

УДК 616.36-073.756.8

3.1.25 Лучевая диагностика и терапия

DOI: 10.37903/vsgma.2022.4.20 EDN: WMEGFD

ДИФфуЗИОННО-ВЗВЕШЕННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПЕЧЕНИ И СЕЛЕЗЕНКИ ПРИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ДИФфуЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПЕЧЕНИ

© Ковалев А.В., Морозова Т.Г., Лозбенев Ф.С.

Смоленский государственный медицинский университет. Россия, 214019, Смоленск, ул. Крупской, 28

Резюме

Цель. Оценить возможности диффузионно-взвешенного изображения печени и селезенки при магнитно-резонансной томографии в комплексной оценке диффузных заболеваний печени.

Методика. С октября 2019 по июль 2022 гг. проведено комплексное клинико-диагностическое обследование пациентов в гастроэнтерологическом отделении ОГБУЗ «Клиническая больница №1» (октябрь 2019 г. – март 2020 г. – стационарный этап, апрель 2020 г. – июль 2022 г. – амбулаторный этап). В исследовании приняли участие 179 пациентов, с вариабельной этиологией диффузных заболеваний печени (ДЗП). Исследуемую группу составили 112 (67%) мужчин и 67 (33%) женщин.

Результаты. При сопоставлении результатов лабораторных данных и данными ДВИ печени при МРТ было установлено, что на фоне проводимой терапии у 113 (63,1%) пациентов положительная динамика сопровождалась низким сигналом на ДВИ печени при МРТ, тогда как у 66 (36,9%) сохранялись изменения в лабораторных данных и высокий сигнал при ДВИ печени. Представленная группа пациентов наблюдалась в течение трех лет и была установлена высокая корреляционная связь между размерами селезенки и ее МР – сигналом по данным ДВИ при поступлении: в случае увеличения размеров селезенки отмечалась отрицательная динамика – прогрессирование процесса ($n=73$) ($r=0,845$), при нормализации размеров селезенки по данным МР – исследования, улучшались клинико-лабораторные показатели ($n=106$) ($r=0,856$).

Выводы. 1. При включении в МР – протокол исследования органов брюшной полости ДВИ, следует проводить качественную оценку печени и селезенки, не зависимо от этиологии ДЗП. 2. Для ДВИ печени при МРТ у пациентов с ДЗП следует оценивать b-фактор 800 (с/мм^2) (AUROC 0,954, ДИ 0,901-0,972), для ДВИ селезенки – b-фактор 1000 (с/мм^2) (AUROC 0,986, ДИ 0,963-0,917). 3. Отмечена высокая корреляционная связь в оценке благоприятного и неблагоприятного течения ДЗП по данным ДВИ селезенки при МРТ ($r=0,8$).

Ключевые слова: диффузионно-взвешенное изображение, магнитно-резонансная томография, печень, селезенка

DIFFUSION-WEIGHTED MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF THE LIVER AND SPLEEN IN THE COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF DIFFUSE LIVER DISEASES

Kovalev A.V., Morozova T.G., Lozbenev F.S.

Smolensk state medical University, 28, Krupskoj St., 214019, Smolensk, Russia

Abstract

Objective. To evaluate the possibilities of diffusion-weighted imaging of the liver and spleen with magnetic resonance imaging in the comprehensive assessment of diffuse liver diseases.

Material and methods. From October 2019 to July 2022, a comprehensive clinical and diagnostic examination of patients was conducted in the gastroenterology department of the OGBUZ "Clinical Hospital N1" (October 2019 - March 2020 – inpatient stage, April 2020 – July 2022 – outpatient stage). The study involved 179 patients with a variable etiology of diffuse liver diseases (PD). The study group consisted of 112 (67%) men and 67 (33%) women.

Results. When comparing the results of laboratory studies and liver DWI data with MRI, it was found that against the background of therapy in 113 (63.1%) patients, positive dynamics was accompanied by a

low signal for liver DWI with MRI, while 66 (36.9%) retained changes in laboratory data and a high signal with liver DWI. The presented group of patients was observed for three years and a high correlation was established between the size of the spleen and its MR signal according to the DWI data on admission: in the case of an increase in the size of the spleen, negative dynamics was noted – the progression of the process ($n=73$) ($r=0.845$), with normalization of the size of the spleen according to the MR study, clinical and laboratory parameters improved ($n=106$) ($r=0.856$).

Conclusions. 1. When included in the MR protocol of the examination of the abdominal organs of the DWI, a qualitative assessment of the liver and spleen should be carried out, regardless of the etiology of the PD. 2. B-factor 800 (s/mm^2) (AUROC 0.954, CI 0.901-0.972) should be evaluated for liver DWI during MRI in patients with PD (AUROC 0.986, CI 0.963-0.917), for spleen DWI - b-factor 1000 (s/mm^2) (AUROC 0.986, CI 0.963-0.917). 3. A high correlation was noted in the assessment of the favorable and unfavorable course of DZ according to the DWI of the spleen during MRI ($r=0.8$).

Keywords: diffusion-weighted image, magnetic resonance imaging, liver, spleen

Введение

Применение диффузионно-взвешенной последовательности при визуализации приобрело большую популярность благодаря новым техническим разработкам в области магнитно-резонансного (МР) изображения, включая многоканальные катушки, эхопланарную визуализацию и более сильные градиенты [7]. Анализ диффузионно-взвешенного изображения (ДВИ) не требует введение контрастного средства. Увеличивающийся объем исследований привели к более частому использованию диффузионно-взвешенной визуализации для конкретных применений: образования печени, предстательной железы и молочной железы, всего тела [8]. Использование определенных последовательностей МРТ, программного обеспечения, которое генерирует изображения из полученных данных, использующие диффузию молекул воды, позволяют картировать процесс диффузии в биологических тканях, *in vivo* и неинвазивно. Молекулярная диффузия в тканях не случайна, а отражает взаимодействие со многими препятствиями, такими как макромолекулы, волокна и мембраны. Таким образом, диффузионные паттерны молекул воды могут выявить микроскопические детали архитектуры ткани, как нормальной, так и в патологическом состоянии. Чувствительность к диффузии воды определяется b-градиентным фактором ($сек/мм^2$): чем выше значения b, тем более чувствительны диффузно-взвешенные изображения (как правило, в последовательностях диффузно-взвешенных изображений используется 3-4 коэффициента b – например, b50, b100, b500 и b1000). Помимо данных ряда диффузионно-взвешенных изображений, есть еще один способ представить диффузионные данные, который называют кажущийся коэффициент диффузии (ADC) карты воды, рассчитываемый после получения диффузно-взвешенных изображений.

При диффузных заболеваниях печени (ДЗП) развивается ряд осложнений, таких как варикозно-расширенные вены пищевода и желудка, кровотечение из них, формирование кровотока, висцеральная вазодилатация, гепатопульмональный, гепаторенальные синдромы и др. Но прежде, чем специалист столкнется с такими пациентами у него должна быть возможность предотвратить как развитие, так и прогрессирование заболевания. На современном этапе развития магнитно-резонансной томографии появилась возможность максимального анализа проводимых последовательностей, с целью расширения их диагностической и прогностической значимости.

Цель исследования – оценить возможности диффузионно-взвешенного изображения печени и селезенки при магнитно-резонансной томографии в комплексной оценке диффузных заболеваний печени.

Методика

С октября 2019 по июль 2022 гг. проведено комплексное клиничко-диагностические обследование пациентов в гастроэнтерологическом отделении ОГБУЗ «Клиническая больница №1» (октябрь 2019 г. – март 2020 г. – стационарный этап, апрель 2020 г – июль 2022 г. – амбулаторный этап). В исследовании приняли участие 179 пациентов, с вариательной этиологией диффузных заболеваний печени (ДЗП). Исследуемую группу составили 112 (67%) мужчин и 67 (33%) женщин. В табл. 1 представлено распределение пациентов в зависимости от этиологической формы ДЗП.

Таблица 1. Структура этиологических форм ДЗП в зависимости от пола (n=179)

Этиология ДЗП	Пол		Возраст	Всего
	муж (абс., %)	жен (абс., %)		
Алкогольная этиология	41 (34,2%)	27 (45,8%)	45,7±2,4	68 (37,9%)
Вирусная этиология	37(30,8%)	14(23,7%)	45,7±2,4	52 (29,1%)
Вирусно-алкогольная этиология	42(35%)	18 (30,5%)	45,7±2,4	59 (33%)
Всего	120 (67%)	59(33%)	45,7±2,4	179 (100%)

Критериями включения пациентов в исследование было: подтверждение алкогольной природы поражения печени по данным анализа теста CAGE, подтверждение вирусной этиологии по данным полимеразной цепной реакции; всем обследуемым для последующего подтверждения природы заболевания проводился сбор анамнеза, оценка клинико-лабораторных показателей. Всем пациентам проводилось комплексное лучевое обследование, включающее в себя ультразвуковое исследование органов брюшной полости (ОБП) с доплеровским исследованием сосудов (n=179), магнитно-резонансную томографию (МРТ) с диффузионно-взвешенным изображением (ДВИ) печени и селезенки (n=179). Группа сравнения была представлена 67 здоровыми добровольцами, что было необходимо для оценки нормальной структуры паренхимы печени и селезенки по данным ДВИ при МРТ.

Для проведения статистического анализа применялись стандартные методы непараметрической статистики (SPSS Statistics), применялся коэффициент корреляции Пирсона; диагностическая эффективность ДВИ печени и селезенки при МРТ оценивалась при помощи ROC – анализа с определением значения «площади под кривой».

Результаты исследования и их обсуждение

При проведении режим ДВИ печени и селезенки использовалась оценка следующего b-фактора: 50/300/800; 100/600/1000, с целью оптимального подбора для каждой этиологической формы и последующей качественной оценки диффузии. У всех пациентов (n=179) в биохимическом анализе крови были зафиксированы синдромы цитолиза, холестаза, печеночно-клеточной недостаточности; умеренная и высокая вирусная нагрузка (n=111). ДВИ печени при МРТ проводилось при поступлении, через 1 месяц, 6 месяцев, через 1 год (табл. 2).

Таблица 2. Результаты b-фактора по данным ДВИ печени при МРТ при поступлении и динамическом наблюдении за пациентами с ДЗП

ДЗП	При поступлении b-фактор, с/мм ² (n=179)					
	50	100	300	600	800	1000
Алкогольная этиология (n=68)	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Средний сигнал	Высокий сигнал	Очень высокий сигнал
Вирусная этиология (n=52)	Низкий сигнал	Средний сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Высокий сигнал	Очень высокий сигнал
Вирусно-алкогольная этиология (n=59)	Средний сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Средний сигнал	Высокий сигнал	Очень высокий сигнал
Группа сравнения (n=67)	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал
ДЗП	При динамическом наблюдении b-фактор, с/мм ² (n=113)					
	50	100	300	600	800	1000
Алкогольная этиология (n=68)	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Средний сигнал	Низкий сигнал	Очень высокий сигнал
Вирусная этиология (n=52)	Низкий сигнал	Средний сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Очень высокий сигнал
Вирусно-алкогольная этиология (n=59)	Средний сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Средний сигнал	Низкий сигнал	Очень высокий сигнал
Группа сравнения (n=67)	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал	Низкий сигнал

При сопоставлении результатов лабораторных данных и с данными ДВИ печени при МРТ было установлено, что на фоне проводимой терапии у 113 (63,1%) пациентов положительная динамика сопровождалась низким сигналом на ДВИ печени при МРТ, тогда как у 66 (36,9%) сохранялись изменения в лабораторных данных и высокий сигнал при ДВИ печени. Таким образом, было установлено, что наиболее оптимальным b-фактором для печени является b-фактор 800, с/мм² ($p < 0,05$). Комплексная работа с установленными в программном обеспечении b-факторами, позволила определиться с оптимальными его показателями для проведения исследования селезенки. Сводный анализ результатов b-фактора представлен в табл. 3.

Таблица 3. Результаты b-фактора по данным ДВИ селезенки при МРТ при поступлении и динамическом наблюдении за пациентами с ДЗП

ДЗП	При поступлении b-фактор, с/мм ² (n=179)					
	50	100	300	600	800	1000
Алкогольная этиология (n=68)	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	Высокий сигнал
Вирусная этиология (n=52)	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	Средний сигнал
Вирусно-алкогольная этиология (n=59)	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	Низкий сигнал
Группа сравнения (n=67)	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал
ДЗП	При динамическом наблюдении b-фактор, с/мм ² (n=106)					
	50	100	300	600	800	1000
Алкогольная этиология (n=68)	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал
Вирусная этиология (n=52)	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал
Вирусно-алкогольная этиология (n=59)	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал
Группа сравнения (n=67)	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал	«Пятнистый» сигнал

Таким образом, дифференцированная разница сигнала ДВИ селезенки по данным МРТ визуализируется на b-факторе 1000 с/мм², причем при поступлении результаты исследования показали на возможность прогнозирования этиологической формы ДЗП (рис. 1).

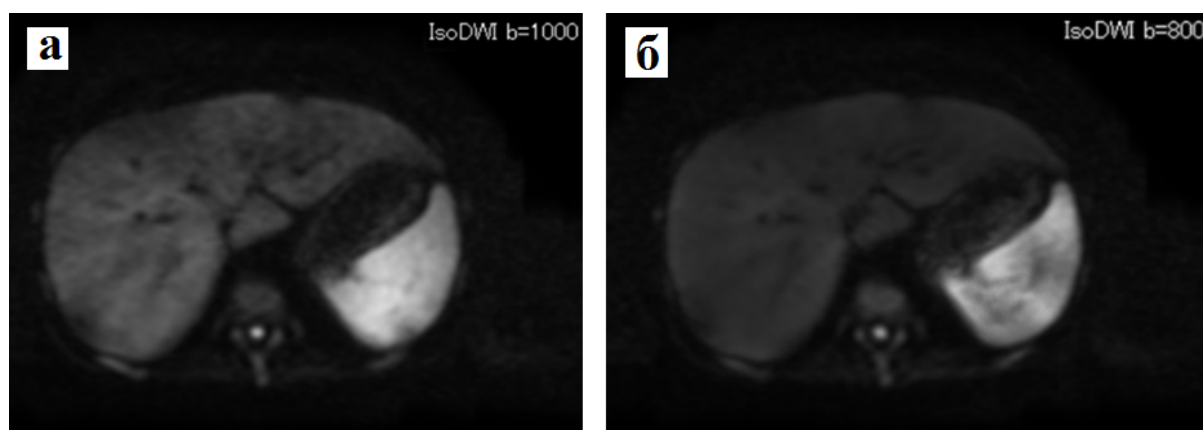


Рис. 1. Пациент 36 лет с диффузным поражением печени при поступлении, МРТ исследования с применением диффузионно-взвешенной последовательности. а) b-фактор 1000 с/мм² с признаками высокого сигнала селезенки, что подтверждает преимущественно алкогольный характер диффузного поражения печени, в то время как б) диффузионно-взвешенное изображение с b-фактором 800 с/мм² имеет «пятнистый» сигнал, не позволяющий на данном этапе дифференцировать этиологический фактор заболевания.

В исследовании была установлена высокая диагностическая значимость b-фактор 800 (с/мм²) для печени и b-фактор 1000 (с/мм²) для селезенки при поступлении у пациентов с ДЗП (рис. 2).

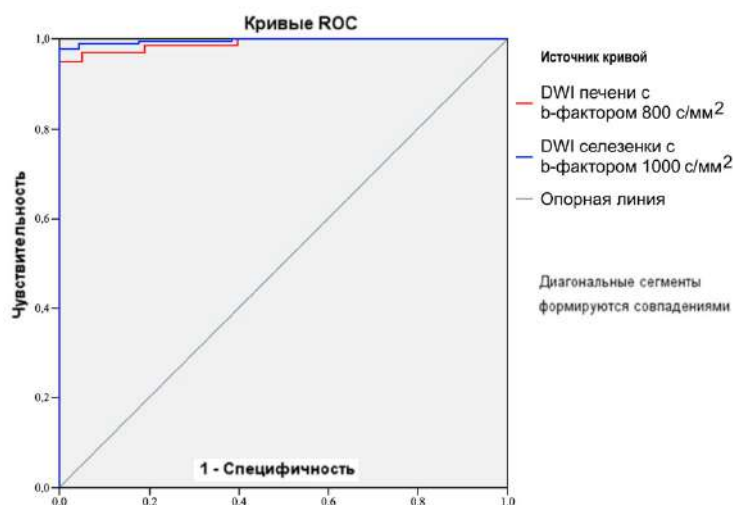


Рис. 2. Диагностическая значимость b-фактор 800 с/мм² для печени AUROC 0,954, ДИ 0,901-0,972; b-фактор 1000 с/мм² для селезенки при поступлении у пациентов с ДЗП AUROC 0,986, ДИ 0,963-0,987

Представленная группа пациентов наблюдалась в течение трех лет и была установлена высокая корреляционная связь между размерами селезенки и ее МР-игналом по данным ДВИ при поступлении: в случае увеличения размеров селезенки отмечалась отрицательная динамика – прогрессирование процесса (n=73) (r=0,845), при нормализации размеров селезенки по данным МР-исследования, улучшались клинико-лабораторные показатели (n=106) (r=0,856). Следовательно, по МР-данным селезенки, ДВИ ее паренхимы можно в ранние сроки прогнозировать неблагоприятное течение ДЗП.

При анализе литературных источников клинического применения ДВИ селезенки при МРТ не установлено, ни при одной из нозологических форм патологии органов брюшной полости, наиболее часто ограничение диффузии в паренхиме селезенки рассматривается в качестве референтного значения. Согласно работе Ломовцевой К.Х., Кармазановского Г.Г. (2015), ДВИ являются информативными в выявлении очаговой патологии печени ДВИ, представляется перспективным направлением оценки ответа опухоли на химиотерапию [1]. У авторов нет данных о возможностях ДВИ печени при МРТ при ее диффузной патологии, нет указаний на ДВИ селезенки, а для данной группы пациентов всегда требуется комплексный подход с целью прогнозирования течения заболевания. В исследовании Agnello F. et al. (2012) рассматриваются вопросы информативности b-фактора, но для пациентов с гепатоцеллюлярной карциномой [4]. Kenis S. et al. (2012) делают акцент на возможности ДВИ в оценке метастатического процесса в паренхиме печени [6]. При анализе источников литературы нет комплексных данных о ДВИ печени при ДЗП, не встречается информация о роли ДВИ селезенки, как изменяется качественная оценка при положительной или отрицательной динамике. Вышепредставленные авторы акцентируют внимание только на печени, тогда как МР-протокол исследования органов брюшной полости предусматривает анализ всех органов в зоне сканирования, включая оценку результатов всех используемых последовательностей.

Выводы

1. При включении в МР – протокол исследования органов брюшной полости ДВИ, следует проводить качественную оценку печени и селезенки, не зависимо от этиологии ДЗП.
2. Для ДВИ печени при МРТ у пациентов с ДЗП следует оценивать b-фактор 800 (с/мм²) (AUROC 0,954, ДИ 0,901-0,972), для ДВИ селезенки – b-фактор 1000 (с/мм²) (AUROC 0,986, ДИ 0,963-0,917).
3. Отмечена высокая корреляционная связь в оценке благоприятного и неблагоприятного течения ДЗП по данным ДВИ селезенки при МРТ (r=0,8).

Литература (references)

1. Ломовцева К.Х., Кармазановский Г.Г. Диффузионно-взвешенные изображения при очаговой патологии печени: обзор литературы // Медицинская визуализация, 2015. – №6. – С. 50-60 [Lomovceva K.H., Karmazanovskij G.G. *Diffuzionno-vzveshennye izobrazheniya pri ochagovoj patologii pecheni: obzor literatury* // Medicinskaya vizualizaciya, 2015. – №6. – P. 50-60. (in Russian)]
2. Мищенко А.В. Система унифицированного подхода к интерпретации томографии предстательной железы согласно руководству PI-RADSv2 // Онкоурология, 2016. – Т.12 (1). – С. 81-89. [Mishchenko A.V. *Sistema unificirovannogo podhoda k interpretacii tomografii predstatel'noj zhelezy soglasno rukovodstvu PI-RADSv2* / Mishchenko A.V. [i dr.] // Onkourologiya, 2016. – Т.12(1). – P. 81-89. (in Russian)]
3. Тарачкова Е.В. Мультипараметрическая магнитно-резонансная диагностика рака шейки матки // Вестник рентгенологии и радиологии, 2015. – №6. – С. 43–55. [Tarachkova E.V. *Mul'tiparametricheskaya magnitno-rezonansnaya diagnostike raka shejki matki* // Vestnik rentgenologii i radiologii, 2015. – №6 – P. 43-55. (in Russian)]
4. Agnello F., Ronot M., Valla D.C. et al. High-b-value diffusion-weighted MR imaging of benign hepatocellular lesions: quantitative and qualitative analysis // Radiology, 2012. – 262(2). – P. 511-519.
5. Desouza N.M., Reinsberg S.A., Scurr E.D., Brewster J.M., Payne G.S. Magnetic resonance imaging in prostate cancer: the value of apparent diffusion coefficients for identifying malignant nodules // The British journal of radiology. – 80(950). – P. 90-95.
6. Kenis C., Deckers F., De Foer B. et al. Diagnosis of liver metastases: can diffusion-weighted imaging (DWI) be used as a standalone sequence // Eur. J. Radiol. – 2012. – 81(5). – 1016-1023 p.
7. Koh D.M., Collins D.J. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology // AJR. American journal of roentgenology. – 188(6). – P. 1622-1635.
8. Kwee T.C., Takahara T., Ochiai R., Katahira K., Van Cauteren M., Imai Y., Nievelstein R.A., Luijten P.R. Whole-body diffusion-weighted magnetic resonance imaging // European journal of radiology. – 70(3). – P. 409-417.
9. Le Bihan D., Breton E. (1985). "Imagerie de diffusion in-vivo par resonance magnétique nucléaire" // C R Acad Sci. – 301(15). – P. 1109-1112.
10. Merboldt K., Hancicke W., Frahm J. (1985). Self-diffusion NMR imaging using stimulated echoes // Journal of Magnetic Resonance. – 64(3). – P. 479-486.
11. Qayyum A. Diffusion-weighted imaging in the abdomen and pelvis: concepts and applications // Radiographics: a review publication of the Radiological Society of North America, Inc. – 29(6). – P. 1797-1810.
12. Sinha S., Lucas-Quesada F.A., Sinha U., DeBruhl N., Bassett L.W. In vivo diffusion-weighted MRI of the breast: potential for lesion characterization // Journal of magnetic resonance imaging: JMRI. – 15(6). – P. 693-704.
13. Taouli B., Koh D.M. Diffusion-weighted MR imaging of the liver // Radiology. – 254(1). – 47-66 p.
14. Taylor D.G., Bushell M.C. (1985). The spatial mapping of translational diffusion coefficients by the NMR imaging technique // Physics in Medicine and Biology. – 30(4). – P. 345-349.

Информация об авторах

Ковалёв Алексей Викторович – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: alcoon@mail.ru

Морозова Татьяна Геннадьевна – доктор медицинских наук, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: t.g.morozova@yandex.ru

Лозбенев Федор Сергеевич – врач-рентгенолог, аспирант ПНИЛ «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» Смоленского государственного университета Минздрава России. E-mail: lozfes@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.