

# ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФУЗИОННО-ВЗВЕШЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ ОЧАГОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПЕЧЕНИ

**Э.Д. Акчурина** – врач-рентгенолог

**В.Е. Сеницын** – д.м.н., проф., рук. центра

**Е.А. Мершина** – к.м.н., зав. отд. ФМ лучевой диагностики, доцент

*Отделение ФФМ Центра лучевой диагностики  
ФГУ «Лечебно-реабилитационный центр Росздрава»  
Москва*

**Цель.** Изучение роли диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) в диагностике очаговых поражений печени.

**Материалы и методы.** Были исследованы 70 пациентов от 28 до 78 лет с очагами в печени. Из них 20 мужчин и 50 женщин. Всем проведена МРТ на томографе с напряженностью поля 1,5 Тл. ДВИ получали при значениях  $b = 50 \text{ с/мм}^2$ ,  $400 \text{ с/мм}^2$ ,  $800 \text{ с/мм}^2$ . Результаты исследования сопоставлялись с данными МСКТ, с результатами интраоперационного УЗИ, операционными находками, гистологической картиной и данными динамического наблюдения.

**Результаты.** Было выявлено 203 очаговых поражения печени (размером от 3 до 168 мм): 55 кист, 36 гемангиом, 89 метастазов, 5 очагов фокальной узловой гиперплазии, 8 первичных опухолей печени и желчных протоков, 8 абсцессов, 2 зоны некроза.

ДВИ играют большую роль в дифференциальной диагностике очаговых поражений печени. Так, кисты не обнаруживали при значении  $b = 800 \text{ с/мм}^2$ , и их измеряемый коэффициент диффузии (ИКД) составлял  $(2,5 \pm 0,2) \times 10^{-3} \text{ с/мм}^2$ . Метастазы визуализировали при всех значениях  $b$ . Они имели достоверно более низкий, чем кисты, ИКД –  $(1,2 \pm 0,5) \times 10^{-3} \text{ с/мм}^2$ . Как правило, гемангиомы подобно метастазам были отчетливо видны при всех значениях  $b$ . Однако значения ИКД гемангиом были выше и варьировали от 1,5 до  $2,6 \times 10^{-3} \text{ с/мм}^2$ .

Данные исследования показали, что ДВИ повышает выявляемость мелких (менее 1 см) очагов. В случае их нечеткой визуализации на T1- и T2-ВИ при ДВИ подобные очаги имели более высокую интенсивность сигнала и более четкие контуры.

**Выводы.** ДВИ играют дополнительную роль в дифференциальной диагностике очаговых поражений печени и повышают выявляемость мелких (< 1 см) очагов. Эта методика легка в исполнении, экономически выгодна и не требует больших затрат времени.

**Ключевые слова:** диффузионно-взвешенные изображения, очаговые поражения печени, измеряемый коэффициент диффузии.

## Введение

Очаговые поражения печени широко распространены среди населения. Это разнообразная группа заболеваний. К ним относятся кисты, гемангиомы, фокальная нодулярная гиперплазия, первичные и метастатические

злокачественные опухоли и пр. Особенно важна дифференциальная диагностика очагов в печени у онкологических больных.

Современные достижения хирургии позволяют выполнять резекции печени, гемигепатэкто-

мии, радиочастотную абляцию, значительно повышая продолжительность жизни больных. Так, 5-летняя выживаемость после резекции печени (по поводу метастазов колоректального рака) – 20–40%, тогда как при отсутствии оперативного лечения этот показатель равен 0%.

По данным Ю.И. Патютко (2005 г.) [1] суммарное число пациентов, потенциально нуждающихся в оперативном лечении по поводу первичного и метастатического рака печени, – около 11 тысяч человек в год.

Для выявления и детальной характеристики очагов в печени применяется практически весь спектр методов лучевой диагностики за исключением традиционной рентгенографии. В последние годы в зарубежной литературе появились работы, посвященные применению магнитно-резонансных диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) в диагностике очаговых поражений печени (J.H. Chan, 2001; V. Taouli, 2003).

Проведение ДВИ стало возможным благодаря разработке быстрых и сверхбыстрых магнитно-резонансных последовательностей, позволяющих получить изображения органов брюшной полости на одной задержке дыхания (breath-holding technique). В последующем для этого стали использовать и синхронизацию с дыханием (respiratory-triggered technique).

Методика ДВИ основана на регистрации изменений характера броуновского движения молекул воды при различных патологических процессах. На его хаотический характер оказывают влияние рядом расположенные структуры – к примеру, большие белковые молекулы и клеточные мембраны. Следовательно, степень ограничения диффузии в биологических тканях коррелирует с целостностью клеточных мембран [2]. Сигнал ДВИ складывается из движения молекул воды во вне-, внутриклеточном и внутрисосудистом пространстве. Диффузия не зависит от времени релаксации и является независимым фактором, влияющим на контраст [3].

Степень взвешенности по скорости диффузии задается величиной фактора диффузии –  $b$ , параметра протокола импульсной последовательности, который зависит от длительности, амплитуды диффузионных градиентов и времени задержки между ними. Единица измерения  $b$  –  $\text{с}/\text{мм}^2$ . Так как  $b$  – сила диффузионно-чувствительного градиента, при значении  $b = 0 \text{ с}/\text{мм}^2$  молекулы свободной воды имеют высокую интенсивность сигнала, основанную на T2-взвешенности.

При малых значениях  $b$  (50–100  $\text{с}/\text{мм}^2$ ) молекулы воды, обладающие высокой скоростью движения (к примеру, в просвете сосудов), теряют сигнал, так как к моменту приложения рефразирующего градиента они не успевают восстановить свои начальные характеристики. Благодаря тому, что сосуды выглядят «черными», визуализация очагов становится более отчетливой.

В высококлеточных тканях молекулы воды успевают восстановить свой сигнал и выглядят яркими даже при высоких значениях  $b$  (500–1000  $\text{с}/\text{мм}^2$ ). Диффузия затруднена при повышении клеточности ткани – к примеру, при опухолях, фиброзе, абсцессах, цитотоксическом отеке [4, 5].

Для характеристики диффузионного движения протонов в сложной среде и для количественного анализа ДВИ введено понятие «измеряемый коэффициент диффузии» (ИКД), или в англоязычной литературе – apparent diffusion coefficient (ADC) [6,7]. ИКД – это градиент кривой, которая строится при сопоставлении значений  $b$  по оси X и логарифма относительной интенсивности сигнала ткани по оси Y. Следовательно, для подсчета ИКД требуется минимум 2 значения  $b$ , и чем их больше используется, тем более точным будет показатель. Однако многократные повторения удлиняют продолжительность исследования, поэтому чаще всего для получения ДВИ и карт ИКД применяют 3 значения  $b$ .

Целью этого исследования было изучение роли ДВИ в диагностике очаговых поражений печени.

### **Материалы и методы**

Были обследованы 70 пациентов (50 женщин и 20 мужчин) от 28 до 78 лет (средний возраст – 57,4 года). Всем больным проведена магнитно-резонансная томография (МРТ) на сверхпроводящем магнитно-резонансном томографе с напряженностью поля 1,5 Тесла. Были получены T1- и T2-взвешенные изображения (T1-ВИ, T2-ВИ), в том числе с подавлением сигнала от жира, а также ДВИ, которые выявлены при значениях  $b = 50 \text{ с}/\text{мм}^2$ ,  $400 \text{ с}/\text{мм}^2$ ,  $800 \text{ с}/\text{мм}^2$ . При проведении методики ДВИ использовали такие параметры: TR/TE = 1600/73, толщина среза – 6 мм, размер матрицы – 256×256, количество усреднений – 4. Для каждого очага определяли ИКД по картам ИКД.

34 пациентам с неясной картиной вводили

контрастные препараты на основе гадолиния. Результаты исследования сопоставляли с данными МСКТ с внутривенным контрастированием (у 40 пациентов), с показателями интраоперационного ультразвукового исследования (УЗИ), с операционными находками и гистологической картиной (у 43 больных).

**Результаты**

При обследовании 70 пациентов было выявлено 203 очаговых поражения печени – 55 простых кист, 36 гемангиом, 89 метастазов, 5 очагов фокальной узловой гиперплазии, 8 первичных опухолей печени и желчных протоков, 8 абсцессов, 2 зоны некроза. Размеры очагов – от 3 мм до 168 мм (в среднем 22 мм).

Данные исследования показали, что ДВИ повышает выявляемость мелких (менее 1 см) очагов. 84 образования (среди 203 очагов) имели калибр менее 1 см. В случае нечеткой визуализации очагов на T1-ВИ и T2-ВИ при ДВИ такие очаги имели более высокую интенсивность сигнала и более четкие контуры (рис. 1).

Данные количественного анализа значений ДВИ (табл. 1) показали, что ДВИ играет роль в дифференциальной диагностике очаговых поражений печени. Так, кисты не визуализировались при значении  $b = 800$  (рис. 2) и их ИКД составлял  $(2,5 \pm 0,1) \times 10^{-3} \text{ с/мм}^2$ . Метастазы визуализировались при всех значениях  $b$  и имели достоверно более низкий ИКД –  $(1,2 \pm 0,2) \times 10^{-3} \text{ с/мм}^2$ .

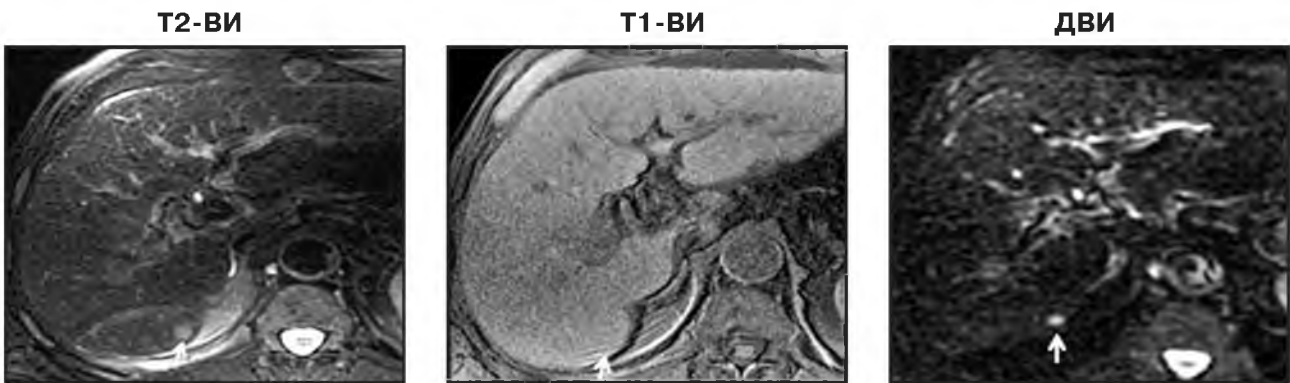


Рис. 1. Мелкий солитарный метастаз в правой доле печени. Лучшая визуализация очага – на ДВИ

**Значения ИКД для разных видов очагов**

Таблица 1.

| Данные  | Очаговые образования печени |               |               |
|---|-----------------------------|---------------|---------------|
|   | кисты                       | гемангиомы    | метастазы     |
| n   | 55                          | 36            | 89            |
| ИКД ( $M \pm m$ ) $\times 10^{-3} \text{ с/мм}^2$ | $2,5 \pm 0,1$               | $1,8 \pm 0,2$ | $1,2 \pm 0,2$ |
| Разброс значений                                  | 2,1–3,1                     | 1,5–2,6       | 0,8–1,6       |

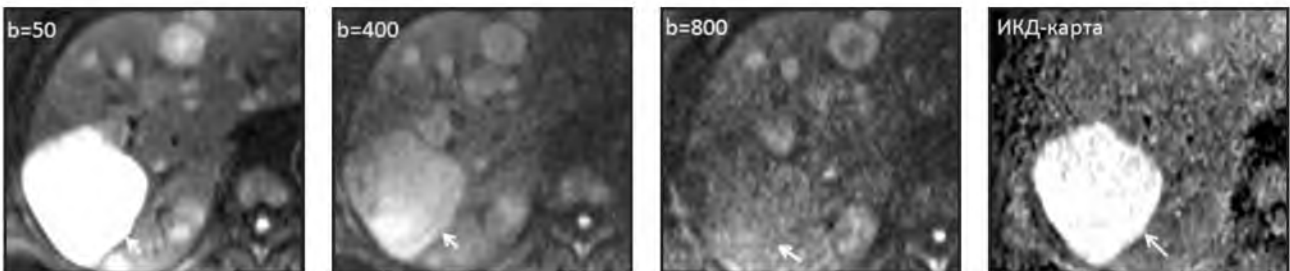


Рис. 2. Большая киста (стрелка) имеет высокую интенсивность сигнала при  $b = 50 \text{ с/мм}^2$  и на карте ИКД и не визуализируется при  $b = 800 \text{ с/мм}^2$ . Множественные метастазы хорошо видны при всех  $b$  и гипоинтенсивны на карте ИКД

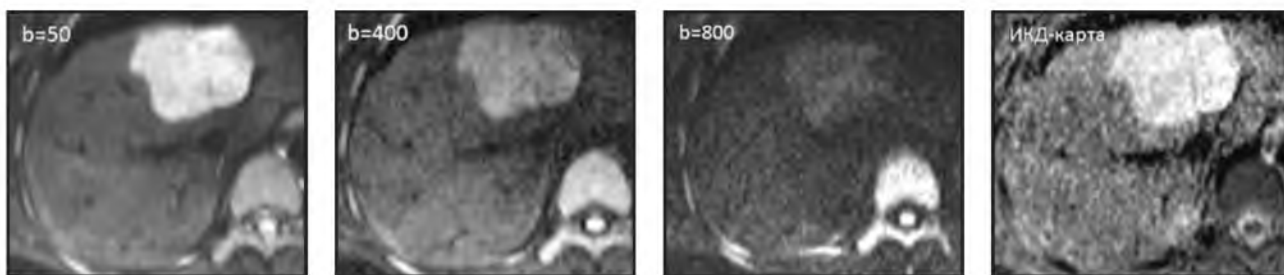


Рис. 3. Гемангиома визуализируется при всех значениях *b* и имеет относительно высокий ИКД

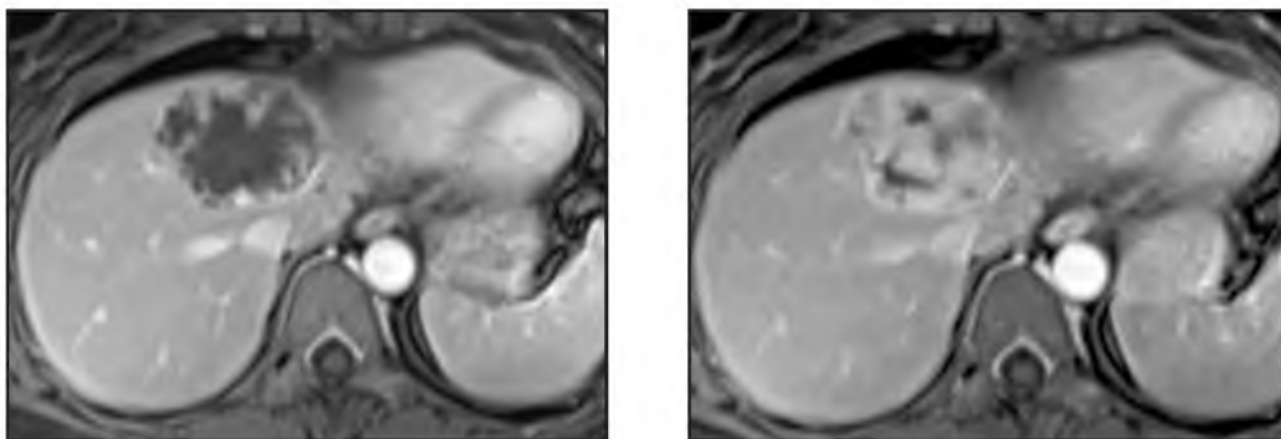


Рис. 4. Характер контрастного усиления (гадолиний-ДТРА) типичен для гемангиомы

**Виды выполненных оперативных вмешательств**

Таблица 2.

| Вид операции   | Число пациентов |
|--|-----------------|
| Резекция печени (в том числе атипичная)                | 11              |
| Гемигепатэктомия                                       | 10              |
| Холецистэктомия  | 4               |
| Дренирование   | 2               |
| Диагностическая лапароскопия с биопсией                | 4               |
| Панкреатодуоденальная резекция + интраоперационное УЗИ | 6               |
| Резекция кишки + интраоперационное УЗИ                 | 6               |

Неоднозначная картина наблюдалась при гемангиомах. Как правило, подобно метастазам они отчетливо видны при всех значениях *b*. Однако показатели ИКД гемангиом были выше и варьировали от  $1,5$  до  $2,6 \times 10^{-3}$  с/мм<sup>2</sup> (в среднем  $1,8 \pm 0,2 \times 10^{-3}$  с/мм<sup>2</sup>) (рис. 3, 4). В случае мелких очагов (менее 1 см) измерение ИКД было затруднено вследствие плохой визуализации подобных образований (преимущественно в случае злокачественных опухолей) и суммационного эффекта. Получаемые значения ИКД были недостоверны.

Кроме того, на ДВИ в ряде случаев визуализация поддиафрагмальных очагов была затруднена.

43 пациентам выполнено хирургическое вмешательство (табл. 2). Из них у 5 больных диагностированы множественные метастазы колоректального рака в печень. У остальных пациентов выявлено 79 очагов: кисты (15), гемангиомы (13), метастазы (33), гепатоцеллюлярный рак (1), холангиоцеллюлярная карцинома (3), рак желчного пузыря (4), абсцессы (8), зоны некроза (2). При примене-

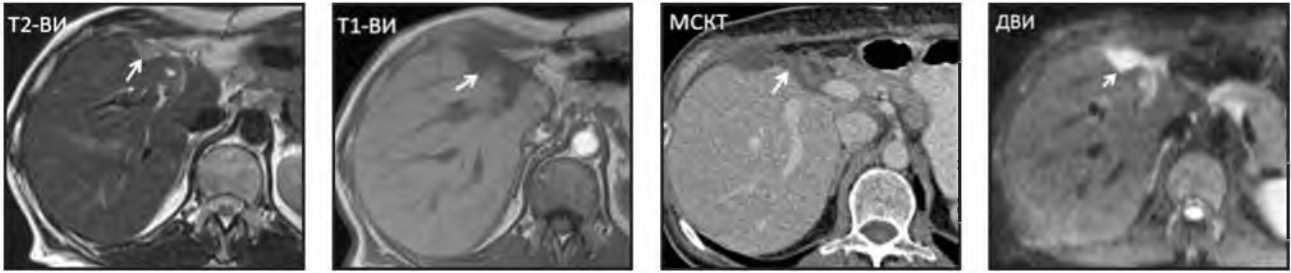


Рис. 5. Продолженный рост метастатического очага

нии методики ДВИ ложноположительных данных не получено, но отмечено 4 ложноотрицательных результата при мелких размерах очагов, локализующихся в поддиафрагмальной зоне.

В 3 случаях только при использовании ДВИ выявили дополнительные очаги в печени, что привело к отказу от хирургического вмешательства.

У послеоперационных пациентов применение методики ДВИ позволило оценить область резекции и выявить продолженный рост опухоли в 2 случаях (рис. 5).

### Обсуждение

Анализ значений ИКД для разных видов очаговых поражений печени показал, что достоверные отличия есть только у метастазов и кист. ИКД гемангиом варьирует достаточно широко, «перекрываясь» с ИКД других очагов.

Кроме того, мелкие образования, особенно с высокой клеточностью, могут не визуализироваться на картах ИКД или же измерение их коэффициента диффузии затруднено. Отсюда можно сделать вывод об относительности и недостоверности ИКД для дифференциальной диагностики очаговых поражений печени.

Тем не менее некоторые авторы показали значение динамики ИКД для прогноза и оценки эффективности химиотерапевтического лечения у онкологических пациентов [8].

ДВИ может использоваться как качественный метод оценки очагов в печени, так как достоверно повышает выявляемость в ней мелких (менее 1 см) образований.

Исследование с контрастным усилением

имеет преимущества перед ДВИ в дифференциальной диагностике очагов в печени при сходной их выявляемости.

ДВИ позволяет определить место предпочтительной стереотоксической биопсии, так как периферические отделы инфильтративно растущих опухолей имеют повышенную интенсивность сигнала (обусловленную более плотным клеточным расположением в наиболее активно растущей зоне опухоли).

По данным литературы [7] синхронизация с дыханием дает возможность получить более высокое соотношение сигнал/шум, а также использовать несколько значений  $b$ . Методика задержки дыхания позволяет уменьшить артефакты восприимчивости, обусловленные движением.

При получении ДВИ применялись обе методики, давшие практически сходные результаты. Синхронизация с дыханием лучше переносится пациентами, лишь незначительно удлиняя время исследования.

### Выводы

Применение ДВИ повышает выявляемость мелких очагов, играет дополнительную роль в дифференциальной диагностике очаговых поражений печени и может использоваться как качественный метод оценки. ДВИ не требует введения контрастных препаратов, что имеет особое значение в педиатрической практике, для тяжелобольных и беспокойных пациентов, при отягощенном аллергическом анамнезе, а также существенно снижает стоимость исследования. Эта методика легка в применении и практически не приводит к удлинению времени выполнения МРТ. ■

## Список литературы

1. Патютко Ю.И. Хирургическое лечение злокачественных опухолей печени. М.: Практическая медицина. 2005; 11–27, 160–167, 216–291.
2. Holzapfel K. et al. Detection and Characterization of Focal Liver Lesions using Respiratory-Triggered Diffusion-Weighted MR Imaging (DWI). *MAGNETOM Flash. The Magazine of MR Issue. RSNA Edition.* 2008; 2: 6–9.
3. Ринк П.А. Магнитный резонанс в медицине. М. «Гэотар-Мед». 2003; 138.
4. Bruegel M. et al. Diagnosis of Hepatic Metastasis. Comparison of Respiration-Triggered Diffusion-Weighted Echo-Planar MRI and Five T2-Weighted Turbo Spin-Echo Sequences. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 191: 1421–1429.
5. Coenegrachts K. et al. Improved focal liver lesion detection: comparison of singleshot diffusion-weighted echoplanar and single-shot T2 weighted turbo spin echo techniques. *Brit. J. of Radiol.* 2007; 80, 524–531.
6. Qayyum A. Diffusion-weighted Imaging in the Abdomen and Pelvis. Concepts and Applications. *RadioGraphics.* 2009; 29: 1797–1810.
7. Kandpal H. Respiratory-Triggered Versus Breath-Hold Diffusion-Weighted MRI of Liver Lesions. Comparison of Image Quality and Apparent Diffusion Coefficient Values. *Am. J. Roentgenol.* 2009; 192: 915–922.
8. Koh D.M., Collins D.J. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology. *Am. J. Roentgenol.* 2007; 188: 1622–1635.

## DIFFUSION-WEIGHTED IMAGING IN DIAGNOSTICS OF FOCAL HEPATIC LESIONS

E.D. Akchurina, V.E. Sinitsyn, E.A. Mershina

**Purpose.** Was to investigate the role of diffusion weighted imaging (DWI) in focal hepatic lesions diagnostic.

**Material and methods.** Data of 70 patients (20 men) aged 28–78 years with focal hepatic lesions were analyzed. All of them underwent 1,5 T MRI; DWI obtained at b values of 50 s/mm<sup>2</sup>, 400 s/mm<sup>2</sup>, and 800 s/mm<sup>2</sup>. The results of MSCT data, intra-operative visual and ultrasound examination, histology of operation probes, and follow-up data were confirmed.

**Results.** In 70 patients 203 focal lesions sized 3–168 mm: cysts (55), angiomas (36), metastases (89), nodal hyperplasia (5), primary tumors (5), abscesses (5), focal necroses (2) were revealed. DWI is capable of making differential diagnosis of focal hepatic lesions: cysts were not visualized at b = 800 s/mm<sup>2</sup>, and their ADC was  $(2,5 \pm 0,2) \times 10^{-3}$  s/mm<sup>2</sup>. Metastases were visible in all b-values, and had ADC lower than that for cysts  $(1,2 \pm 0,5) \times 10^{-3}$  s/mm<sup>2</sup>. Angiomas also were good visualized in all b-values, but ADC of angiomas was higher and varied from  $1,5 \times 10^{-3}$  to  $2,6 \times 10^{-3}$  s/mm<sup>2</sup>. DWI is advantageous in detecting of small (less than 1 cm) foci: even if this kind of lesions was indistinct at T1 and T2 weighed images, DWI showed high intensity and well-defined edges.

**Conclusions.** Diffusion weighed MRI appeared to play additional role in differential diagnosis of focal hepatic lesions, enhancing detectability of the small (less than 1 cm) foci. The technique is simple, cost-effective and not time-consuming.

**Key words:** diffusion weighted MRI, focal hepatic lesions, apparent diffusion coefficient, ADC

**Адрес для корреспонденции:**

Акчурина Эльвира Дамировна

Тел.: (495)942-29-01

E-mail: [eaakchurina@mail.ru](mailto:eaakchurina@mail.ru)