

Роль диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной визуализации в диагностике симптоматической эпилепсии на фоне аномалий развития головного мозга у детей

А. И. Икрамов, Х. Д. Аминов

Ташкентский институт усовершенствования врачей Министерства здравоохранения Республики Узбекистан

Role of Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging in Diagnostics of Symptomatic Epilepsy with Anomalies of Brain

A. I. Ikramov, X. D. Aminov

Tashkent Institute For Postgraduate Medical Education, Ministry of Uzbekistan

Реферат

В статье приведены результаты оценки магнитно-резонансной диффузии (МР-диффузии) в диагностике структурных повреждений головного мозга у детей с симптоматической эпилепсией на фоне аномалий развития головного мозга и сопоставление выявленных изменений с параметрами рутинной магнитно-резонансной томографии (МРТ).

Описаны особенности морфофункциональных изменений вещества мозга, которые дают возможность оценивать развитие и течение эпилепсии у детей с аномалиями развития головного мозга. При этом неблагоприятным прогностическим критерием является снижение коэффициента фракционной анизотропии на фоне повышения средней диффузионной способности у детей с симптоматической эпилепсией на фоне аномалиями головного мозга.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, симптоматическая эпилепсия, диффузия, аномалия развития головного мозга, белое вещество, анизотропия, средняя диффузионная способность.

Abstract

The paper presents the results of the evaluation with MRI diffusion in the diagnosis of structural brain damage in children with symptomatic epilepsy in the background of developmental abnormalities of the

* **Икрамов Адхам Ильхамович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской радиологии Ташкентского института усовершенствования врачей Министерства здравоохранения Республики Узбекистан.

Адрес: Узбекистан, 100007, г. Ташкент, ул. Паркент, д. 51.

Тел.: +998 (71) 150-39-00. Электронная почта: westferry1@rambler.ru

Ikramov Adkham Ilhamovich, M. D. Med., Professor, Head Medical of Radiology Department of Tashkent Postgraduate Medical Institute, Ministry of Healthcare of Uzbekistan.

Address: 51, ul. Parkent, Tashkent, 100007, Uzbekistan.

Phone number: +998 (71) 150-39-00. E mail: westferry1@rambler.ru

brain and comparison of changes detected with routine MRI parameters. This unfavorable prognostic criteria is a decline in the fractional anisotropy on the back of higher average diffusion capacity in children with symptomatic epilepsy in the background brain abnormalities.

Key words: Magnetic Resonance Imaging, Symptomatic Epilepsy, Diffusion, Brain Anomalies, White Matter, Anisotropy, Mean Diffusion.

Актуальность

По данным литературы аномалии развития головного мозга выявляются приблизительно в 30 % случаев в популяции детей с эпилептическими приступами [5, 10]. У таких детей наблюдается широкий спектр эмбриофетальных поражений центральной нервной системы (ЦНС), от обширных агенетических и эмбриокластических процессов до микродисгенезий, которым в последнее время отводят ключевую роль в этиопатогенезе ранних детских форм эпилепсии [1, 4, 7].

Активное развитие и внедрение современных методов нейровизуализации компьютерная томограмма (КТ) и магнитно-резонансная томограмма (МРТ) головного мозга в медицинскую практику позволили расширить прижизненную диагностику аномалий развития головного мозга, оценить их влияние на неврологический и психический статус человека, предположить прогноз и возможность проведения хирургического лечения [2]. Аномалии развития головного мозга являются одной из наиболее частой причин детской неврологической (эпилепсия, детский церебральный паралич (ДЦП), задержка психоречевого развития и т.д.) инвалидности [3, 7].

Появление новой методики на основе магнитного резонанса — диффузионно-взвешенной МРТ — подтолкнуло отечественных и зарубежных исследователей к активному изучению ее возможностей в оценке микроструктурных свойств бе-

лого вещества головного мозга [6, 11]. Однако опыт применения диффузионно-взвешенной МРТ в диагностике симптоматической эпилепсии на фоне аномалий развития головного мозга у детей в отечественной и зарубежной литературе практически отсутствует. Вместе с тем авторы сходятся во мнении, что эта методика способна дополнить объем и качество получаемой диагностической информации [4, 5, 12]. Следует отметить, что среди зарубежных ученых также нет единого мнения о возможностях количественной МР-диффузии в диагностике и прогнозе развития симптоматической эпилепсии при аномалиях развития головного мозга [9, 14]. Таким образом, на основании вышеизложенного целью данного исследования явилось изучение роли МР-диффузии у детей с симптоматической эпилепсией с аномалией развития головного мозга.

Материалы и методы

МРТ-исследования проведены 54 детям с симптоматической эпилепсией с аномалией развития головного мозга. Возрастная градация составила от 1 года до 14 лет, средний возраст детей — $5,9 \pm 0,56$ года. Дебют эпилептических приступов отмечался с момента рождения до 8 лет, средний возраст дебюта $2,3 \pm 0,59$ года. Длительность заболевания в среднем составила $4,4 \pm 0,96$ года. Пациенты проходили обследование и лечение в неврологическом отделении

клиники Ташкентского педиатрического медицинского института и в диагностическом центре ООО «МДС-сервис» за период с 2012 по 2014 г.

Всем детям (54 ребенка) была проведена рутинная МРТ, из них у 26 проводилась МР-диффузия (основная группа). Контрольную группу составили 20 здоровых детей без клинических проявлений эпилепсии и без признаков эпилептической активности по данным ЭЭГ (общее количество обследованных детей — 74). Всем детям проведены МРТ-исследования на томографе GE Ovation с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл, с использованием головной радиочастотной катушки, состоящей из 18 элементов.

Исследования проводились во взаимоперпендикулярных проекциях — аксиальной, фронтальной и сагиттальной — с использованием стандартного аксиального обзорного дебюта с базовым орбитомеатальным срезом. Традиционную и диффузионно-взвешенную МРТ проводили с использованием приема-

передающей матричной радиочастотной головной катушки. Положение пациента лежа на спине. Первичное центрирование пациента проводили совмещением лазерной световой метки с центральной меткой верхней части головной катушки.

Применяли стандартный алгоритм МРТ-исследования [9] (табл. 1).

Обследование больных начинали с применения быстрой поисковой программы (Localizer), с получением ориентировочных срезов головного мозга в сагиттальной, аксиальной и коронарной плоскостях.

Применялись следующие **стандартные** программные режимы:

- T1- и T2-взвешенные изображения в каждом случае;
- стандартный режим SE для регистрации грубых структурных изменений и состояния ликворных пространств, а также для оценки костных и деструктивных изменений;
- стандартный режим FSE (быстрое спин-эхо) для более контрастной

Таблица 1

Применяемые режимы при МРТ-диагностике головного мозга у детей с симптоматической эпилепсией

Режимы	Время
Head / 3-plane localizer	0:30 с
Head / Sag T1 SE	2 мин 11 с
Head / Ax T2 FR FSE	2 мин 18 с
Head / Ax T2 Flair	3 мин 51 с
Head / Cor T2 FSE	2 мин 14 с
Head / Cor T1 SE	2 мин 08 с
Diffusion (b = 900 2) / AX DWI (b = 900)	0:58 с
Diffusion (b = 900 2) / AX DWI (b = 2)	0:58 с
Итого	16 мин 06 с

визуализации серо-белой демаркации, а также тонкой оценки структуры белого вещества, измерения толщины кортикальной пластинки, наличия или отсутствия перивентрикулярного отека;

- режим GRE (градиент-эхо) для визуализации кальцинатов и псевдо-туморозных изменений, опухолей;
- режим IR (инверсия восстановления) для обзорных исследований мозговой паренхимы и регистрации ликвородинамических изменений.

Среди **специальных** режимов МР визуализации использовали следующие:

- инверсия-восстановления с редуцированным сигналом от свободной жидкости (FLAIR) для более четкой визуализации перивентрикулярных отделов желудочковой системы и субэпендимарных пространств, достигающиеся подавлением суммационных артефактов от свободного ликвора;
- **диффузионно-взвешенная последовательность** — для получения диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) использовали методику одноимпульсной (single shot) эхо-планарной томографии без подавления сигнала от свободной жидкости.

Методика диффузионно-взвешенной МРТ

Исследования выполняли с измерением диффузии в 12 направлениях. Этого количества измерений было достаточно для получения карт измеряемого коэффициента диффузии, коэффициента фракционной анизотропии. Параметры импульсной последовательности для получения диффузионно-тензорных изображений: TR = 5000 мс, TE = 119 мс, FOV = 314 мм, толщина среза —

5 мм, матрица — 96×128 , количество срезов — 23, различные значения фактора взвешенности для каждого из 12 направлений измеряемой диффузии. Статистически-автоматический анализ данных был проведен на базе программы FSL (functional MRI software library) и состоял из нескольких этапов, выполняемых с помощью различных инструментов, встроенных в программу. Сначала проводилась постпроцессинговая (подготовительная) обработка полученных диффузионно-тензорных изображений каждого пациента отдельно. Далее выполнялась пострегистрационная обработка — приведение данных каждого «объекта» (участника) группы к единому стандартизированному пространству (с использованием атласа Талайраха или ММ 152) и конвертацией их в изображения с объемным разрешением $1 \times 1 \times 1$ мм. С помощью приложения к программе (TBSS — tract based spatial statistic — тензорная пространственная статистика), зарегистрированные, приведенные к единому стандартизированному пространству изображения всех «объектов» записывались в один файл-образ с усреднением фракционной анизотропии отдельно по каждому из них. На основе полученных данных (файла-образа) с помощью специального приложения (FA skeletonisation program), встроенного в программу FSL, создавалась маска «скелета» фракционной анизотропии (скелет ФА). Конечным этапом выполнялся повоксельный анализ для определения, в каких вокселях имелось статистически значимое различие между группами. Количественная оценка с использованием стандартного приложения Neuro 3D. Для количественного анализа измерение ФА и СДС проводилось в различных зонах интере-

са, включая пучки проводящих путей и базальные ядра:

- белое вещество лобных долей;
- белое вещество височных долей;
- белое вещество затылочных долей;
- переднее бедро внутренней капсулы;
- колено внутренней капсулы;
- заднее бедро внутренней капсулы;
- валик мозолистого тела;
- корпус мозолистого тела.

Диффузионный тензор рассчитывался для каждого вокселя, в результате чего были получены изображения (карты) фракционной анизотропии и средней диффузионной способности. Значения ФА и средней диффузионной способности (СДС) рассчитывались на одинаковых срезах для всех полученных изображений.

Статистический анализ для групп сравнения был проведен с использованием программного пакета Statistica 6.0 (StatSoft, Inc., США).

Результаты и их обсуждение

Неврологическая симптоматика у 25 (46,3 %) детей характеризовалась центральными парезами, у 50 (92,6 %) детей наблюдались различной степени выраженности задержка психического и моторного развития.

В нашем исследовании кортикальные дисплазии характеризовались лиссэнцефалией (агирия), пахигирией, микрополигирией, шизэнцефалией и трансмантальной дисплазией.

При МРТ-исследовании у 33 (61,1 %) детей диагностированы диффузные нарушения формирования извилин (лиссэнцефалия, пахигирия, полимикрогирия), т. е. «гладкий мозг». Как видно из наших данных и данных литературы, это один из наиболее частых типов цере-

бральных мальформативных изменений корковой структуры, ассоциированных с ранними детскими формами эпилепсии. У данной группы детей наблюдались комбинированные мультифокальные и генерализованные нарушения при электроэнцефалографических (ЭЭГ) исследованиях. На основе анализа МРТ-данных у детей с лиссэнцефалией наблюдались полная диффузная агирия (рис. 1, а, б), фрагментарная агирия с наличием отдельных извилин в лобных и височных отделах мозга, иногда на медиальной или базальной поверхности лобных долей (рис. 2, а, б).

У 17 (31,5 %) детей был зарегистрирован комплекс агирия – пахигирия. У большинства обследованных детей агирия была представлена в затылочных и теменных долях, а пахигирия – в лобных и височных отделах (рис. 3).

В случае пахигирии извилины на МР-томограммах определяются, однако их немного, они расширены, уплощены и имеют более крупный размер. Также диагностическое значение имеет прямолинейный характер границы между серым и белым веществом головного мозга, гипоплазия белого вещества, венстрикуломегалия, расширение силвиевых и центральной борозд.

Клиническая картина у данной группы детей типична. Так, в течение 3–4 мес после рождения наблюдались мышечная гипотония, тяжелые эпилептические приступы по типу массивных миоклонических спазмов и модифицированная гипсаритмия на ЭЭГ.

Регионарные диспластические изменения коры регистрировались у 15 (27,8 %) детей, они характеризовались 2 типами регионарных дисплазий, отличающихся толщиной кортикальной пластинки и паттерном скулькации: ло-

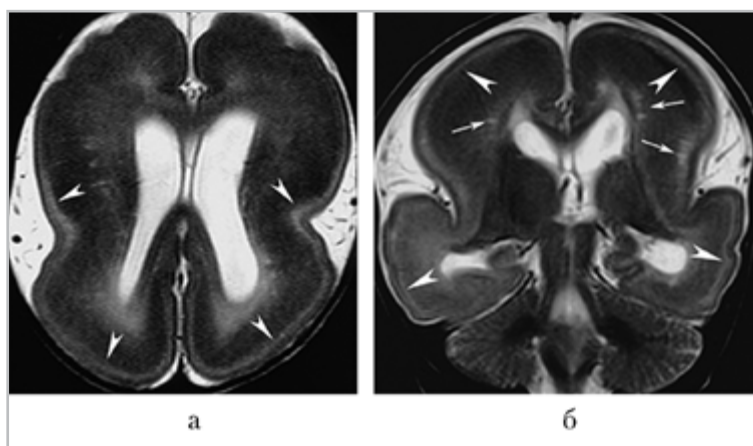


Рис. 1. МРТ в аксиальной и коронарной проекциях, режим T2. Больная А., 8 мес. Агирия-лиссэнцефалия с ранним дебютом резистентных генерализованных эпилептических приступов: *а* — коронарный срез, отмечается сглаженность кортикальной поверхности, утолщение кортикальной пластинки, отсутствие основных борозд; *б* — аксиальный срез, визуализируются линейный характер серо-белой дифференциации, а также диспластическая вентрикуломегалия и наличие перивентрикулярной дисмиелинизации в теменных долях

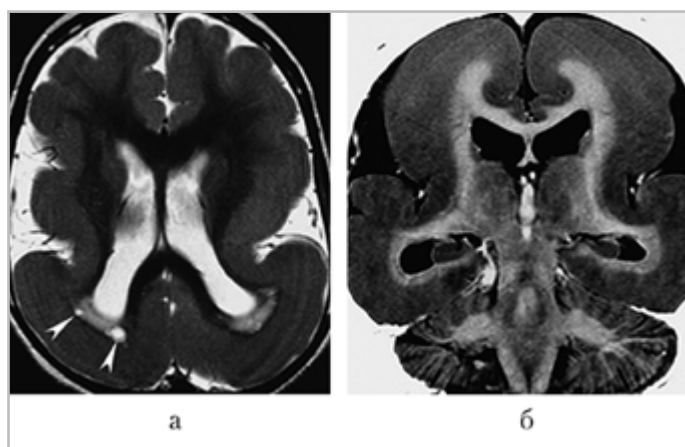


Рис. 2. МРТ в аксиальной и коронарной проекциях, режим T2. Больная Д., 7 мес. Расширенная агирия с рефрактерной генерализованной эпилепсией: *а* — коронарный срез, частичное присутствие аномальных расширенных извилин в височных долях; *б* — аксиальный срез; на фоне выраженных агирических изменений коры визуализируется частично сохраненная складчатость в лобных долях

кальная пахигирия, при которой кора утолщена, дисламинирована, извилины редкие, рисунок борозд обеднен, и локальная полимикрогирия, при которой, наоборот, кора диспластически истончена (результат патологии нейронной пролиферации), рисунок борозд усложнен,

и имеется большое количество дисгармонично ориентированных мелких извилин (рис. 4, *а, б*).

Неврологическая симптоматика у этих детей выражалась в задержке развития, также наблюдались различные степени интеллектуального дефицита, до-

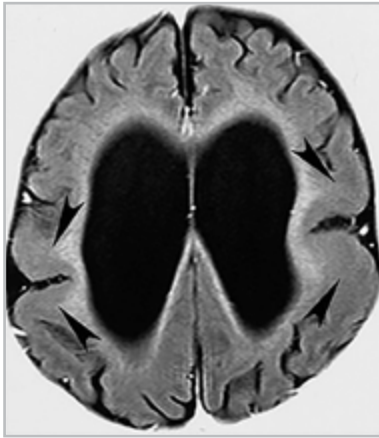


Рис. 3. МРТ в аксиальной проекции. Больной Р., 7 лет. Фрагментарная пахигирия с симптоматической генерализованной эпилепсией и грубой задержкой психоинтеллектуального развития

минирующие псевдобульбарные симптомы и различные пирамидные знаки.

У 6 (11,1 %) детей с шизэнцефалией эпилепсия сочетается с выраженными изменениями неврологического статуса в виде тетрапареза и умственной отсталостью.

МРТ-симптомы у данных детей характеризовались покрытием шизэнце-

фалической расщелины диспластичной корой (без сформированных борозд и извилин) с гладкими контурами и закругленными изгибами, что свидетельствует об агенетическом характере процесса (рис. 5).

Наиболее важным параметром диффузионно-взвешенной МРТ, характеризующим интеграцию белого вещества, является показатель фракционной анизотропии (ФА), который определяется как магнитуа направления диффузии воды в трехмерном пространстве. Плотные расположенные пучки белого вещества обеспечивают структурную когерентность, вследствие чего диффузия воды имеет определенное направление, а ФА — достаточно высокое значение [6, 13].

На дальнейшем этапе работы изучены значения показателей ФА и СДС у детей с симптоматической эпилепсией в сравнительном аспекте.

Установлено достоверное снижение количественных показателей значений коэффициента ФА у каждого пациента в лобной, височной, теменной и затылоч-

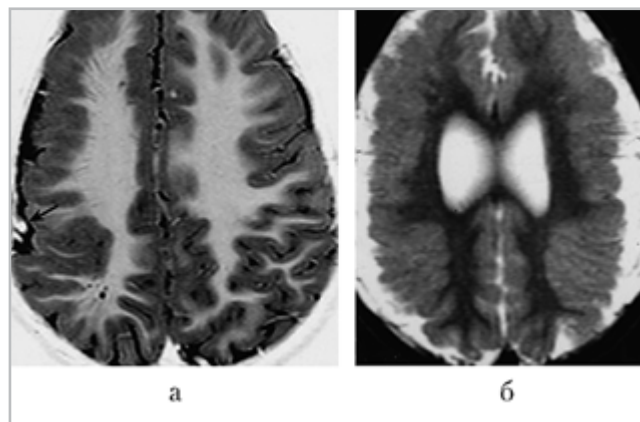


Рис. 4. МРТ в аксиальной проекциях, режим T2. Больная Ч., 2 года. Врожденный билатеральный перисильвиарный синдром с вторично-генерализованными эпилептическими приступами, задержкой развития и дизартрией: *а* — аксиальный срез: билатеральные участки перисильвиарной дизигрии; *б* — кортикальная пластинка утолщена, боковые борозды имеют «открытый» характер

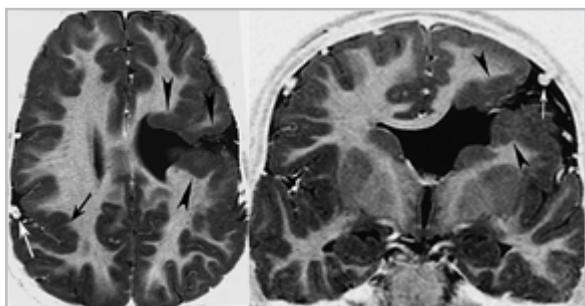


Рис. 5. МРТ в аксиальной и коронарной проекциях. Больная А., 3 года. Левосторонняя шизэнцефалия с «открытыми губами». Аксиальный рисунок: наличие выраженных диспластических изменений кортикальной пластинки в перисильвиарных регионах

ной областях белого вещества головного мозга по сравнению с показателями контрольной группы (табл. 2).

Для оценки результатов МР-диффузии используется также показатель средней диффузионной способности (СДС), повышение значений которого связано с дефектом нейрогенеза либо потерей клеток с последующим увеличением экстрацеллюлярного пространства. Анализ количественных показателей СДС представлен в табл. 3.

Как видно из таблицы, у детей в основной группе отмечалось достоверное увеличение СДС во всех исследуемых зонах.

При анализе корреляционных показателей между ФА и СДС у обследованных детей основной группы выявлена отрицательная сильная взаимосвязь по всем зонам обследования, которая име-

Таблица 2

Показатели ФА у детей с симптоматической эпилепсией на фоне аномалий развития головного мозга

Этиология симптоматической эпилепсии	Белое вещество головного мозга							
	Лобная доля	Височная доля	Теменная доля	Затылочная доля	Мозолистое тело	Внутренняя капсула		
						Переднее бедро	Колено	Заднее бедро
Норма (n=20, здоровые дети)	0,50 ± 0,004	0,51 ± 0,004	0,50 ± 0,004	0,51 ± 0,004	0,52 ± 0,004	0,52 ± 0,004	0,51 ± 0,005	0,52 ± 0,004
Аномалии развития головного мозга (n = 26)	0,38 ± 0,02*	0,36 ± 0,002	0,37 ± 0,03*	0,50 ± 0,004	0,54 ± 0,02*	0,54 ± 0,004	0,54 ± 0,012*	0,56 ± 0,004

* *Примечание:* достоверность данных по сравнению с нормой (p < 0,01).

ет непосредственное влияние на развитие дефицита нейрогенеза, что, в свою очередь может быть прогностическим критерием развития симптоматической эпилепсии при аномалиях развития головного мозга.

Вместе с тем отмечается также такая особенность: при эпилептических приступах, связанных с аномалиями (пороками) развития головного мозга, проводимая противосудорожная терапия часто носит безуспешный характер, что

Таблица 3

Показатели СДС у детей с симптоматической эпилепсией на фоне аномалий развития головного мозга

Этиология симптоматической эпилепсии	Белое вещество головного мозга							
	Лобная доля	Височная доля	Теменная доля	Затылочная доля	Мозолистое тело	Внутренняя капсула		
						Переднее бедро	Колено	Заднее бедро
Норма (n=20, здоровые дети)	1,2 ± 0,03	1,3 ± 0,03	1,25 ± 0,04	1,35 ± 0,04	1,06 ± 0,04	1,02 ± 0,03	1,04 ± 0,03	1,05 ± 0,03
Аномалии развития головного мозга (n = 26)	1,5 ± 0,06*	1,55 ± 0,06	1,6 ± 0,06*	1,65 ± 0,06	1,36 ± 0,05*	1,11 ± 0,05	1,14 ± 0,02*	1,2 ± 0,04

* *Примечание:* достоверность данных по сравнению с нормой (p < 0,01;).

также подтверждается данными литературы [8].

Заключение

Основными МРТ-признаками эпилепсии на фоне аномалий развития головного мозга у детей являются, прежде всего, наглядная визуализация структурных нарушений архитектоники головного мозга, что диктует о необходимости проведения этого метода исследования у детей с симптоматической эпилепсией. Применение диффузионно-взвешенной МРТ с учетом значений ФА и СДС позволяет визуализировать и количественно оценивать изменения, невидимые на рутинных МР-томограммах. Также применение методики дает возможность судить о прогнозе развития симптоматической эпилепсии. При этом неблагоприятным прогностическим критерием является снижение коэффициента фракционной анизотропии на фоне повышения средней диффузионной способности у детей с симптоматической эпилепсией на фоне с аномалиями головного мозга.

Список литературы

1. *Алиханов А. А.* Визуализация эпилептогенных поражений мозга у детей. М.: Видар, 2009. 272 с.
2. *Базилевич С. Н., Одинак М. М., Дыскин Д. Е., Красаков И. В. и др.* Результаты структурной и функциональной нейровизуализации у пациентов с эпилептическими приступами при цереброваскулярных заболеваниях // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова (Эпилепсия. Прилож. к журналу). 2008. № 2. С. 33–39.
3. *Гайкова О. Н.* Изменения белого вещества головного мозга при височной эпилепсии: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. СПб., 2001. 38 с.
4. *Евстигнеев В. В., Кистень О. В., Булаев И. В., Сакович Р. А.* Диффузионная тензорная магнитно-резонансная томография и трактография в оценке проводящих путей у пациентов с эпилепсией. // Вестник Каз. нац. мед. университета. 2012. № 3. С. 19–21.
5. *Евстигнеев В. В., Кистень О. В., Булаев И. В., Сакович Р. А.* Опыт применения диффузионной тензорной магнитно-

- резонансной томографии в морфологической диагностике эпилепсии // Неврология и нейрохирургия. Восточная Европа. 2012. № 4 (16). С. 97.
6. *Ефимцев А. Ю.* Возможности диффузионной тензорной магнитно-резонансной томографии в оценке поражения проводящих путей при неопухолевых заболеваниях головного мозга: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2011. 28 с.
 7. *Одинак М. М., Базилевич С. Н., Дыскин Д. Е., Прокудин М. Ю.* Возможности и опыт применения функциональных методов нейровизуализации в эпилептологии // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2010. № 2 (3). С. 45–50.
 8. *Тотлян А. А., Литатова Л. В., Василенко А. В., Дыскин Д. Е., Сивакова Н. А.* Комплексная клиничко-электроэнцефалографическая и нейровизуализационная диагностика локально обусловленной эпилепсии // Рос. нейрохирургический журн. им. А. С. Поленова. 2013. Т. 5. Спец. вып. С. 298.
 9. *Холин А. В.* Магнитно-резонансная томография при заболеваниях центральной нервной системы. СПб.: Гиппократ, 2000. 231 с.
 10. *Kisten O. V.* Experience of diffusion tensor magnetic resonance imaging in the morphological diagnosis of epilepsy // Neurology and Neurosurgery. 2012. V. 4. P. 95–97.
 11. *Le Bihan D.* MR imaging of intravoxel incoherent motions: application to diffusion and perfusion in neurologic disorders // Radiol. 2006. V. 161. P. 401–407.
 12. *Le Bihan D.* Direct and fast detection of neuronal activation in the human brain with diffusion MRI // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2012. V. 103 (21). P. 263–268.
 13. *Wang, R. P., Schmahmann J. D., Benner T., Tseng W. Y, Da, G., Pandya D. N., Hagmann P., D'arceui, H.* Diffusion spectrum magnetic resonance imaging (DSI) tractography of crossing fibers // NeuroImage. 2008. V. 41 (4). P. 1267–1277.

References

1. *Alihanov A. A.* The imaging of epileptogenic brain damages in children. Moscow: Vidar, 2009. P. 272. (in Russian).
2. *Bazilevich S. N., Odinak M. M., Dyskin D. E., Krasakov I. V. et al.* The results of the structural and functional neuroimaging in patients with epileptic seizures in cerebrovascular diseases. Zhurnal nevrologii i psichiatrii imeni S. Korsakov (Epilepsy. Appendix of the journal). 2008. No. 2. P. 33–39 (in Russian).
3. *Gajkova O. N.* Changes in the white matter of the brain in the temporal lobe epilepsy. Avtoref. dis. ... dokt. med. nauk. Sankt Peterburg, 2001. 38 p. (in Russian).
4. *Evstigneev V. V., Kisten' O. V., Bulaev I. V., Sakovich R. A.* Diffusion tensor magnetic resonance imaging and tractography in evaluating pathways in patients with epilepsy. Vestnik Kazahskogo nacional'nogo medicinskogo universiteta. 2012. P. 19–21 (in Russian).
5. *Evstigneev V. V., Kisten' O. V., Bulaev I. V., Sakovich R. A.* Experience of using diffusion tensor magnetic resonance imaging in the diagnosis of morphological changes of epilepsy. Neurology and Neurosurgery. Eastern Europe. 2012. V. 4 (16). P. 97 (in Russian).
6. *Efimcev A. Yu.* The features of diffusion tensor magnetic resonance imaging in the evaluation of lesions in the non-tumor pathways brain diseases. Avtoref. dis. ... kand. med. nauk, Sankt Peterburg, 2011. 28 p. (in Russian).

7. *Odinak M. M., Bazilevich S. N., Dyskin D. E., Prokudin M. Yu.* Availability and use of functional neuroimaging in epileptology. *Jepilepsija i paroksizmal'nye sostojanja*. 2010. No. 2 (3). P. 45–50. (in Russian).
8. *Totoljan A. A.* Complex clinical and electroencephalographic and neuroimaging diagnosis of locally caused epilepsy. *Russian Journal of Neurosurgery named after A. S. Polenova*. 2013. V. 5. Spec. release. P. 298. (in Russian).
9. *Holin A. V.* Magnetic resonance imaging in diseases of the central nervous system. Sankt Peterburg: Hippocrates, 2000. 231 p.
10. *Bazilevich C. N., Odinak M. M., Diskin D. E., Krasakov I. V.* The results of structural and functional neuroimaging in patients with epileptic seizures in cerebrovascular diseases. *Zhurnal nevrologii i psixiatrii imeni S. Korsakov (Epilepsy. Appendix of the journal)*. 2008. V. 2. P. 33–39 (in Russian).
11. *Kisten O. V.* Experience of diffusion tensor magnetic resonance imaging in the morphological diagnosis of epilepsy. *Neurology and Neurosurgery*. 2012. V. 4. P. 95–97.
12. *Le Bihan D.* Direct and fast detection of neuronal activation in the human brain with diffusion MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2006. V. 103 (21). P. 263–268.
13. *Le Bihan D.* MR imaging of intravoxel incoherent motions: application to diffusion and perfusion in neurologic disorders. *Radiology*. 2012. V. 161. P. 401–407.
14. *Wang R. P., Schmahmann J. D., Benner T., Tseng W. Y., Dai G., Pandya D. N., Hagmann P., D'arceuil H.* Diffusion spectrum magnetic resonance imaging (DSI) tractography of crossing fibers. *NeuroImage*. 2008. V. 41 (4). P. 1267–1277.

Сведения об авторах

Икрамов Адхам Ильхамович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской радиологии Ташкентского института усовершенствования врачей Министерства здравоохранения Республики Узбекистан.
Адрес: Узбекистан, 100007, г. Ташкент, ул. Паркент, д. 51.
Тел.: +998 (71) 150-39-00. Электронная почта: westferry1@rambler.ru

Ikramov Adkham Ilhamovich, M. D. Med., Professor, Head Medical of Radiology Department of Tashkent Postgraduate Medical Institute, Ministry of Healthcare of Uzbekistan.
Address: 51, ul. Parkent, Tashkent, 100007, Uzbekistan.
Phone number: +998 (71) 150-39-00. E mail: westferry1@rambler.ru

Аминов Хабибулла Джалалитдинович, старший научный сотрудник-исследователь кафедры медицинской радиологии Ташкентского института усовершенствования врачей Минздрава Республики Узбекистан.
Адрес: Узбекистан, 100007, г. Ташкент, ул. Паркент, д. 51.
Тел.: +998 (91) 132-03-08. Электронная почта: westferry1@rambler.ru

Aminov Khabibulla Djalalitinovich, Senior Researcher Medical of Radiology Department of Tashkent Postgraduate Medical Institute, Ministry of Healthcare of Uzbekistan.
Address: 51, ul. Parkent, Tashkent, 100007, Uzbekistan.
Phone number: + 998 (91) 132-03-08. E-mail: westferry1@rambler.ru

Финансирование исследования и конфликт интересов.

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.