

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

Funding. The study had no sponsorship.

For citation: Shorikov M.A., Sergeeva O.N., Kashkadaeva A.V., Averinova S.G., Lapteva M.G., Frantsev D.Yu., Polyakov A.N., Kudashkin N.E., Alekhin A.P., Moroz E.A., Virshke E.R., Dolgushin B.I. Liver functional evaluation using gadoteric acid versus the gold standard hepatobiliary scintigraphy in patients with bile duct diseases. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2019; 100 (4): 200–8 (in Russ.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-4-200-208>

Received 25.01.2019 Accepted 12.02.2019

Введение

Печень обладает высокой морфофункциональной пластичностью, обеспечивающей этому органу большой запас прочности, но в то же время усложняющей планирование ее обширных резекций: как правило, анатомической визуализации недостаточно для оценки переносимости вмешательства и требуется дополнительное исследование функционального резерва остающейся паренхимы [1–3].

Широкий спектр тестов, использующих такие индикаторы, как индоцианиновый зеленый, бромсульфалеин, флуоресцентные производные желчи, гепатотропные радиофармпрепараты (РФП) для скинтиграфии и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ), а также гепатотропные магнитно-резонансные контрастные средства (МРКС), был предложен для функционального обследования печени [4]. Из всего этого многообразия лишь гепатобилискинтиграфия (ГБС)/ОФЭКТ с гепатоспецифическими РФП и МРТ с гепатоспецифическими МРКС дают не ин-

тегральную, а топическую (посегментарную) оценку функции печени, востребованную хирургами-гепатологами. ГБС имеет 20-летнюю «историческую фору» по отношению к МРТ с гепатотропными МРКС, за это время она стала «золотым стандартом» функциональной диагностики [5, 6]. Несмотря на молекулярные предпосылки для взаимозаменяемости данных методик, они сравнивались лишь в единичных работах на малых выборках пациентов [5, 6].

Целью настоящего исследования стало проведение корреляционного анализа параметров, полученных по результатам МРТ-исследования с введением гепатотропного МРКС Gd-EOB-DTPA и ГБС с введением ^{99m}Tc -меброфенина у пациентов с заболеваниями желчных протоков.

Материал и методы

В исследование включены 18 пациентов (11 мужчин и 7 женщин, от 29 до 70 лет) с поражением желчных протоков (16 случаев – опухоль Клацкина, 1 – дисплазия эпителия желчных протоков,

1 – внутривенный холангиолиз) после билиарной декомпрессии. Пациентам было проведено 21 парное МРТ- и ГБС-исследование, выполненное с интервалом 0–3 дня.

Гепатобилисцинтиграфия. ГБС с гепатотропным РФП ^{99m}Tc -меброфенином проводили на 2-детекторной камере в 2-планарном режиме регистрации данных (в передней и задней проекциях).

Трехфазная измерительная схема ГБС включает:

1) проводимую (чаще натощак) фазу базового функционального исследования после внутривенного введения ^{99m}Tc -меброфенина длительностью 21 мин (1 минута регистрируется в режиме 5 с/кадр, остальные 20 минут – 20 с/кадр), затем следует перерыв 20–25 мин;

2) после этого без введения РФП проводят запись функционального досмотра в течение 21 мин, затем следует перерыв 10–15 мин;

3) без введения РФП выполняют запись второго функционального досмотра в течение 7 мин.

Исследование осуществляется натощак у пациентов с сохранным желчным пузырем, у пациентов с удаленным желчным пузырем – через 1 ч после легкого завтрака. Сразу после первой фазы проводится щадящая функциональная проба на активизацию оттока из желчного пузыря (чай с 1–2 дольками шоколада); сразу после второй фазы выполняется дополнительная активизация оттока в гепатобилиарную систему с помощью спазмолитика (но-шпа – 1 табл. (40 мг)).

При ГБС-исследованиях применяем 2-детекторную камеру E-com. Доза ^{99m}Tc -меброфенина для взрослых – 111 МБк (3 мКи), получаемая при этом эффективная эквивалентная доза – 0,9 мЗв.

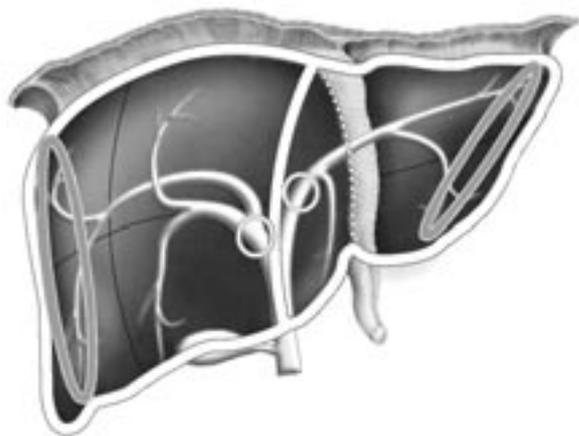


Рис. 1. Зоны оценки параметров ГБС. Выделенные белым доли печени – оценка функциональных объемов ($F\%_L; F\%_R$), эллипсами обозначены зоны оценки периферического выведения РФП ($U_p L$ и $U_p R$), кругами – зоны оценки выведения РФП в области конfluence в проекции печеночных протоков ($U_c L$ и $U_c R$)

Функциональная диагностика по данным ГБС, в первую очередь, опирается на оценку $Gliv$ – показателя уровня концентрации гепатотропного РФП в паренхиме, который вычисляется как для печени в целом ($Gliv_{total}$), так и отдельно для зон левой и правой долей печени ($Gliv_L$ и $Gliv_R$).

Оценка и характеристика кривых выполняется в системе Winrada, разработанной в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина специально для анализа результатов ГБС.

По данным ГБС в дальнейшем были получены следующие показатели (рис. 1).

$F\%_L; F\%_R$ – «функциональные объемы» – оценка относительных долевых вкладов активности РФП в суммарное накопление в печени, осуществляется по алгоритму «линеаризованных площадей под кривой», то есть площадей под кривой накопления двух анатомических долей в первые 20 мин исследования, выраженных как процент от площади накопления гепатотропного РФП всей печенью (рис. 2). Для одного исследования, проведенного после резекции печени, данный параметр получен не был.

$U\%$ – группа показателей скорости выведения меченой желчи в региональных отделах гепатобилиарной системы (U_p – периферические зоны печени, U_c – вблизи конfluence желчных протоков

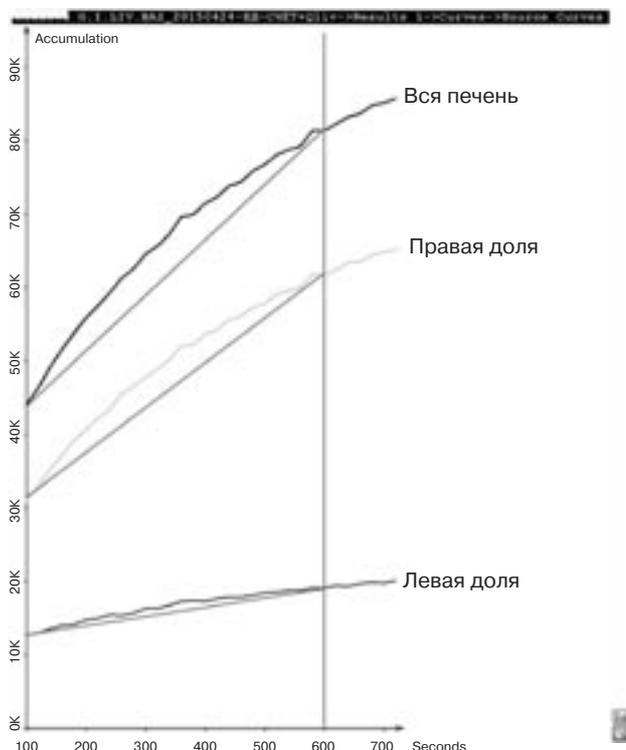


Рис. 2. Оценка относительных долевых вкладов активности РФП в суммарное накопление в печени по алгоритму «линеаризованных площадей под кривой»: верхняя кривая – вся печень, средняя кривая – только правая доля, нижняя кривая – только левая доля

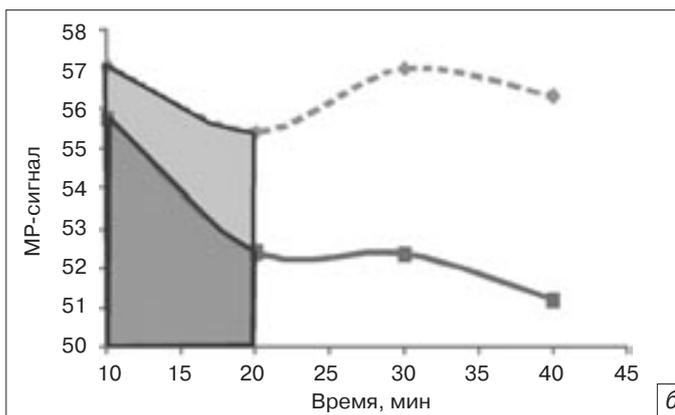
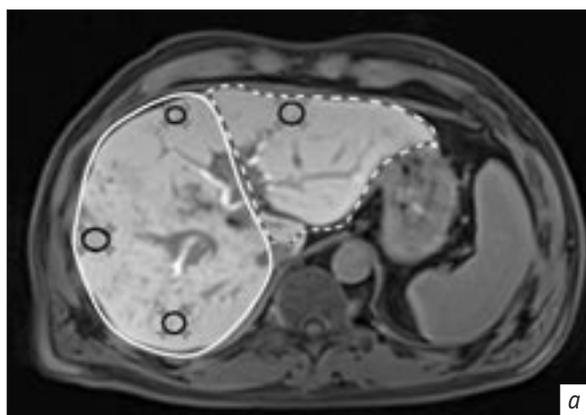


Рис. 3. Метод обработки МР-изображений:

а – T1-взвешенная магнитно-резонансная томограмма с подавлением сигнала от жировой ткани через 20 мин после введения гепатотропного МРКС: в выделенных черными кругами участках определяется значение МР-сигнала, выраженное как процент по сравнению с преконтрастной серией, анатомические доли печени выделены белой (правая доля) и пунктирной (левая доля) линиями; б – график изменения МР-сигнала в левой (пунктирная линия) и правой (сплошная линия) долях, трапециями показана площадь под кривой с 10-й по 20-ю минуты. Умножение указанной площади на объем соответствующей доли дает параметр «функциональный объем»

в проекции правого и левого долевого протоков, см. рис. 1), определяется при базовом тесте и до просмотре как выраженное в процентах отношение уровня сигнала. В ходе одного исследования, проведенного после резекции печени, данный параметр не был получен для удаленной правой доли.

Магнитно-резонансная томография. МРТ-исследования были проведены на МРТ-аппаратах 1,5 Т ($n=17$), 3,0 Т ($n=2$) с использованием многоканальной 12-элементной приемной катушки «для тела», которую укладывали на область брюшной полости пациентов, размещенных внутри аппарата в положении на спине.

Исследования проводились после 4 ч голодания.

При анализе полученных данных использовались 3D-последовательности с толщиной среза 3 мм на основе градиентного эхо с подавлением сигнала от жировой ткани T1-VIBE (Volumetric interpolated breath-hold examination, задержка дыхания составляла 15–23 с в зависимости от размера области исследования) до введения гепатотропного МРКС (преконтрастные изображения) и после: в артериальную (далее обозначено как «а»), портальную («п»), венозную («в») фазы, а также в отсроченные фазы: через 1 мин (обозначено как «о»), 10, 20, 30 и 40 мин (в дальнейшем – «гепатобилиарные фазы», обозначены как «10», «20», «30» и «40») после введения.

По преконтрастным изображениям пациентам была проведена волюмометрия анатомических правой и левой долей печени в программе 3DSlicer 4.4.0 (разработка Slicer Community).

Также определялось значение МР-сигнала (в %, увеличение относительно преконтрастной серии) после введения Gd-EOB-DTPA в выбранных ROI (зоны интереса, Regions of Interest, ≈ 50 пиксе-

лов), соответствующих участкам паренхимы без наличия крупных сосудов и протоков II–III, IV, V–VIII и VI–VII секторов печени, в каждую из полученных фаз. Дополнительно были измерены скоростные показатели, выраженные как отношение интенсивностей сигнала в различные фазы.

Далее при усреднении полученных параметров по секторам, соответствующим анатомическим долям печени, были получены показатели интенсивности сигнала и скорости изменения концентрации для двух долей печени: а, п, в, о, 10, 20, 30, 40, о/в, о/п, о/а, в/п, в/а, п/а, 40/10, 40/20, 40/30, 30/20, 30/10, 20/10, а/40, а/30, а/20, а/10, п/40, п/30, п/20, п/10, в/40, в/30, в/20, в/10, о/40, о/30, о/20, о/10.

Коэффициент корреляции уровня МР-сигнала между сосудистыми фазами и гепатобилиарными составил 0,4–0,6 (слабая-средняя корреляция), при этом максимальный $R=0,6$ отмечался при корреляции фазы, отсроченной на 1 мин после введения МРКС, и фазы, отсроченной на 10 мин после введения, то есть соответствовал пограничным фазам, когда могли сосуществовать одновременно сосудистый и гепатобилиарный компоненты.

Также были вычислены функциональные объемы долей печени по данным МРТ.

Показатель $Fmri$ – определяется по результатам оценки относительных долевого вкладов в суммарное накопление МРКС в печени, то есть площади под кривой накопления двух анатомических долей, начиная с 10-й минуты, выраженных как процент от площади накопления гепатотропного МРКС всей печенью. В одном случае при исследовании, проведенном после резекции печени, оценка была невозможна.

Процесс получения параметров показан на рисунке 3.

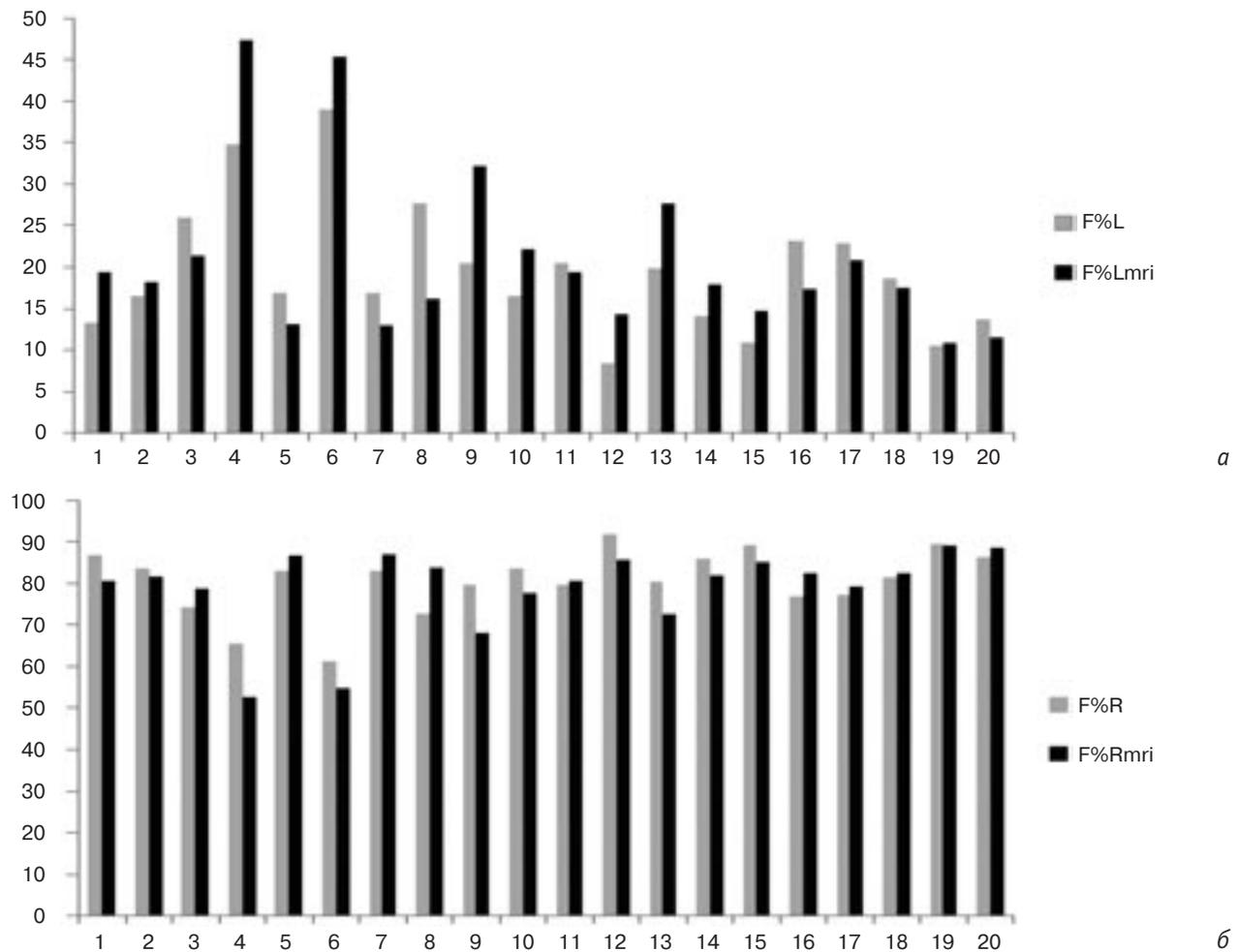


Рис. 4. Значения функциональных объемов (ось ординат) по данным ГБС (серые столбцы) и МРТ (черные столбцы) для левой (а) и правой (б) долей печени. По оси абсцисс показаны отдельные исследования, достоверных отличий полученных данных не выявлено ($p > 0,25-0,30$, $R = 0,77-0,79$)

Статистические методы. Для установления корреляции применялись линейная, лог-линейная и полиномиальная регрессии с уровнем достоверности не менее 0,05. Для оценки качества корреляции оценивался коэффициент корреляции или псевдокорреляции Нэйджелкерка R.

Для сравнения функциональных объемов, полученных разными методами, использовался критерий Уилкоксона.

Результаты

Функциональные объемы, полученные двумя разными методами, достоверно не отличались друг от друга ($p > 0,25-0,30$, $R = 0,77-0,79$, рис. 4), независимо от выбора временного интервала для вычисления функционального объема по данным МРТ ($p > 0,99$; 10–20, 20–30 или 30–40 мин).

Показатели скорости (U) выведения желчи в обеих долях печени на ее периферии и в проекции долевого протока дают среднего и высокого качества корреляции с полученными по данным

МРТ параметрами: $R = 0,30-0,97$, $p < 0,05-0,0001$. Полученные результаты объединены в таблице, построение регрессии по совокупности параметров дает $R = 0,99$ для всех указанных случаев.

Несмотря на относительно слабую взаимосвязь между уровнем сигнала в сосудистые и гепатобилиарные фазы по данным МРТ, примечательным является тот факт, что высокую корреляцию со скоростью выведения гепатотропного РФП показывают не только уровень сигнала и его относительное изменение с 10-й по 40-ю минуты, но и в сосудистые фазы, а также отношение уровня МР-сигнала в сосудистые и гепатобилиарные фазы.

Обсуждение

В основе методов оценки функции печени с помощью индикаторных веществ, применяемых в клинической практике, лежит один и тот же биологический феномен – гепатоцитопосредованная детоксикация, включающая четыре фазы: фаза 0 – накопление вещества в гепатоците, фаза I – метаболизм

вещества, фаза II – конъюгация, фаза III – выведение вещества и/или его метаболитов из гепатоцита [4].

Возможность зарегистрировать пространственную локализацию ряда индикаторных веществ с помощью методов медицинской визуализации легла в основу топической оценки функции печени.

Механизмы захвата и экскреции индикаторных веществ при ГБС и МРТ с гепатотропными МРКС сходны: и гадоксетовая кислота, и ^{99m}Tc -меброфенин поступают в гепатоцит посредством анионных транспортеров (Oat1a1 – для гадоксетовой кислоты и OATP1B1 и OATP1B3 – для меброфенина), а выводятся в желчь в неизменном виде через переносчик Mdr2 [4, 7]. Отличие заключается в способах регистрации пространственной локализации индикаторного вещества.

Очевидно, что функциональную активность интересующей области печени можно зарегистрировать при следующих условиях: 1) наличие печеночных долек в упомянутой области; 2) наличие негибернирующих гепатоцитов в составе дольки, поскольку процесс выделения диагностических препаратов в желчь энергозависим [8]; 3) наличие желчеоттока от исследуемого участка паренхимы – в силу того, что экскреция желчи происходит при внутрипротоковом давлении, не превышающем 15–25 см вод. ст. [9].

Все эти три условия сложно соблюсти при заболеваниях желчных протоков, рассматривать которые механистически – как изолированное поражение трубчатых структур – нам представляется неверным. Нарушение оттока желчи практически всегда приводит к морфофункциональной перестройке всего органа, привязанной к топографии поврежденного протока: явлениям холестатического гепатита и жировой дистрофии, накоплению железа паренхимой, процессам воспаления и фиброза, изменению объемного соотношения сегментов печени, снижению функциональной активности в одних сегментах печени с компенсаторным повышением в других [10]. Печень у этих пациентов, по сути, представляет собой совокупность различающихся по функциональной активности участков паренхимы пирамидальной формы, основанием обращенных к капсуле, желчеотток от которых происходит в протоки, различающиеся, иногда существенно, по степени выраженности в них патологического процесса. В связи с этим пациенты с билиарной патологией представляют особый интерес с точки зрения топической оценки функции печени, а таковая, как уже упоминалось выше, возможна при применении ГБС и МРТ, а не лабораторных методов.

В настоящем исследовании обнаружена высокая корреляция обоих методов: скорости выведе-

Значения коэффициента корреляции R скорости выведения гепатотропного РФП с различными показателями, полученными после введения гепатотропного МРКС

R	Up L	Up R	Uc L	Uc R
a	–	–	0,63	0,41
п	0,50	–	0,45	0,46
в	–	–	0,50	–
о	0,50	–	0,41	–
10	–	0,45	0,66	0,53
20	0,45	–	0,71	0,53
30	–	0,48	0,69	0,78
40	–	0,53	0,48	0,85
о/в	0,84	–	–	–
о/п	0,84	–	–	0,57
о/а	–	0,42	0,89	–
в/п	–	–	–	0,64
в/а	–	0,51	0,91	–
п/а	–	0,50	0,92	–
40/10	–	0,45	–	0,92
40/20	–	0,55	0,52	0,89
40/30	–	–	0,57	0,45
30/20	–	–	–	0,58
30/10	–	–	–	0,62
20/10	0,45	–	0,56	–
а/40	–	0,60	–	0,74
а/30	–	0,55	0,87	0,81
а/20	0,45	0,52	–	0,66
а/10	–	0,57	0,87	0,60
п/40	–	0,48	–	0,63
п/30	0,54	–	–	0,77
п/20	0,70	–	0,48	0,53
п/10	0,58	0,46	–	–
в/40	–	0,54	–	0,75
в/30	–	–	–	0,86
в/20	0,53	–	0,60	0,73
в/10	–	0,51	–	0,62
о/40	0,42	0,67	–	0,94
о/30	–	0,57	0,56	0,98
о/20	–	0,59	0,74	0,95
о/10	0,49	0,74	–	0,94

ния радиоактивного индикатора показывают R до 0,99 с совокупностью МР-параметров, измеренных как в левой, так и в правой доле; функциональные же объемы, полученные обоими методами, достоверно не отличаются ($p > 0,25$, $R \approx 0,8$). Отметим, что оценка FRL (future remnant liver – остаточной паренхимы печени) сильно зависит от выбора линии раздела между левой и правой долями во фронтальной проекции и зон интереса для оценки выведения препарата, при этом играет роль субъективность данного выбора и малое число анатомических ориентиров при проведении ГБС в отличие от МРТ. Кроме того, всегда возможны эффекты наложения активности РФП при прохождении

меченого вещества как в сосудистой, так и в желчевыводящей системе. Все эти ошибки суммируются.

В литературе нам удалось найти всего две работы, в которых установлена корреляция параметров ГБС и МРТ с внутривенным введением Gd-EOB-DTPA. Результаты этих работ схожи с нашими: $R=0,6-0,9$ для оценки как изменения концентрации препаратов в паренхиме, так и для функциональных объемов [5, 6]. Обе работы проведены на небольших выборках больных ($n=14, 20$) с очаговыми поражениями печени, преимущественно без фиброзных или цирротических изменений ее паренхимы (таковые отмечались только у двух больных в одной из работ).

Большинство исследованных нами пациентов имели гилусную холангиокарциному (опухоль Клацкина). В качестве основного метода лечения у этих пациентов рассматривается обширная резекция печени с резекцией внепеченочных желчных протоков. Предоперационное планирование включает оценку распространенности опухолевого процесса, волюмометрию предполагаемой культы печени в процентах и топическое функциональное исследование печеночной паренхимы. Для этого на современном этапе используются три различных метода лучевой диагностики:

1) оценка распространенности – осуществляется по данным МРТ + МР-холангиопанкреатографии за счет высокого тканевого контраста метода и возможности неинвазивно оценивать желчное дерево;

2) волюмометрия печени для оценки FRL, достаточной для успешного функционирования органа после операции, обычно осуществляется по КТ-изображениям, оценка по МРТ также возможна;

3) гепатобилисцинтиграфия с гепатотропным РФП (например, ^{99m}Tc -меброфенин) позволяет оценить функциональные возможности FRL.

Учитывая полученную в настоящем исследовании высокую корреляцию интегральных и дифференциальных параметров поведения индикаторных веществ при ГБС и МРТ с Gd-EOB-DTPA, последняя потенциально может использоваться для оценки функции печени как альтернатива «золотому стандарту» – скintiграфическим методам исследования [5, 6, 11, 12]. Такой подход укладывается в недавно предложенную корейскими специалистами и вызывающую все больший интерес клинико-экономическую концепцию one-stop-shop – первоочередного применения диагностического исследования, дающего максимальную информацию о проблеме [13]. Преимущество МРТ с Gd-EOB-DTPA заключается в том, что она позволяет осуществлять предоперационную оценку распространенности опухоли, анатомического и функционального объемов остающейся паренхимы печени в рамках одного исследования.

Заключение

В настоящем исследовании показана высокая корреляция методов оценки функциональных параметров МРТ с внутривенным введением Gd-EOB-DTPA и ГБС у больных с заболеваниями желчных протоков. Это означает, что МРТ с внутривенным введением Gd-EOB-DTPA в дополнение к традиционным для нее задачам определения распространенности опухолевого процесса и анатомической волюмометрии печени обладает еще одной не реализованной в полной мере в рутинной практике возможностью – топического исследования функции печени.

Литература [References]

- Chapelle T., Op De Beeck B., Huyghe I., Francque S., Driessen A., Roeyen G. et al. Future remnant liver function estimated by combining liver volumetry on magnetic resonance imaging with total liver function on (^{99m}Tc) -mebrofenin hepatobiliary scintigraphy: can this tool predict post-hepatectomy liver failure? *HPB (Oxford)*. 2016; 18 (6): 494–503. DOI: 10.1016/j.hpb.2015.08.002
- Olthof P.B., Coelen R.J.S., Bennink R.J., Heger M., Lam M.F., Besselink M.G. et al. (^{99m}Tc) -mebrofenin hepatobiliary scintigraphy predicts liver failure following major liver resection for perihilar cholangiocarcinoma. *HPB (Oxford)*. 2017; 19 (10): 850–8. DOI: 10.1016/j.hpb.2017.05.007
- Olthof P.B., van Gulik T.M., Bennink R.J. Optimal use of hepatobiliary scintigraphy before liver resection. *HPB*. 2016; 18 (10): 870. DOI: 10.1016/j.hpb.2016.06.008
- Stieger B., Heger M., de Graaf W., Paumgartner G., van Gulik T. The emerging role of transport systems in liver function tests. *Eur. J. Pharmacol.* 2012; 675 (1–3): 1–5. DOI: 10.1016/j.ejphar.2011.11.048
- Geisel D., Ludemann L., Froling V., Malinowski M., Stockmann M., Baron A. et al. Imaging-based evaluation of liver function: comparison of (^{99m}Tc) -mebrofenin hepatobiliary scintigraphy and Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI. *Eur. Radiol.* 2015; 25 (5): 1384–91. DOI: 10.1007/s00330-014-3536-8
- Rassam F., Zhang T., Cieslak K.P., Lavini C., Stoker J., Bennink R.J. et al. Comparison between dynamic gadoxetate-enhanced MRI and ^{99m}Tc -mebrofenin hepatobiliary scintigraphy with SPECT for quantitative assessment of liver function. *Eur. Radiol.* 2019; 29 (9): 5063–72. DOI: 10.1007/s00330-019-06029-7

7. Thian Y.L., Riddell A.M., Koh D.-M. Liver-specific agents for contrast-enhanced MRI: role in oncological imaging. *Cancer Imag. Offic. Publ. Intern. Cancer Imag. Soc.* 2013; 13 (4): 567–79. DOI: 10.1102/1470-7330.2013.0050
8. Subramanian R.M., Chandel N., Budinger G.R., Schumacker P.T. Hypoxic conformance of metabolism in primary rat hepatocytes: a model of hepatic hibernation. *Hepatology.* 2007; 45 (2): 455–64.
9. Кан В.К. Диагностика и лечение больных с синдромом холестаза. *Российский медицинский журнал.* 1998; 7: 8. [Kan V.K. Diagnostics and treatment of the patients with cholestasis. *Russian Medical Journal.* 1998; 7: 8 (in Russ.).]
10. Lee J.J., Schindera S.T., Jang H.J., Fung S., Kim T.K. Cholangiocarcinoma and its mimickers in primary sclerosing cholangitis. *Abdom. Radiol. (NY).* 2017; 42 (12): 2898–908. DOI: 10.1007/s00261-017-1328-8
11. Nilsson H., Blomqvist L., Douglas L., Nordell A., Jacobsson H., Hagen K. et al. Dynamic gadoxetate-enhanced MRI for the assessment of total and segmental liver function and volume in primary sclerosing cholangitis. *J. Magn. Reson. Imag.* 2014; 39 (4): 879–86. DOI: 10.1002/jmri.24250
12. Ringe K.I., Hinrichs J., Merkle E.M., Weismüller T.J., Wacker F., Meyer B.C. Gadoxetate disodium in patients with primary sclerosing cholangitis: an analysis of hepatobiliary contrast excretion. *J. Magn. Res. Imag.* 2014; 40 (1): 106–12. DOI: 10.1002/jmri.24381
13. Lee J.M., Zech C.J., Bolondi L., Jonas E., Kim M.J., Matsui O. et al. Consensus report of the 4th International Forum for Gadolinium-Ethoxybenzyl-Diethylenetriamine Pentaacetic Acid Magnetic Resonance Imaging. *Korean J. Radiol.* 2011; 12 (4): 403–15. DOI: 10.3348/kjr.2011.12.4.403

Сведения об авторах | Information about the authors

Шориков Максим Андреевич*, аспирант, врач-рентгенолог, НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0003-3813-5608

E-mail: mshorikov@gmail.com

Сергеева Ольга Николаевна, к. м. н., ст. науч. сотр., врач-рентгенолог, НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0002-0927-6885

Кашкадаева Анна Владимировна, к. б. н., инженер, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0003-1443-5550

Аверинова Светлана Герасимовна, врач-радиолог, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0002-8940-1323

Лаптева Мария Георгиевна, аспирант, врач-рентгенолог, НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0003-2412-1299

Францев Дмитрий Юрьевич, аспирант, врач-рентгенолог, НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0002-6331-5611

Поляков Александр Николаевич, к. м. н., науч. сотр., НИИ клинической онкологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0003-3647-9626

Кудашкин Николай Евгеньевич, к. м. н., ст. науч. сотр., НИИ клинической онкологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0003-0504-585X

Maksim A. Shorikov*, Postgraduate, Radiologist, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0003-3813-5608

E-mail: mshorikov@gmail.com

Ol'ga N. Sergeeva, Cand. Med. Sc., Senior Researcher, Radiologist, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0002-0927-6885

Anna V. Kashkadaeva, Cand. Biol. Sc., Engineer, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0003-1443-5550

Svetlana G. Averinova, Radiologist, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0002-8940-1323

Mariya G. Lapteva, Postgraduate, Radiologist, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0003-2412-1299

Dmitriy Yu. Frantsev, Postgraduate, Radiologist, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0002-6331-5611

Aleksandr N. Polyakov, Cand. Med. Sc., Researcher, Research Institute of Clinical Oncology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0003-3647-9626

Nikolay E. Kudashkin, Cand. Med. Sc., Senior Researcher, Research Institute of Clinical Oncology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0003-0504-585X

Алехин Андрей Петрович, инженер, разработчик электроники и встраиваемого программного обеспечения, Группа компаний «ТЕКОН»; orcid.org/0000-0003-2139-7580

Мороз Екатерина Анатольевна, к. м. н., ст. науч. сотр., НИИ клинической онкологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0003-3565-4058

Виршке Эдуард Рейнгольдович, д. м. н., заведующий лабораторией интервенционной радиологии, НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0002-4006-3642

Долгушин Борис Иванович, д. м. н., профессор, академик РАН, директор, НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; orcid.org/0000-0001-7185-7165

Andrey P. Alekhin, Ingeneer, Developer of Electronics and Sofrware, TECON companies; orcid.org/0000-0003-2139-7580

Ekaterina A. Moroz, Cand. Med. Sc., Senior Researcher, Research Institute of Clinical Oncology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0003-3565-4058

Eduard R. Virshke, Dr. Med. Sc., Head of Laboratory of Interventional Radiology, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0002-4006-3642

Boris I. Dolgushin, Dr. Med. Sc., Professor, Academician of Russian Academy of Science, Director, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of the Russian Federation; orcid.org/0000-0001-7185-7165