



КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткое сообщение

УДК 616.853

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-1-104-114>

МР-морфометрия в диагностике МР-негативной фокальной кортикальной дисплазии (клинический случай)

А. М. Шевченко¹, Э. Л. Погосбемян², П. А. Власов³, С. Б. Агрба⁴,
С. А. Галстян⁵, А. И. Баталов⁶, А. Г. Меликян⁷, И. Н. Пронин⁸

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия

¹ shevchenko@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4779-2370>

² epogosbekyan@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4803-6948>

³ pvlasov@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2381-8609>

⁴ sagrba@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1668-6409>

⁵ SGalstyan@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9953-6654>

⁶ abatalov@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8924-7346>

⁷ Melikian@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0737-5983>

⁸ Pronin@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4480-0275>

Автор, ответственный за переписку: Александр Михайлович Шевченко,
Shevchenko@nsi.ru

Резюме

Представлен случай МР-негативной формы фокальной кортикальной дисплазии (ФКД) IIb типа, в которой продемонстрирована диагностическая информативность показателей полу- и автоматической МР-морфометрии. С помощью данного метода были выделены специфичные признаки ФКД: нарушение границы серого и белого вещества и утолщение коры у пациента с МР-негативной формой фокальной эпилепсии. Гистологический диагноз фокальной кортикальной дисплазии IIb типа в выделенной зоне интереса был подтвержден. После хирургического лечения была достигнута стойкая ремиссия приступов (Engel class Ia, катмнез 5 лет).

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, магнитно-резонансная морфометрия, фокальная кортикальная дисплазия, толщина коры, размытие серого-белого вещества

© Шевченко А. М., Погосбемян Э. Л., Власов П. А., Агрба С. Б., Галстян С. А., Баталов А. И., Меликян А. Г., Пронин И. Н., 2024

Для цитирования: Шевченко А. М., Погосбекян Э. Л., Власов П. А., Агрба С. Б., Галстян С. А., Баталов А. И., Меликян А. Г., Пронин И. Н. МР-морфометрия в диагностике МР-негативной фокальной кортикальной дисплазии (клинический случай) // Радиология — практика. 2024;(1):104-114. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-1-104-114>

CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

Short report

MR morphometry in the diagnosis of MR-negative focal cortical dysplasia (clinical case)

A. M. Shevchenko¹, E. L. Pogosbekyan², P. A. Vlasov³, S. B. Agrba⁴,
S. A. Galstyan⁵, A. I. Batalov⁶, A. G. Melikyan⁷, I. N. Pronin⁸

Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

¹shevchenko@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4779-2370>

²epogosbekyan@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4803-6948>

³pvaslov@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2381-8609>

⁴sagba@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1668-6409>

⁵SGalstyan@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9953-6654>

⁶abatalov@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8924-7346>

⁷Melikian@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0737-5983>

⁸Pronin@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4480-0275>

Corresponding author: Alexander M. Shevchenko, Shevchenko@nsi.ru

Abstract

We presented a clinical case of MR-negative focal cortical dysplasia (FCD) type IIb, in which diagnostic value of semi- and automatic MR morphometry has been established. This method identified specific features for FCD in a patient with MR-negative form of focal epilepsy, such as blurring of the grey-white matter border and thickening of the cortex. The histological diagnosis of FCD type IIb has been confirmed in the region of interest detected by MR morphometry. Seizure freedom (Engel class Ia, follow-up 5 years) has been achieved after the surgical resection.

Keywords: magnetic resonance imaging, magnetic resonance morphometry, focal cortical dysplasia, cortical thickness, gray-white matter blur

For citation: Shevchenko A. M., Pogosbekyan E. L., Vlasov P. A., Agrba S. B., Galstyan S. A., Batalov A. I., Melikyan A. G., Pronin I. N. MR morphometry in the diagnosis of MR-negative focal cortical dysplasia (clinical case). *Radiology — Practice*. 2024;1:104-114. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-1-104-114>

Актуальность

Фокальная корковая дисплазия (ФКД) является наиболее распространенным заболеванием детского возраста, которая проявляется фармакорезистентной эпилепсией. ФКД представляет собой подгруппу корковых пороков развития, характеризующихся аномальной миграцией и дифференцировкой нейронов. ФКД составляет 20–25 % случаев эпилепсии детского возраста [1] и 25–40 % случаев с фармакорезистентным течением [2]. Хирургическое лечение пациентов с фармакорезистентным течением ФКД является методом выбора. Успех хирургического лечения эпилепсии зависит от точного определения границ дисплазии [3]. Когда фармакорезистентность наблюдается при отсутствии видимых структурных изменений на МРТ, это создает наибольшую проблему для дооперационного обследования и планирования лечения пациента. В таких случаях в литературе использовался термин «МР-негативная эпилепсия». Однако у этого термина нет общепринятого определения, так как нет четкой границы между МР-позитивной (видимое поражение на МРТ) и МР-негативной эпилепсией. При определенных условиях, например, в зависимости от используемых последовательностей и напряженности магнитного поля и опыта нейрорентгенолога, один и тот же пациент может быть диагностирован как МР-позитивный, так и МР-негативный. Все это повышает интерес исследователей к поиску методов, способных выявлять структурные изменения у МР-негативных пациентов, вне зависимости от «внешних» факторов. Одним из таких методов является МР-морфометрия на основе воксельного анализа [4]. По данным литературы, морфометрия способна выявлять признаки, типичные для ФКД, а именно нарушение перехода серого и белого вещества, а также изменения объема серого вещества. В предыдущей работе нами был представлен оригинальный алгоритм автомати-

ческого определения зон ФКД, который может выявлять признаки фокальной кортикальной дисплазии при отсутствии ее визуальных изменений на стандартных МР-последовательностях [5]. В качестве иллюстративного примера информативности предложенного метода МР-морфометрии в работе обсуждается клинический случай МР-негативной формы фокальной кортикальной дисплазии.

Клиническое наблюдение

Девочка 12 лет. Дебют эпилепсии с 4 лет 11 мес. в виде приступов, развивающихся во время сна и проявляющихся расширением левого зрачка, дистонией в левой руке, покашливанием. Наследственность по эпилепсии не отягощена. На момент поступления в стационар приступы по 7–8 сек по типу висцеральной ауры (боли в животе), далее покраснения лица и напряжения в лицевой и периорбитальной мускулатуре слева, затем тонического напряжения в правой верхней конечности (вытягивает руку) в сочетании с флексией с хватательными автоматизмами в левой верхней конечности, а также падением тонуса в нижних конечностях. Частота приступов достигала 35 раз в сутки. Пациентка была осмотрена нейропсихологом, который установил трудности переработки кинестической информации, несформированность зрительно-пространственных функций на фоне недостаточности нейродинамических характеристик деятельности. Пациентке был выполнен суточный видео-ЭЭГ-мониторинг (ВЭМ), на котором была выявлена эпилептиформная активность в левой нижнелобно-центральной области F3-F7-C3 (рис. 1).

Для оценки структурных изменений вещества головного мозга пациентке выполнена МРТ по протоколу HARNESS, но типичных признаков ФКД не было выявлено (т. е. утолщения коры, нарушения перехода серого

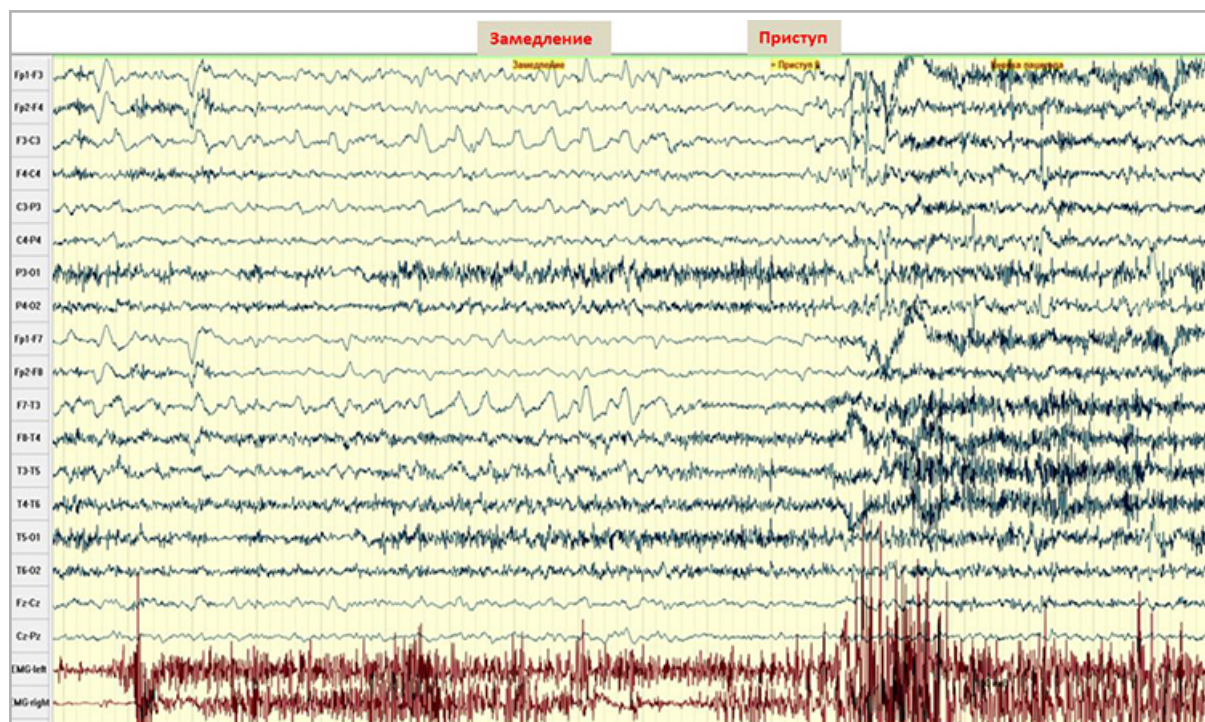


Рис. 1. ЭЭГ пациента. Продолженное ритмичное тета-замедление в левой нижнелобно-центральной области (F3-F7-C3). В структуре замедления регистрируется постоянная эпилептиформная активность в виде комплексов пик-, полипик-медленная волна

и белого вещества, а также трансмантийного тяжа) (рис. 2).

В связи с тем, что ЭЭГ показывала достаточно обширную зону начала эпилептического приступа, а МРТ головного мозга не дала четких представлений о наличии структурных изменений, было принято решение о проведении МР-морфометрии.

Для проведения МР-морфометрии была взята импульсная последовательность FSPGR с изотропным вокселем $1,0 \times 1,0 \times 1,0 \text{ мм}^3$. Расчет морфометрических карт включал следующие шаги: постобработку МРТ, вычисление параметрических карт зон перехода серого-белого вещества, расчет толщины коры, автоматический поиск зон ФКД. В результате были получены z-карты по признакам утолщения коры и нарушения перехода серого и белого вещества. На z-картах были визуально обнаружены аномально яркие зоны в левой лобной доле по обоим признакам (рис. 3).

Для того чтобы определить вероятную локализацию и границы ФКД, мы дополнительно применили автоматический алгоритм МР-морфометрии с заданными параметрами: k — параметрический коэффициент, который был равен 2, и пороговый объем: программа оконтуривала только те яркие области z-карт, у которых объем был больше 50 мм^3 (рис. 4).

Таким образом, МР-морфометрия указывает на наличие двух признаков, характерных для структурных проявлений ФКД: нарушение перехода серого и белого вещества, а также утолщение коры на границе средней и нижней лобной извилины левой лобной доли. Аномально яркие зоны пересекаются между собой, что свидетельствует о большой вероятности ФКД в этой области.

Полученные данные были проанализированы эпилептологической группой, в которую входят нейрохирург, эпилептолог, нейропсихолог, нейрорентгенолог. Были определены границы зоны резек-

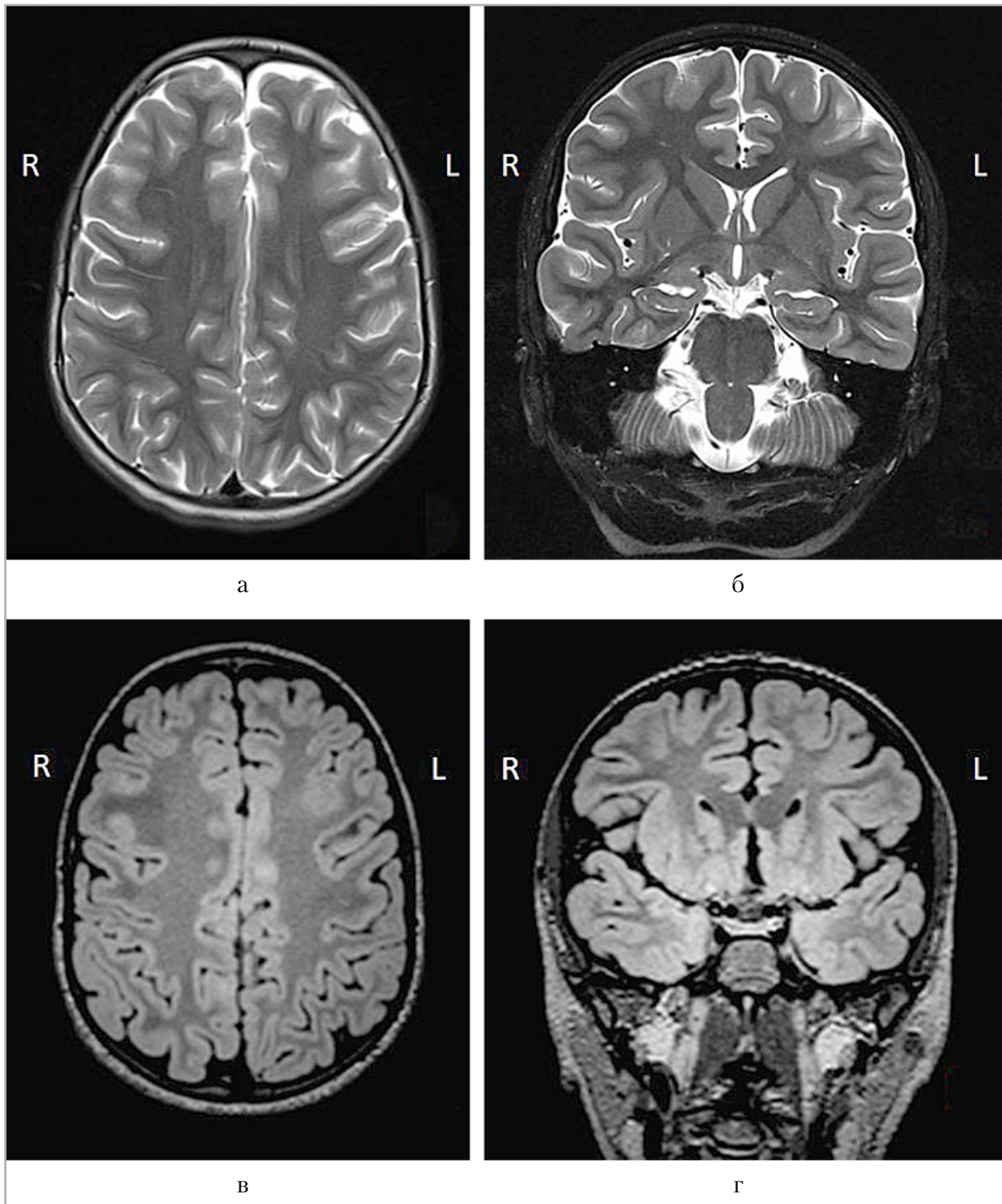


Рис. 2. МРТ пациентки 12 лет с ФКД левой лобной доли: *а* — структурное T2-ВИ в аксиальной проекции; *б* — в коронарной проекции; *в* — структурное T2-FLAIR в аксиальной проекции; *г* — в коронарной проекции. МРТ визуально оценена как негативная

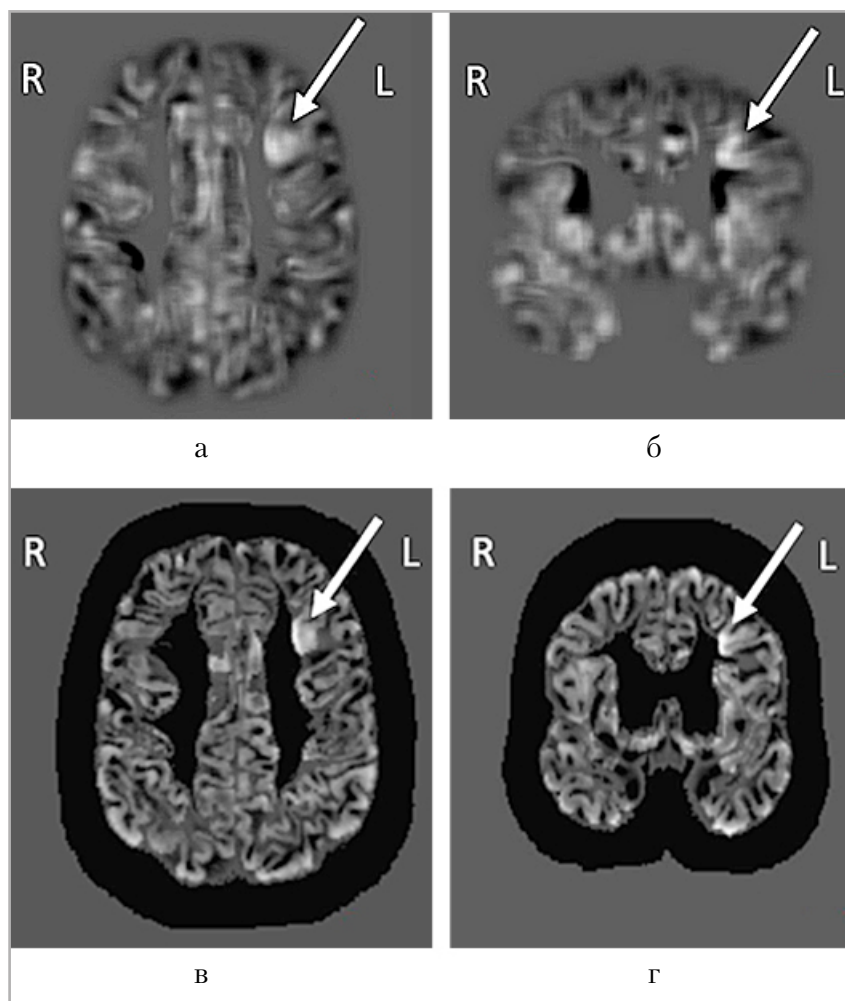


Рис. 3. Z-карты пациентки 12 лет с ФКД левой лобной доли: *а* — z-карты перехода серого и белого вещества в аксиальной проекции; *б* — z-карты перехода серого и белого вещества в коронарной проекции; *в* — z-карты толщины коры в аксиальной проекции; *г* — z-карты толщины коры в коронарной проекции. Белые стрелки указывают на anomalно яркую зону левой лобной доли, которая предположительно соответствует ФКД

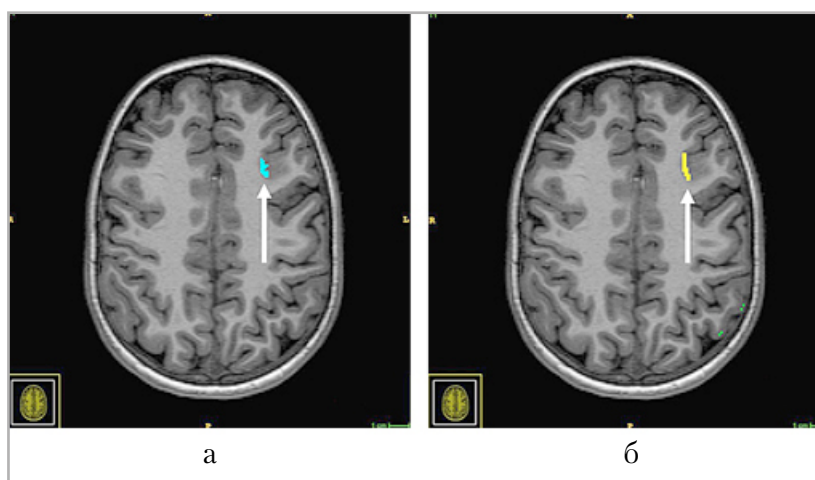


Рис. 4. Z-карты с совмещенными структурными изображениями пациентки 12 лет с ФКД левой лобной доли: *а* — по признаку перехода серого и белого вещества; *б* — по признаку утолщения коры. Белые стрелки указывают на наличие ФКД на границе средней и нижней лобной извилины левой лобной доли

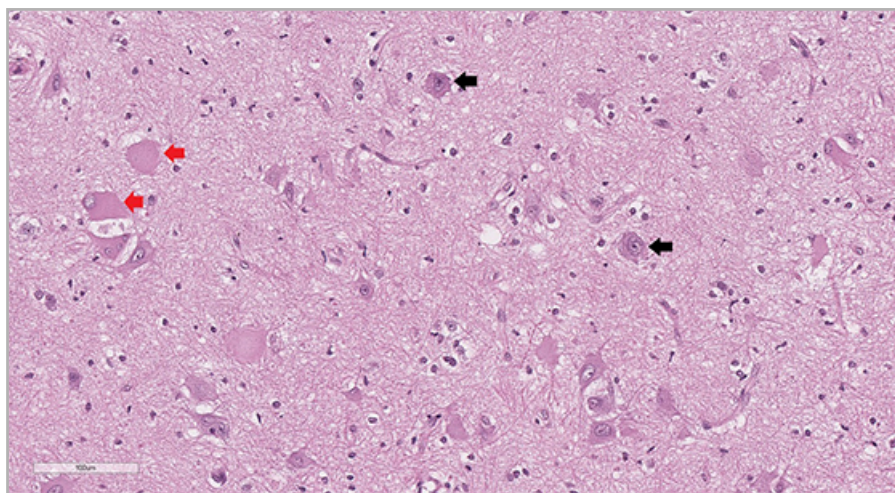


Рис. 5. Фокальная кортикальная дисплазия IIb типа. Черными стрелками отмечены дисморфичные нейроны, красными — баллонные клетки. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 200$

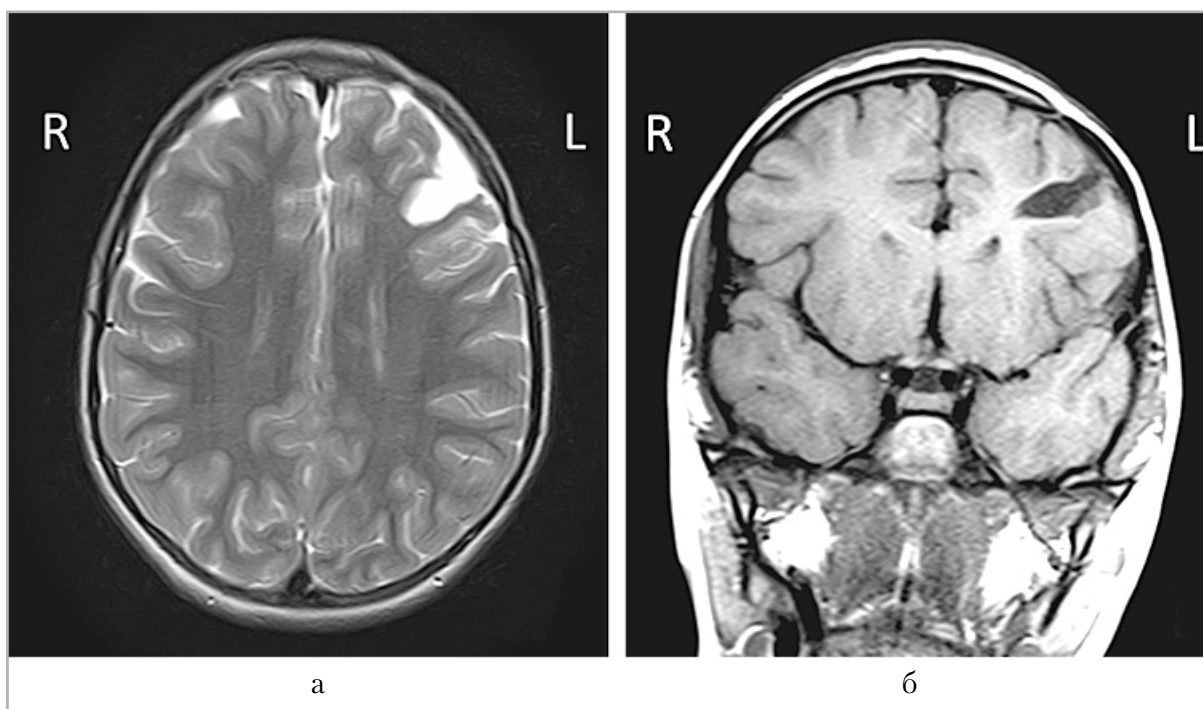


Рис. 6. МРТ головного мозга с послеоперационной ликворной полостью у пациентки с ФКД левой лобной доли (а — T2-ВИ; б — T1-ВИ)

ции, после чего пациентке была проведена резекция ФКД левой лобной доли с применением нейромониторинга электрокортикографии. Послеоперационный период протекал удовлетворительно. После операции приступов не отмечалось. Гистологический анализ подтвердил диагноз фокальной кортикальной дисплазии IIb типа (рис. 5).

На контрольном МРТ головного мозга отмечается локальная зона резекции мозга в левой лобной области, которая полностью соответствует зоне ФКД, выполненной на основе данных МР-морфометрии (рис. 6).

Через 3 месяца после операции пациентке были отменены все противоэpileптические препараты, без возоб-

новления эпилептических приступов. Исход по Engel Ia (стойкая ремиссия приступов в течение 5 лет).

Обсуждение

Успех хирургического лечения эпилепсии основан на точной локализации эпилептической зоны и определении ее границ. При МР-негативных формах чрезвычайно сложно локализовать эпилептологический очаг и отметить его границы у пациентов с ФКД, что, в свою очередь, усложняет определение объема хирургического лечения. Ранее выполненные исследования показывают, что при недостаточной радикальности хирургического лечения высок риск возобновления эпилептических приступов. Часто данные ЭЭГ позволяют определить зону начала эпилептического приступа, однако не могут определить границы при МР-негативных формах ФКД. МР-морфометрия может помочь выявить зону дисплазии по ее типичным признакам, таким как нарушение перехода серого и белого вещества и утолщение коры. Сочетание обоих этих признаков делает вероятность наличия дисплазии очень высокой. Кроме того, МР-морфометрия демонстрирует информативность в определении объема хирургического лечения. Можно отметить бесспорные плюсы МР-морфометрии, а именно отсутствие лучевой нагрузки на пациента, дополнительных временных затрат на сканировании пациента, что особенно важно в детском возрасте. В связи с тем что морфометрия относится к постпроцессинговым методикам, за основу можно брать любое структурное изображение. Разработанный нами автоматический алгоритм позволяет сразу акцентировать внимание на наиболее подозрительных аномальных зонах, что минимизирует вероятность пропуска потенциальной эпилептической зоны врачом-рентгенологом. Однако существует и ряд ограничений для приме-

нения морфометрии, одно из них — это прежде всего качество изображений. Большую важность имеет напряженность магнитного поля томографа, на котором было выполнено исходное изображение. На аппаратах напряженностью магнитного поля 3,0 Тл, выявляемость патологии на основе морфометрии выше, чем на аппаратах 1,5 Тл.

Выводы

МР-морфометрия демонстрирует высокую диагностическую значимость в выявлении МР-негативной формы ФКД и позволяет сузить зону предполагаемой локализации ФКД при сравнении с данными ЭЭГ, а также определить примерные границы поражения мозга.

Список источников

1. Kuzniecky R. I. Magnetic resonance imaging in developmental disorders of the cerebral cortex. *Epilepsia*. 1994;35:S44-S56. DOI: 10.1111/j.1528-1157.1994.tb05988.x
2. Guerrini R., Sicca F., Parmeggiani L. Epilepsy and malformations of the cerebral cortex. *Epileptic Disorders*. 2003;5(2): 9-26.
3. Schuele S. U., Lüders H. O. Intractable epilepsy: Management and therapeutic alternatives. *Lancet Neurol*. 2008;7:514-524. DOI: 10.1016/S1474-4422(08)70108-X
4. Ganji Z., Hakak M. A., Zamanpour S. A., Zare H. Automatic Detection of Focal Cortical Dysplasia Type II in MRI: Is the Application of Surface-Based Morphometry and Machine Learning Promising? *Front Hum Neurosci*. 2021;19: 15:608285. DOI: 10.3389/fnhum.2021.608285. PMID: 33679343; PMCID: PMC7933541.
5. Шевченко А. М., Погосбекян Э. Л., Баталов А. И., Шульц Е. И., Тюрина А. Н., Фадеева Л. М., Шевченко М. В., Власов П. А., Захарова Н. Е., Меликян А. Г., Пронин И. Н. Автоматический алгоритм магнитно-резонансной мор-

фометрии в диагностике фокальной кортикальной дисплазии // Радиология — практика. 2022;(1):63-76. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-1-63-76>

References

1. Kuzniecky R. I. Magnetic resonance imaging in developmental disorders of the cerebral cortex. *Epilepsia*. 1994;35:S44-S56. DOI: 10.1111/j.1528-1157.1994.tb05988.x
2. Guerrini R., Sicca F., Parmeggiani L. Epilepsy and malformations of the cerebral cortex. *Epileptic Disorders*. 2003;5(2):9-26.
3. Schuele S. U., Lüders H. O. Intractable epilepsy: Management and therapeutic alternatives. *Lancet Neurol*. 2008;7:514-524. DOI:10.1016/S1474-4422(08)70108-X
4. Ganji Z., Hakak M. A., Zamanpour S. A., Zare H. Automatic Detection of Focal Cortical Dysplasia Type II in MRI: Is the Application of Surface-Based Morphometry and Machine Learning Promising? *Front. Hum. Neurosci*. 2021;19:15:608285. DOI: 10.3389/fnhum.2021.608285. PMID: 33679343; PMCID: PMC7933541.
5. Shevchenko A. M., Pogosbekyan E. L., Batalov A. I., Shul'tz E. I., Tyurina A. N., Fadeeva L. M., Shevchenko M. V., Vlasov P. A., Zakharova N. E., Melikyan A. G., Pronin I. N. Automatic Algorithm of Magnetic Resonance Morphometry in the Diagnosis of Focal Cortical Dysplasia. *Radiology — Practice*. 2022;(1):63-76. (In Russ.) <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-1-63-76>

Сведения об авторах / Information about the authors

Шевченко Александр Михайлович, доктор отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия. 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16. +7 (925) 488-83-60

Вклад автора: концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста.

Shevchenko Alexander Mikhailovich, Doctor of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia. 16, ul. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia. +7 (925) 488-83-60

Contribution of the author: the concept and design of the study, the collection and processing of the material, the writing of the text.

Погосбемян Эдуард Леонидович, медицинский физик отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия. 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16. +7 (985) 246-43-68

Вклад автора: статистическая обработка.

Pogosbekyan Eduard Leonidovich, medical physicist of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia. 16, ul. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia. +7 (925) 488-83-60

Contribution of the author: statistical processing.

Власов Павел Александрович, доктор второго нейрохирургического отделения ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.

125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
+7 (926) 586-47-23

Вклад автора: сбор и обработка материала.

Vlasov Pavel Alexandrovich, Doctor of the Second Neurosurgical Department of Federal State Autonomous Institution N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.

16, ul. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

+7 (926) 586-47-23

Contribution of the author: the collection and processing of the material.

Агрба Сария Бадриевна, доктор второго нейрохирургического отделения ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.

125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

+7 (901) 427-92-91

Вклад автора: сбор и обработка материала.

Agrba Sariya Badrievna, Doctor of the Second Neurosurgical Department of Federal State Autonomous Institution N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.

16, ul. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

+7 (901) 427-92-91

Contribution of the author: the collection and processing of the material.

Галстян Сюзанна Андраниковна, врач-патологоанатом ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.

125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

+7 (915) 002-76-36

Вклад автора: сбор и обработка материала.

Galstyan Syuzanna Andranikovna, pathologist of Federal State Autonomous Institution N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.

16, ul. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

+7 (915) 002-76-36

Contribution of the author: the collection and processing of the material.

Баталов Артем Игоревич, научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.

12504, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская д. 16.

+7 (916) 066-20-50

Вклад автора: концепция и дизайн исследования.

Batalov Artem Igorevich, researcher of physicist of of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.

16, ul. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

+7 (916) 066-20-50

Contribution of the author: the concept and design of the study.

Меликян Арменак Григорьевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий вторым нейрохирургическим отделением ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.

125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

+7 499 972-85-55

Вклад автора: редактирование.

Melikyan Armenak Grigorievich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Second Neurosurgical Department, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.

16, ul. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.
+7 499 972-85-55
Contribution of the author: editing.

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.
125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д.16.
+7 499 972-85-55
Вклад автора: концепция и дизайн исследования, редактирование.

Pronin Igor' Nikolaevich, M. D. Med., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.
16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.
+7 499 972-85-55
Contribution of the author: the concept and design of the study, editing.

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. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Research funding and conflict of interest

The study was not funded by any sources. The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Статья поступила в редакцию 18.10.2023;
одобрена после рецензирования 08.12.2023;
принята к публикации 15.01.2024.

The article was submitted 18.10.2023;
approved after reviewing 08.12.2023;
accepted for publication 15.01.2024.