

ISSN 2077-8333 (print)  
ISSN 2311-4088 (online)

# ЭПИЛЕПСИЯ и пароксизмальные состояния

2019 Том 11 №4



EPILEPSY AND PAROXYSMAL CONDITIONS

2019 Vol. 11 №4

[www.epilepsia.su](http://www.epilepsia.su)

Включен в перечень ведущих  
рецензируемых журналов и изданий ВАК

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта [www.epilepsia.su](http://www.epilepsia.su). Не предназначено для использования в коммерческих целях.  
Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел: +7 (495) 649-54-95; эл. почта: [info@irbis-1.ru](mailto:info@irbis-1.ru).

# Предварительные результаты применения интраоперационного ультразвукового исследования при фокальной кортикальной дисплазии

Суфианов А.А.<sup>1,2</sup>, Мирхайдаров С.В.<sup>1,2</sup>, Якимов Ю.А.<sup>1,2</sup>, Клименко О.М.<sup>1</sup>,  
Скрипников А.А.<sup>1</sup>, Стефанов С.Ж.<sup>1,2</sup>, Садыкова О.Н.<sup>1</sup>, Талыбов Р.С.<sup>1</sup>,  
Суфианов Р.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр нейрохирургии»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Тюмень)  
(4-й км. Червишевского тракта, д. 5, Тюмень 625032, Россия)

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова  
Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)  
(ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Москва 119048, Россия)

Для контактов: Мирхайдаров Салават Валентинович, e-mail: Salavatmirkhaydarov@gmail.com

## Резюме

**Введение.** Отсутствие эпилептических приступов после хирургического лечения фокальной эпилепсии является основной целью, стоящей перед хирургом. Когда нейрохирург сталкивается с фокальной кортикальной дисплазией (ФКД), возникают сложности для радикального удаления, так как визуально патологическая ткань не отличается от здоровой; при использовании системы нейронавигации возникают погрешности из-за смещения мозговой ткани после вскрытия твердой мозговой оболочки и резекции патологической ткани; интраоперационное МРТ-исследование требует значительных финансовых затрат. Альтернативой является интраоперационное ультразвуковое исследование (иУЗИ), позволяющее визуализировать участки патологической ткани в режиме реального времени.

**Цель** – оценка опыта применения интраоперационного ультразвукового исследования.

**Материалы и методы.** Проведены ретроспективная оценка и описание результатов лечения 20 пациентов всех возрастных групп с фармакорезистентной эпилепсией, подвергшихся резективному вмешательству с интраоперационным ультразвуковым исследованием по поводу фармакорезистентной эпилепсии, вызванной фокальной кортикальной дисплазией. Всем пациентам в предоперационном периоде выполнен ЭЭГ-видеомониторинг с фиксацией минимум трех приступов, инвазивный ЭЭГ-видеомониторинг выполнялся трем пациентам, а также предоперационное и послеоперационное МРТ головного мозга. С учетом гистологической верификации распределение пациентов оказалось следующим: Ia тип – n=1 (5%); Ib тип – n=4 (20%); Ic тип – n=3 (15%); IIa тип – n=3 (15%); IIb тип – n=8 (40%); IIIa тип – n=1 (5%). Длительность послеоперационного наблюдения – 14±10 мес. (min – 2 мес., max – 31 мес.)

**Результаты.** 20 (100%) пациентов при интраоперационном ультразвуковом исследовании имели признаки измененной коры, соответствующей по локализации предоперационным МР-томограммам. Всем пациентам, по дан-

ным иУЗИ, выполнено радикальное удаление патологической ткани. У 15 (75%) пациентов приступы прекратились (Энгел класс I). ФКД, по данным иУЗИ, имели следующие характеристики: гиперэхогенность по отношению к паренхиме мозга; неровные, нечеткие, неправильной формы контуры; отсутствие четкой границы между белым и серым веществом.

**Заключение.** Интраоперационное УЗИ – безопасный, недорогостоящий и эффективный метод интраоперационной визуализации ФКД.

#### Ключевые слова

Эпилепсия, фокальная кортикальная дисплазия, интраоперационное ультразвуковое исследование.

**Статья поступила:** 11.07.2019 г.; **в доработанном виде:** 21.10.2019 г.; **принята к печати:** 25.11.2019 г.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов в отношении данной публикации.

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

#### Для цитирования

Суфианов А.А., Мирхайдаров С.В., Якимов Ю.А., Клименко О.М., Скрипников А.А., Стефанов С.Ж., Садыкова О.Н., Талыбов Р.С., Суфианов Р.А. Предварительные результаты применения интраоперационного ультразвукового исследования при фокальной кортикальной дисплазии. Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2019; 11 (4): 335-347. DOI: 10.17749/2077-8333.2019.11.4.335-347.

### The use of intraoperative ultrasound in patients with focal cortical dysplasia: preliminary observations

Sufianov A.A.<sup>1,2</sup>, Mirkhaydarov S.V.<sup>1,2</sup>, Yakimov Y.A.<sup>1,2</sup>, Klimenko O.M.<sup>1</sup>, Skripnikov A.A.<sup>1</sup>, Stefanov S.Z.<sup>1,2</sup>, Sadykova O.N.<sup>1</sup>, Talybov R.S.<sup>1</sup>, Sufianov R.A.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Federal Center for Neurosurgery (5, 4th km. Chervishevsky tract, Tyumen 625032, Russia)

<sup>2</sup> Sechenov University (8-2 Trubetskaya Str., Moscow 119048, Russia)

**Corresponding author:** Salavat V. Mirkhaydarov, e-mail: Salavatmirkhaydarov@gmail.com

#### Summary

**Introduction.** The cessation of epileptic seizures after surgical treatment of focal epilepsy is the main objective of the surgeon. When a neurosurgeon operates focal cortical dysplasia (FCD), he/she faces difficulties with the radical removal of pathological tissue, which looks similar to healthy one. Using the neuronavigation system may not be helpful because of errors caused by displacement of brain tissues after opening the dura mater and resection of pathological foci. Intraoperative MRI examination requires significant financial expenses. One alternative is the intraoperative ultrasound (US) test, which allows one to visualize areas of pathological tissue in real time.

**The aim** of this study is to assess the feasibility of using intraoperative US test.

**Materials and methods.** We conducted a retrospective analysis of 20 cases of pharmacoresistant epilepsy that involved US examination during surgical operation for epilepsy caused by focal cortical dysplasia. In the preoperative period, all patients underwent EEG video monitoring in which at least three seizures were detected. In addition, three patients underwent invasive EEG video monitoring as well as preoperative and postoperative brain MRI. Based on histological verification, the distribution of patients was as follows: Ia type – 1 case (5%); Ib type – 4 cases (20%); Ic type – 3 cases (15%); IIa type – 3 cases (15%); IIb type – 8 cases (40%); IIIa type – 1 case (5%). Postoperative follow-up continued for 14±10 months (min – 2 months, max – 31 months).

**Results.** Twenty (100%) patients underwent intraoperative US examination where signs of an altered cortex were found in locations similar to those revealed with preoperative MRI scans. Based on the US images, radical resection of pathological tissues was performed in these patients. In 15 (75%) patients, the seizures stopped (Engel class I). According to the US data, FCD had the following characteristics: hyperechogenicity as compared to the brain parenchyma; uneven, fuzzy, irregularly shaped contours; lack of a clear border between the white and gray matter.

**Conclusion.** Intraoperative ultrasound is a safe, inexpensive and effective method for intraoperative imaging of FCD.

#### Key words

Epilepsy, focal cortical dysplasia, intraoperative ultrasound.

**Received:** 11.07.2019; **in the revised form:** 21.10.2019; **accepted:** 25.11.2019.

#### Conflict of interests

The authors declare the absence of conflict of interest with respect to this publication.

All authors contributed equally to this article.

### For citation

Sufianov A.A., Mirkhaydarov S.V., Yakimov Y.A., Klimenko O.M., Skripnikov A.A., Stefanov S.Z., Sadykova O.N., Talybov R.S., Sufianov R.A. Preliminary results of the application of intraoperative ultrasound for focal cortical dysplasia. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2019; 11 (4): 335-347. DOI: 10.17749/2077-8333.2019.11.4.335-347 (in Russian).

## Введение / Introduction

По данным литературы, фокальная кортикальная дисплазия (ФКД) является частой причиной фармакорезистентной эпилепсии, особенно у детей [1]. Радикальное удаление диспластичной ткани головного мозга – эффективный метод лечения, позволяющий добиться стойкой ремиссии в 46-67% [2,3].

Обязательным компонентом хирургического вмешательства, позволяющим обеспечить послеоперационное улучшение/излечение, является четкая визуализация патологической ткани [4], так как макроскопически она не отличается от неизменной ткани головного мозга. С одной стороны, использование нейровизуализации позволяет локализовать патологическую ткань головного мозга, определить ее размер, визуализировать сосуды, соседствующие с участком ФКД, уточнить радикальность удаления измененной ткани головного мозга. С другой – при отсутствии интраоперационной нейровизуализации главной проблемой остается недостаточная радикальность удаления ФКД, что приводит к сохранению эпилептических приступов в послеоперационном периоде. Несмотря на значительные успехи в визуализации структур головного мозга за счет использования МР-томографов и режимов сканирования нового поколения, на сегодняшний день интраоперационная визуализация фокальной кортикальной дисплазии остается трудновыполнимой, что связано с высокой стоимостью оборудования, удлинением времени оперативного вмешательства и наличием риска смещения головного мозга после вскрытия оболочек. Отсутствие точной (качественной) интраоперационной визуализации приводит к недостаточно радикальному удалению дисморфичной ткани и сохранению приступов в послеоперационном периоде, требующих выполнения повторных вмешательств [5].

Одним из способов решения данной проблемы является использование интраоперационного УЗИ (иУЗИ) [6].

При анализе крупнейших баз данных медицинской литературы (eLibrary, PubMed, ClinicalKey) удается найти единичные публикации, отражающие результаты применения иУЗИ в хирургии ФКД [3,6-9]. Таким образом, собственный опыт клиники ФЦН дает возможность провести дифференцированное описание ультразвуковой (УЗ) семиотики различных типов ФКД у пациентов с фармакорезистентной эпилепсией, что, в свою очередь, позволяет улучшить результаты хирургического лечения данной группы больных.

**Цель** – анализ результатов лечения больных с ФКД при использовании интраоперационного УЗИ.

## Материалы и методы / Materials and Methods

Дизайн исследования представляет собой ретроспективную клиническую серию наблюдений (рис. 1). За период с июля 2016 г. по декабрь 2018 г. в федеральном центре нейрохирургии г. Тюмень проведено лечение 87 пациентов с диагнозом «фармакорезистентная эпилепсия», с выполнением резекционных вмешательств. Операции были выполнены одним нейрохирургом (д.м.н., профессор А. А. Суфианов).

### Критерии включения и исключения

#### Критерии включения:

- 1) наличие фармакорезистентной эпилепсии;
- 2) фокальное начало приступа, по данным скальповой ЭЭГ или инвазивной ЭЭГ (субдуральные пластины, глубинные электроды);
- 3) морфологическая картина ФКД, по данным МРТ головного мозга по протоколу эпилепсия;
- 4) интраоперационное использование УЗИ;
- 5) гистологически подтвержденная фокальная кортикальная дисплазия;
- 6) катамнез  $\geq 1$ мес.;

#### Критерии исключения:

- 1) отсутствие фокальности начала эпилептического приступа, по данным ЭЭГ-видеомониторинга или инвазивной ЭЭГ (субдуральные пластины, глубинные электроды);
- 2) МРТ-картина, нехарактерная для ФКД;
- 3) ФКД, не подтвержденная данными гистологического исследования.

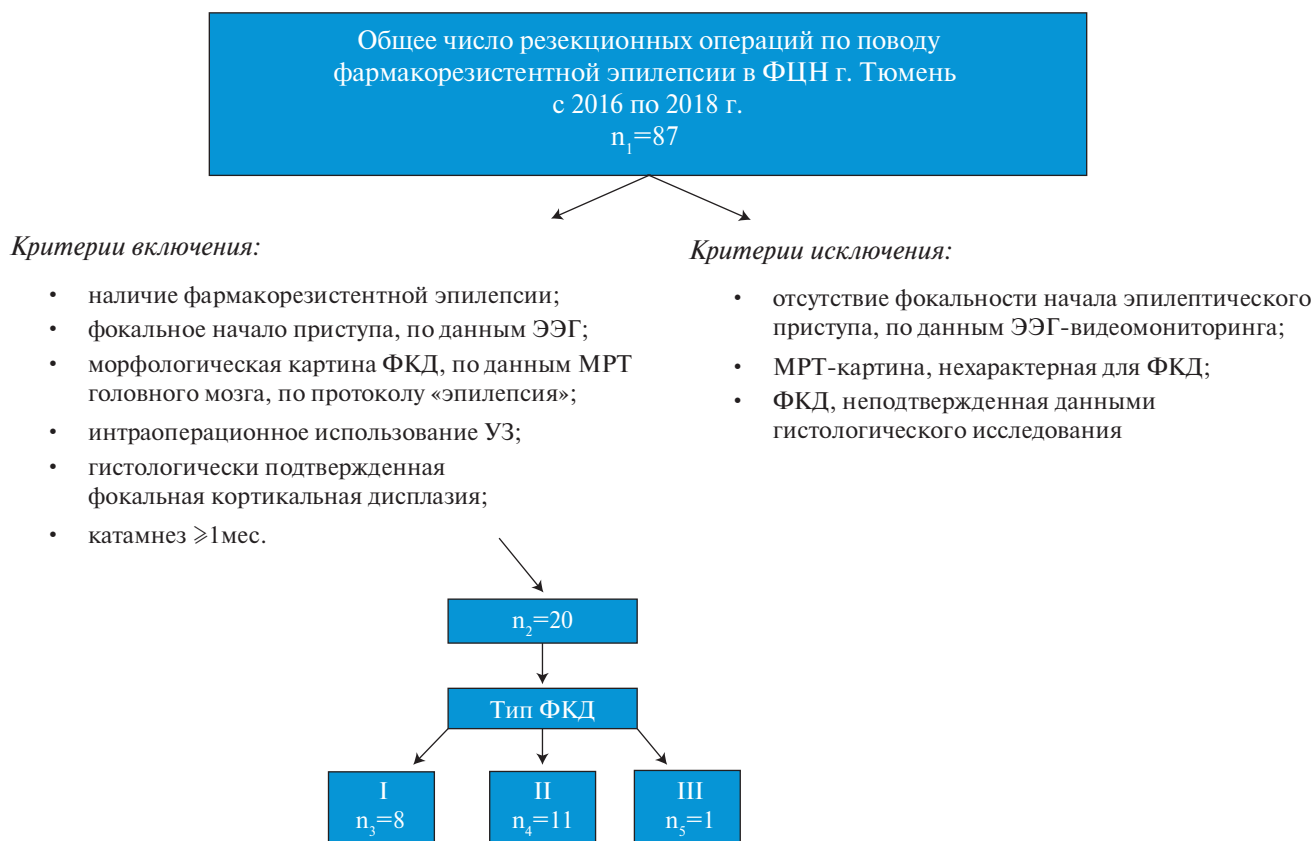
Итоговому анализу подвергнуто 20 пациентов с диагнозом «фармакорезистентная эпилепсия», вызванная фокальной кортикальной дисплазией. Средний возраст пациентов на момент операции составлял  $10 \pm 6$  лет (min – 3 мес., max – 23 года). Длительность послеоперационного наблюдения –  $14 \pm 10$  мес. (min – 2 мес., max – 31 мес.). Средняя продолжительность заболевания –  $6,3 \text{ года} \pm 5,9 \text{ года}$ . (min – 0,3 мес., max – 18 лет). Частота приступов варьировала от нескольких в сутки до одного в неделю.

### Методы инструментальной диагностики

С целью определения фокальности поражения всем пациентам в предоперационном периоде проведены следующие исследования:

- длительное ЭЭГ-видеомониторирование аппаратами Nicolet One 32-канальный (стационарная комплектация),





**Рисунок 1.** Схема исследования.

*Примечание.* ФКД – фокальная кортикальная дисплазия; УЗ – ультразвук.

**Figure 1.** Study design.

*Note.* ФКД – focal cortical dysplasia; УЗ – ultrasound.

прикроватная система ЭЭГ Nicolet ONE 16-канальный и 32-канальный (Nicolet, США), BE Plus 128-канальный (EBNeuro/Ates, Италия), Easy III EEG 64-канальный (Cadwell Industries, Inc, США);

- инвазивный видео-ЭКоГ-мониторинг (проведен трем пациентам);

- МРТ головного мозга по принятому в клинике протоколу «эпилепсия» с использованием высокопольного МР-сканера с напряженностью магнитного поля 3 Тесла (Discovery 750 MR750w GEM, General Electric Healthcare, США), для определения локализаций патологической ткани (в т.ч. относительно функционально значимых зон), планирования доступа и предполагаемого объема резекций.

На основании предоперационных МРТ была произведена нейронавигационная обработка системой Brainlab (Германия), наложения краниотомии.

#### Интраоперационное УЗИ

Интраоперационное УЗИ было проведено после выполнения краниотомии до и после вскрытия ТМО аппаратом FlexFocus 800 UltrasoundMachine (BK Medical Holding Company, Inc., США). Использовались датчики линейного типа (High Frequency Linear 8870), краниотомный датчик

(Craniotomy 8862). Среди основных задач иУЗИ принято выделять следующие компоненты:

1. Локализация дисморфичной ткани головного мозга до и после вскрытия твердой мозговой оболочки (ТМО);
2. Определение глубины расположения патологического очага;
3. Определение структуры и экзогенности диспластичной ткани по отношению к окружающей ткани головного мозга, а также ее контуров и размеров;
4. Определение контуров патологической ткани;
5. Измерение размеров патологической ткани;
6. Сопоставление полученных данных с данными предоперационного МРТ, что обеспечивает наиболее точную визуализацию прилежащих сосудистых структур и позволяет исключить проблему смещения головного мозга после вскрытия твердой мозговой оболочки и резекции патологической ткани;
7. Разграничение зоны предполагаемой резекции и контроль ее выполнения во время основного этапа оперативного вмешательства [10].

Выполнение иУЗИ не занимает большого количества времени, а этапное выполнение полностью безопасно, доступно и не требует значительных финансовых затрат в сравнении с интраоперационным МР-томографом.

При выполнении иУЗИ были оценены следующие параметры:

- локализация;
- размер;
- глубина распространения;
- экзогенность;
- васкуляризация.

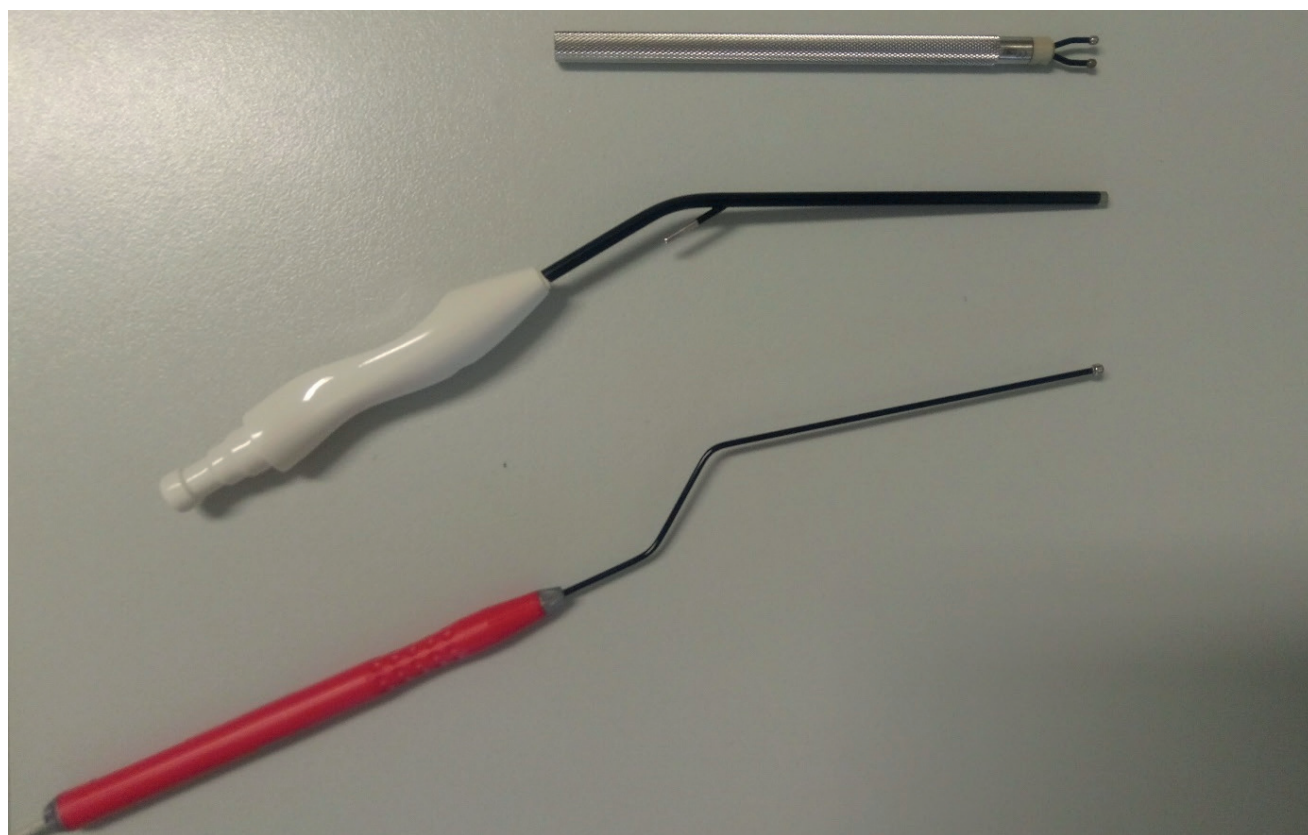
### Оперативное вмешательство

Микрохирургическое удаление эпилептогенного очага было произведено согласно границам, полученным при помощи иУЗИ. При определении расположения диспластичной ткани вблизи функционально значимых зон про-

изводилось картирование коры и трактов головного мозга стимуляторами (рис. 2, 3), оценкой вызванных моторных и соматосенсорных потенциалов. Участки диспластичной ткани были удалены тотально по данным иУЗИ и послеоперационного МРТ-исследования.

### Авторская методика

Для улучшения визуализации профессор А. А. Суфина предлагает использовать следующий прием: в полость, образовавшуюся после удаления диспластичной ткани, под постоянным давлением при помощи специального устройства (рис. 4) нагнетается физиологический раствор [11]. Таким образом достигается расширение сте-



**Рисунок 2.** Стимуляторы, используемые для картирования коры головного мозга.

**Figure 2.** Stimulators used to map the cerebral cortex.



**Рисунок 3.** Стимулятор Ямагучи.

*Градуированные электроды позволяют определять глубину залегания проводящих путей по время операции на головном мозге и максимально сохранять функционально значимые зоны головного мозга.*

**Figure 3.** The Yamaguchi stimulator.

*Graduated electrodes allow one to determine the depth of the pathways during brain surgery and to preserve the functionally significant areas of the brain.*



**Рисунок 4.** Авторское аспирационно-ирригационное устройство для нагнетания физиологического раствора под постоянным давлением в послеоперационную полость.

**Figure 4.** An original aspiration-irrigation device for pumping physiological saline into the postoperative cavity under constant pressure.

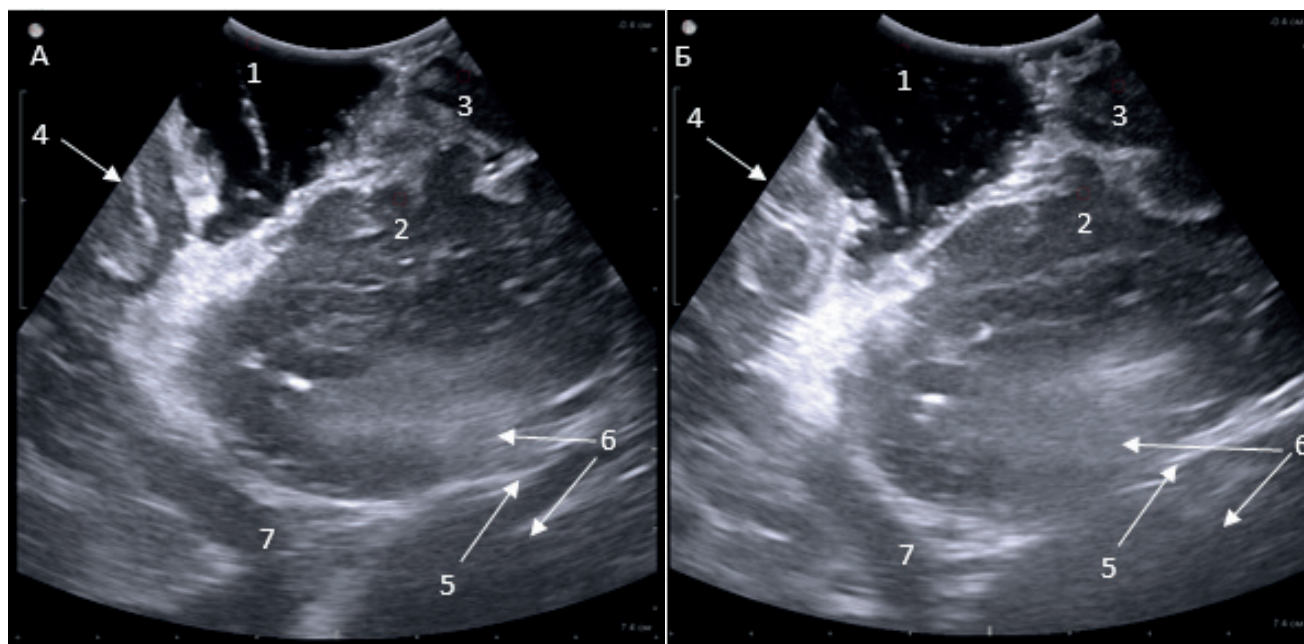
нок полости, вымываются остаточные сгустки крови, детрита, что улучшает визуализацию на границе жидкости и вещества головного мозга и подлежащей ткани головного мозга (рис. 5).

#### Гистологическое исследование

Полученный во время оперативного вмешательства материал был отправлен на гистологическое исследование.

С учетом гистологической верификации распределение пациентов оказалось следующим: Ia тип – n=1 (5%); Ib тип – n=4 (20%); Ic тип – n=3 (15%); IIa тип – n=3 (15%); IIb тип – n=8 (40%); IIIa тип – n=1 (5%).

ФКД было классифицировано согласно классификации Международной Противозепилептической Лиги (англ. – International League Against Epilepsy, ILAE) [12].



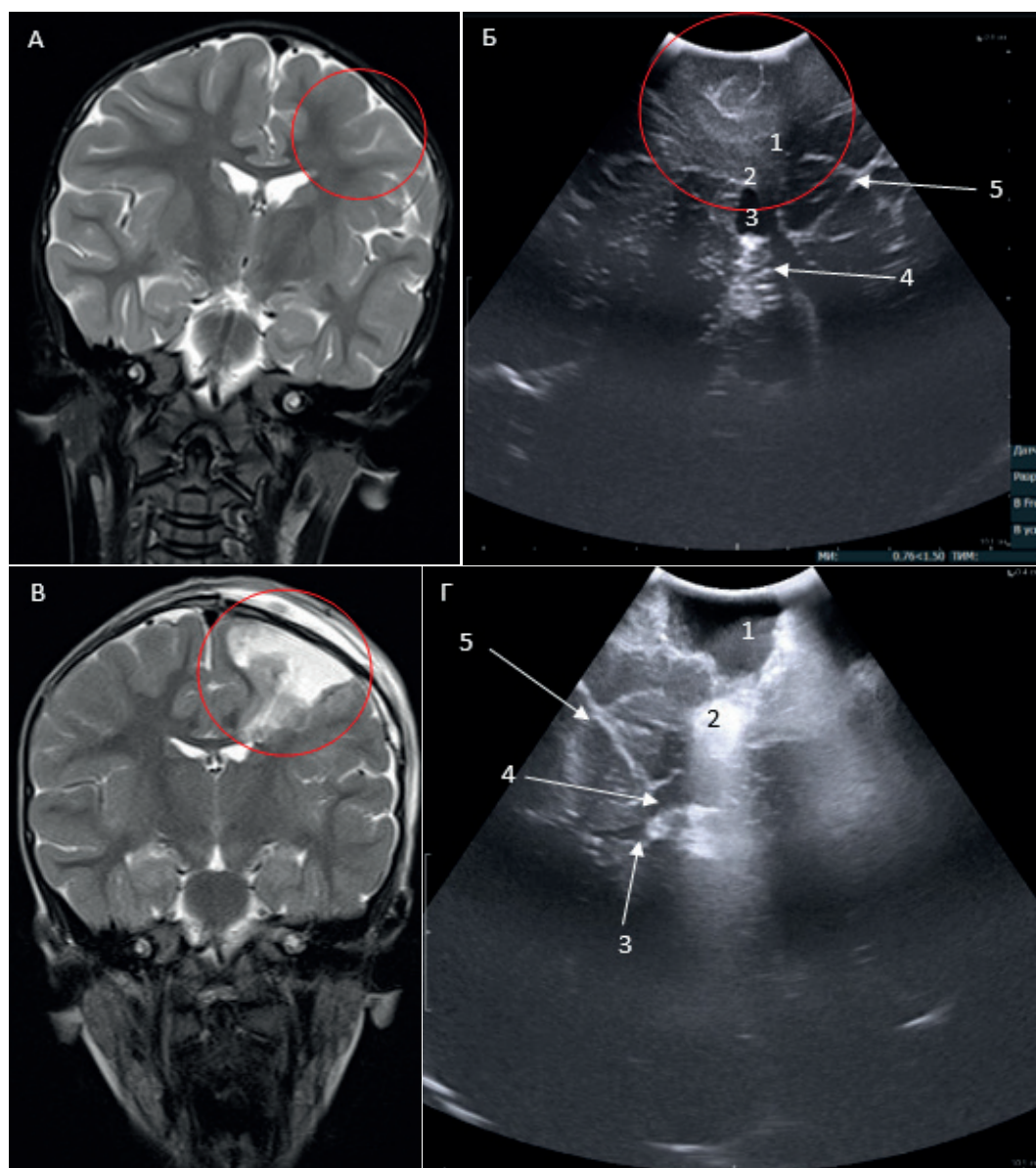
**Рисунок 5.** (А, Б) 1 – послеоперационная полость; 2 – островок; 3 – лобная доля; 4 – височная доля; 5 – III желудочек; 6 – таламус; 7 – волокна мозолистого тела.

*Методика А.А. Суфиянова: в полость, образовавшуюся после удаления диспластичной ткани, под постоянным давлением при помощи специального устройства (см. рис. 4) нагнетается физиологический раствор [11]. Таким образом достигается расширение стенок полости, вымываются остаточные сгустки крови, детрита, что улучшает визуализацию на границе жидкости и вещества головного мозга и подлежащей ткани головного мозга.*

**Figure 5.** (A, B) 1 – postoperative cavity; 2 – islet; 3 – frontal lobe; 4 – temporal lobe; 5 – III ventricle; 6 – thalamus; 7 – fibers of the corpus callosum.

*Sufianov's method: under a constant pressure, a special device pumps physiological saline into a cavity formed after the removal of dysplastic tissue (see Fig. 4) [11]. Thereby, the cavity walls get expanded, residual blood clots and debris washed out; as a result, visualization at the interface between the fluid and the brain tissues is improved.*





**Рисунок 6.** ФКД I типа в левой теменной доле. Тотальное удаление. Исход IId (Engel).

*А – по данным МРТ, видна размытость границы серого и белого вещества (выделено красным кругом) по сравнению с соседними и контралатеральными участками коры головного мозга.*

*Б – УЗИ в коронарной проекции: 1 – определяется утолщение коры, отсутствие границы между серым и белым веществом; 2 – участок диспластичной ткани по типу «хвоста кометы», суживающийся к боковому желудочку; 3 – левый боковой желудочек; 4 – хориоидальное сплетение; 5 – срединная щель головного мозга.*

*В – на МРТ определяется послеоперационная полость (обведена в красный круг), тотальное удаление диспластичной ткани.*

*Г – УЗИ в коронарной проекции: 1 – послеоперационная полость по данным УЗИ; 2 – гемостатическая губка; 3 – правый боковой желудочек; 4 – хориоидальное сплетение; 5 – срединная щель головного мозга.*

**Figure 6.** Type I FCD in the left parietal lobe. Total resection. Outcome IId (Engel).

*A – according to MRI, the border between the gray and white matter is blurred (highlighted in a red circle) in comparison with the neighboring and contralateral sections of the cerebral cortex.*

*Б – US image in the coronary projection: 1 – thickening of the cortex, no border between the gray and white matter is found; 2 – section of dysplastic tissue shaped as “comet tail” and narrowed near the lateral ventricle; 3 – the left lateral ventricle; 4 – choroid plexus; 5 – the longitudinal fissure of the brain.*

*В – MRI scan of the postoperative cavity (circled in red); total resection of dysplastic tissue.*

*Г – US scan, coronary projection: 1 – postoperative cavity 2 – hemostatic sponge; 3 – right lateral ventricle; 4 – choroid plexus; 5 – longitudinal fissure of the brain.*



Таблица 1. Характеристика пациентов.

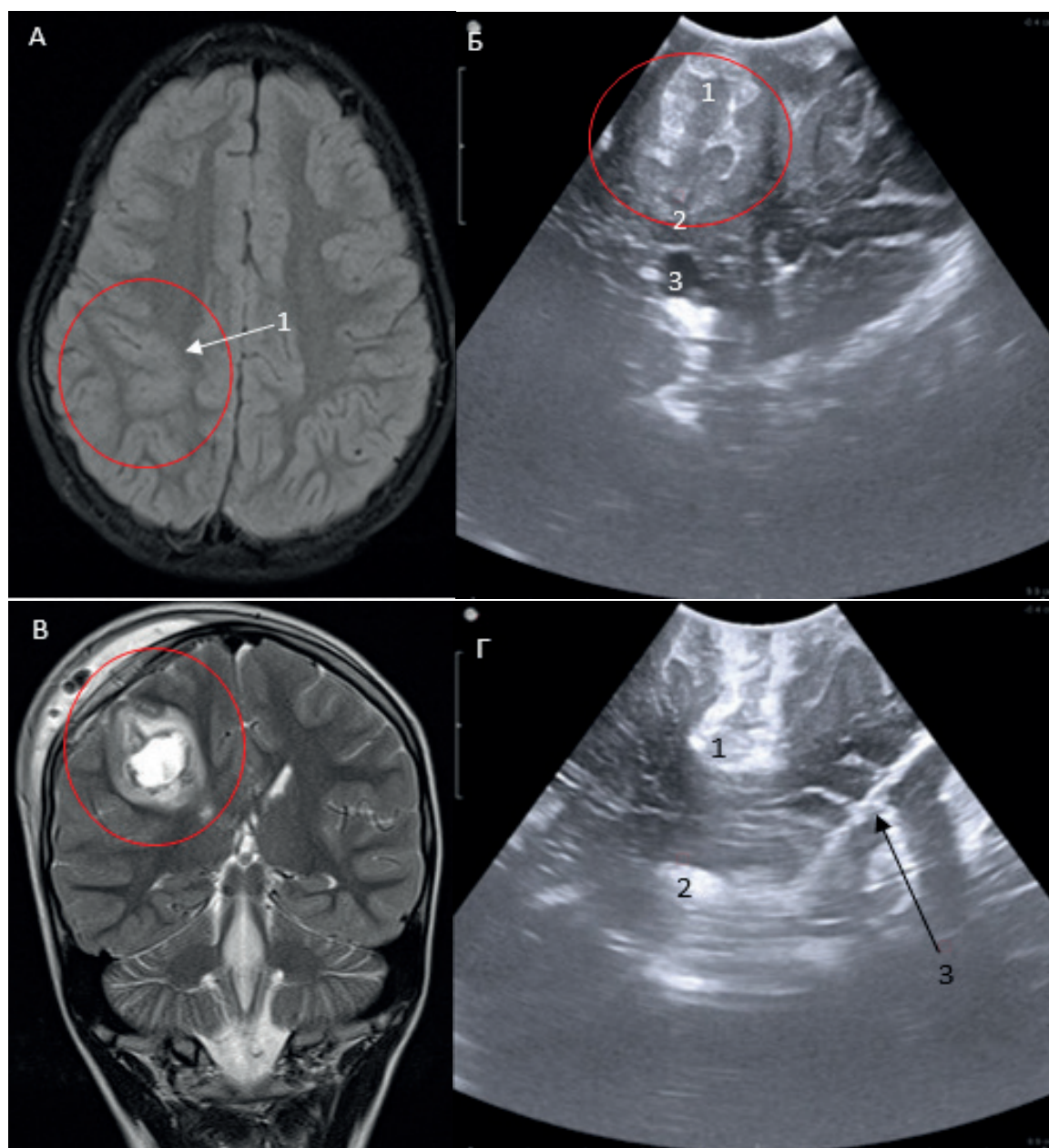
Table 1. Patient characteristics.

№	Возраст (годы)	Пол (М – муж- ской, Ж – жен- ский)	Предо- пера- ционный невро- логиче- ский дефи- цит	Тип фо- кальной корти- кальной диспла- зии	Тип приступов	Частота приступов	Дли- тель- ность эпи- лепсий (годы)	Локализация участка ФКД по данным МРТ	Вовле- ченность функции оноально- значимых зон	Инва- зивный ЭЭГ-ви- део-мо- ни- тинг	Срок катам- неза	Послео- пера- ционный невро- логиче- ский дефи- цит	Послео- пера- ционный результат (Engel)
1	19	М	Нет	IIb	Парциальные	> 2/сутки	10	Левая лобная доля	Нет	Нет	31	Нет	Ic
2	23	Ж	Нет	IIb	Парциальные, генерализованные	>2/ сутки	18	Левая височная доля	Да	Нет	31	Нет	IIb
3	12	Ж	Да	Ic	Парциальные, генерализованные	> 2/ сутки	12.5	Правая затылочная доля	Нет	Нет	30	Нет	IIc
4	0,3	Ж	Да	IIb	Парциальные	> 2/ сутки	0.33	Правая лобная доля	Да	Нет	27	Да	IVa
5	18	М	Да	IIa	Парциальные, генерализованные	<1 / сутки	16	Правая лобная доля	Да	Нет	16	Да	IVa
6	14	М	Да	Ib	Парциальные	> 2/ сутки	13	Левая теменная доля	Нет	Да	21	Нет	IVa
7	5	М	Да	IIa	Парциальные, генерализованные	> 2/ сутки	5	Правая теменная доля	Нет	Нет	25	Нет	Ia
8	4	М	Нет	IIb	Парциальные	> 2/ сутки	3	Правая лобная доля	Нет	Нет	21	Нет	Ia
9	13	Ж	Нет	IIb	Парциальные	> 2/ сутки	8.5	Левая теменная доля	Нет	Нет	17	Нет	Ia
10	16	М	Нет	IIb	Парциальные	< 1/ сутки	13	Правая островковая доля	Нет	Нет	12	Нет	Ia
11	8	Ж	Да	Ia	Парциальные	< 1/ сутки	8	Правая лобная доля	Да	Нет	10	Да	Ia
12	11	Ж	Нет	IIIa	Парциальные	< 1/ сутки	10	Правая височная доля	Нет	Нет	9	Нет	Ia
13	3	Ж	Нет	Ib	Парциальные	> 2/ сутки	3.5	Левая лобная доля	Нет	Да	8	Нет	IIId
14	17	М	Нет	Ia	Парциальные	< 1/ сутки	16.5	Левая височная доля	Нет	Да	8	Нет	Ia
15	4	Ж	Нет	IIb	Парциальные	< 1/ сутки	1.5	Правая лобная доля	Нет	Нет	5	Нет	Ia
16	9	Ж	Да	IIa	Парциальные	< 1/ сутки	9	Левая лобная доля	Нет	Да	5	Нет	Ia
17	13	М	Нет	Ib	Парциальные, генерализованные	> 2/ сутки	12,5	Правая височная доля	Нет	Да	3	Нет	Ia
18	8	М	Нет	Ic	Парциальные, генерализованные	> 2/ сутки	4	Правая височная доля	Нет	Нет	3	Нет	Ia
19	2	М	Нет	IIb	Парциальные	> 2/ сутки	1	Правая лобная доля	Да	Нет	2	Да	Ia
20	3	Ж	Нет	Ic	Парциальные	> 2/ сутки	3	Левая височная доля	Нет	Да	2	Нет	Ia

Примечание. ФКД – фокальная кортикальная дисплазия.

Note. ФКД – focal cortical dysplasia.

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта <http://www.epilepsia.su>. Не предназначено для использования в коммерческих целях.  
Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел.: +7 (495) 649-54-95; эл. почта: [info@irbis-1.ru](mailto:info@irbis-1.ru).



**Рисунок 7.** ФКД IIa в правой теменной доле. Тотальное удаление. Исход Ia (Engel).

*А – участок ФКД в правой теменной доле обведен красным кругом: 1 – определяется утолщение, размытость границы между серым и белым веществом.*

*Б – УЗИ в коронарной проекции. По иУЗИ выявляется диспластичная извилина (обведена красным кругом): 1 – отсутствует граница между серым и белым веществом по сравнению с окружающими извилинами; 2 – гиперэхогенный участок на основании диспластичной извилины; 3 – правый боковой желудочек.*

*В – послеоперационная полость обведена красным кругом.*

*Г – УЗИ в коронарной проекции: 1 – послеоперационная полость, по данным УЗИ, тотальное удаление; 2 – правый боковой желудочек; 3 – срединная щель головного мозга.*

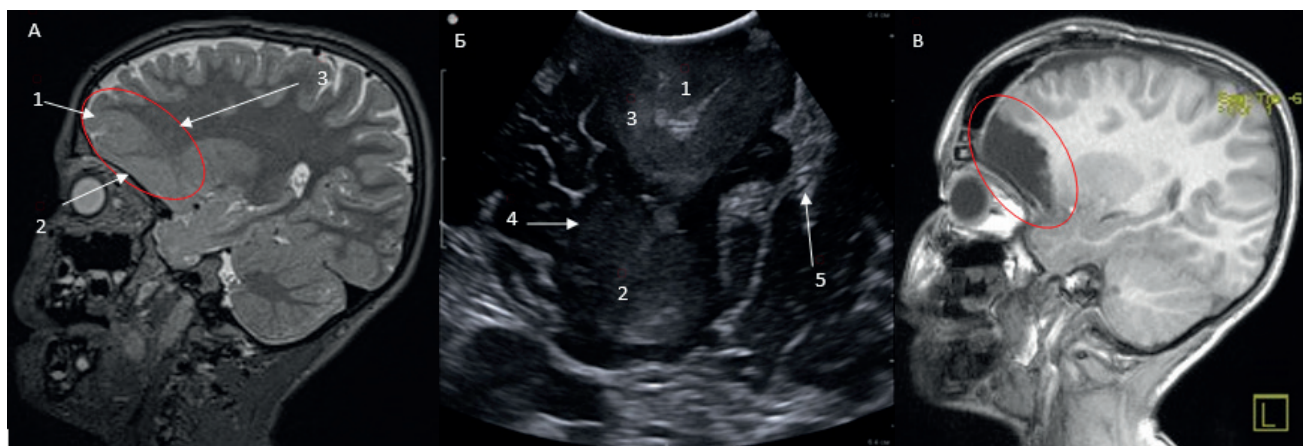
**Figure 7.** FCD IIa in the right parietal lobe. Total resection. Outcome Ia (Engel).

*A – section of FCD in the right parietal lobe (encircled in red): 1 – thickening, blurring of the boundary between the gray and white matter.*

*Б – US scan in the coronary projection: a dysplastic gyrus (encircled in red): 1 – there is no border between the gray and white matter in contrast to the surrounding gyrus; 2 – hyperechoic area at the base of the dysplastic gyrus; 3 – the right lateral ventricle.*

*В – the postoperative cavity is encircled in red.*

*Г – US scan in the coronary projection: 1 – postoperative cavity, total resection according to the US test; 2 – the right lateral ventricle; 3 – the longitudinal fissure of the brain.*



**Рисунок 8.** ФКД IIb в правой лобной доле. Тотальное удаление. Исход Ia (Engel).

*А – участок патологической ткани выделен в красный овал: 1 – утолщение серого вещества на полюсе лобной доли, размытость границы между серым и белым веществом; 2 – утолщение серого вещества на основании лобной доли, размытость границы между серым и белым веществом; 3 – диспластичная ткань тянущаяся к боковому желудочку по типу «хвоста кометы» от коры полюса лобной доли.*

*Б – УЗИ в аксиальной проекции: 1 – участок диспластичной ткани полюса лобной доли; 2 – участок диспластичной коры на орбитальной поверхности лобной доли; 3 – утолщение диспластичной коры; 4 – размытость границы между серым и белым веществом; 5 – срединная щель головного мозга.*

*В – послеоперационная полость, по данным МРТ тотальное удаление диспластичной ткани.*

**Figure 8.** FCD IIb in the right frontal lobe. Total resection. Outcome Ia (Engel).

*A – section of pathological tissue (highlighted in a red oval): 1 – thickening of the gray matter at the pole of the frontal lobe, blurred border between the gray and white matter; 2 – thickening of the gray matter at the base of the frontal lobe, blurring of the border between the gray and white matter; 3 – dysplastic tissue stretching to the lateral ventricle (“comet tail”) from the cortex of the frontal lobe pole.*

*Б – US scan in the axial projection: 1 – fragment of dysplastic tissue in the pole of the frontal lobe; 2 – part of the dysplastic cortex on the orbital surface of the frontal lobe; 3 – thickening of the dysplastic cortex; 4 – blurred border between the gray and white matter; 5 – the longitudinal fissure of the brain.*

*В – postoperative cavity, according to MRI, total removal of dysplastic tissue.*

#### Оценка исходов

В послеоперационном периоде оценивали:

- функциональный исход по шкале Энгел [13];
- наличие неврологического дефицита.

#### Методы статистического анализа

Статистическая обработка проведена с использованием программы «Statistical Package for the Social Sciences» (SPSS), версия 22 (SPSS Inc, США). Для подсчета средних значений исследуемых параметров применен метод описательной статистики. Числовые значения представлены в виде  $M \pm m$ , (min; max), где  $M$  – среднее значение,  $m$  – стандартное отклонение, min. – минимальное значение, max. – максимальное значение.

## Результаты / Results

Подробная характеристика пациентов, вошедших в исследование, представлена в **таблице 1**.

#### Эффективность хирургического лечения

75% (15 из 20) пациентов имеют отличный послеоперационный результат (Энгел I класс), у 15% (3 из 20) оста-

лись редкие приступы (Энгел II класс), 5% отмечают существенное снижение количества приступов (1 из 20), 5% (1 из 20) демонстрируют только уменьшение количества приступов (Энгел IV). 18 из 20 (90%) пациентов имеют хороший послеоперационный исход. У четырех пациентов (20%) наблюдается неврологический дефицит в послеоперационном периоде.

#### Локализация участков ФКД

По данным предоперационного МРТ-исследования, участки ФКД локализовались у 7 (35%) пациентов в височной доле, у 9 (45%) – в лобных, у 3 (15%) – в теменных, 1 (5%) – в затылочной доле.

Все участки патологической ткани, визуализированные по иУЗИ, соответствовали по локализации и объему предоперационным МР-томограммам. Удаление ФКД проводилось в границах, полученных по данным иУЗИ.

#### Ультразвуковая семиотика ФКД

У всех пациентов участки ФКД, по данным иУЗИ, имели следующие характеристики: гиперэхогенность по отноше-



нию к паренхиме мозга, неровные, нечеткие, неправильной формы контуры. Отсутствие четкой границы между белым и серым веществом (рис. 6, 7).

Трансмантийная дисплазия по типу «хвоста кометы» в большинстве случаев наблюдалась при ФКД II типа (рис. 8). Наши данные совпадают с данными зарубежных авторов. Средняя глубина проникновения ФКД в паренхиму мозга, по данным иУЗИ, составила  $3,2 \pm 1,1$  см (min-1,8 см, max-5,5 см). Средний диаметр распространения ФКД по поверхности мозга составил  $2,4 \pm 0,9$  см (min-1,2 см, max-4,0).

Все вышеперечисленные черты использовались для интраоперационного определения границ резекции патологической ткани.

## Обсуждение / Discussion

После оперативного вмешательства с применением иУЗИ 75% пациентов имели отличный результат в послеоперационном периоде (Энгел I класс), 15% демонстрировали хорошие результаты оперативного лечения (Энгел II класс). Полученные результаты сопоставимы с аналогичными клиническими сериями, в которых использовалось интраоперационное МРТ [4]. Интраоперационное УЗИ позволило легко и с высоким качеством визуализировать ФКД, определить ее площадь, глубину распространения, радикальность удаления патологической ткани.

Одним из факторов негативного прогноза в хирургическом лечении больных с фармакорезистентной эпилепсией,

вызванной ФКД, является неполная резекция патологической ткани [14,15]. Место для краниотомии выбиралось при помощи системы нейронавигации, а определение площади и глубины резекции производилось в соответствии с границами, определенными иУЗИ. Контроль радикальности удаления эпилептогенного поражения выполнялся также по данным иУЗИ. Использование иУЗИ привело к высоким результатам тотальности удаления ФКД и высоким показателям удовлетворительного результата лечения ФКД.

Послеоперационное МРТ-исследование, проведенное в первые сутки после операции, подтвердило радикальность удаления патологической ткани.

## Ограничения исследования

Ограничениями исследования явились малая выборка пациентов, а также ограниченный период послеоперационного наблюдения.

## Заключение / Conclusion

Интраоперационное УЗИ – безопасный, недорогостоящий и эффективный метод интраоперационной визуализации ФКД. Использование иУЗИ в ходе оперативного вмешательства для радикального удаления ФКД обеспечивает визуализацию патологической ткани в режиме реального времени и улучшить результаты хирургического лечения пациентов с фокальной кортикальной дисплазией.

## Литература:

1. Palmini A., Holthausen H. Focal malformations of cortical development: A most relevant etiology of epilepsy in children. *Handbook of clinical neurology*. 2013; 549-565. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52891-9.00058-0>.
2. Sacino M.F., Ho C.Y., Whitehead M.T., Zelleke T., Magge S.N., Myseros J., Keating R.F., Gaillard W.D., Oluigbo C.O. Resective surgery for focal cortical dysplasia in children: a comparative analysis of the utility of intraoperative magnetic resonance imaging (iMRI). *Child's Nervous System*. 2016; 32 (6): 1101-1107. <https://doi.org/10.1007/s00381-016-3070-x>.
3. Tringali G., Bono B., Dones I., Cordella R., Didato G., Villani F., Prada F. Multimodal Approach for Radical Excision of Focal Cortical Dysplasia by Combining Advanced Magnetic Resonance Imaging Data to Intraoperative Ultrasound, Electrocorticography, and Cortical Stimulation: A Preliminary Experience. *World Neurosurgery*. 2018; 113: 738-746. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.02.141>.
4. Roessler K., Kasper B.S., Heynold E., Coras R., Sommer B., Rampp S., Hamer H.M., Blümcke I., Buchfelder M. Intraoperative MR imaging and neuronavigation during resection of FCD Type II in adult epilepsy surgery offers better seizure outcome. *World Neurosurgery*. 2018; 109: 43-49. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.09.100>.
5. Sacino M.F., Ho C.Y., Murnick J., Tsuchida T., Magge S.N., Keating R.F., Gaillard W.D., Oluigbo C.O. Intraoperative MRI-guided resection of focal cortical dysplasia in pediatric patients: technique and outcomes. *Journal of neurosurgery. Pediatrics*. 2016; 17 (6): 672-8. <https://doi.org/10.3171/2015.10.PEDS15512>.
6. Miller D., Knake S., Bauer S., Krakow K., Pagenstecher A., Sure U., Rosenow F. Intraoperative ultrasound to define focal cortical dysplasia in epilepsy surgery. *Epilepsia*. 2008; 49 (1): 156-158. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2007.01268.x>.
7. Miller D., Knake S., Menzler K., Krakow K., Rosenow F., Sure U. Intraoperative ultrasound in malformations of cortical development. *Ultraschall in Med*. 2011; 32: 69-74. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1273490>.
8. Miller D., Carney P., Archer J.S., Fitt G.J., Jackson G.D., Bulluss K.J. Intraoperative definition of bottom-of-sulcus dysplasia using intraoperative ultrasound and single depth electrode recording – A technical note. *Journal of clinical neuroscience*. 2017; 48: 191-195. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.10.045>.
9. Martinoni M., Marucci G., Meletti S., Volpi L., Michelucci R., Giulioni M. Ultrasound assisted awake epilepsy surgery for type IIB focal cortical dysplasia in eloquent areas. *Journal of Neurosurgical Sciences*. 2017; 28. <https://doi.org/10.23736/S0390-5616.17.04186-8>.
10. Сандриков В.А., Фисенко Е.П., Ветшева Н.Н., Федулова С.В., Васильев С.А., Зуев А.А. Интраоперационное ультразвуковое исследование головного и спинного мозга. М. 2012.
11. Заявка на изобретение №2018123417. Суфианов А.А. Медицинский инструмент для отсоса и нагнетания жидких сред. Ссылка активна на 01.12.2018 г.
12. Blümcke I., Thom M., Aronica E., Armstrong D.D., Vinters H.V., Palmini A., Jacques T.S., Avanzini G., Barkovich A.J., Battaglia G., Becker A., Cepeda C., Cendes F., Colombo N., Crino P., Cross J.H., Delalande O., Dubeau F., Duncan J., Guerrini R., Kahane P., Mathern G., Najm I., Ozkara C., Raybaud C., Represa A., Roper S.N., Salamon N., Schulze-Bonhage A., Tassi L., Vezzani A., Spreafico R. The clinico-pathologic spectrum of focal cortical dysplasias: A consensus classification proposed by an ad hoc Task Force of the ILAE Diagnostic Methods Commission. *Epilepsia*. 2011; 52 (1): 158-174. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2010.02777.x>.
13. Wieser H.G., Blume W.T., Fish D., Goldensohn E., Hufnagel A., King D., Sperling M.R., Lüders H., Pedley T.A. Proposal for a New Classification of Outcome with Respect to Epileptic Seizures Following Epilepsy Surgery. *Epilepsy*. 2001; 42 (2): 282-286. <https://doi.org/10.1046/j.1528-1157.2001.35100.x>.

14. Fauser S., Essang C., Altenmüller D.M., Staack A.M., Steinhoff B.J., Strobl K., Bast T., Schubert-Bast S., Stephani U., Wiegand G., Prinz M., Brandt A., Zentner J., Schulze-Bonhage A. Long-term seizure outcome in 211 patients with focal cortical dysplasia. *Epilepsia*. 2015; 56 (1): 66-76. <https://doi.org/10.1111/epi.12876>.
15. Choi S.A., Kim S.Y., Kim H., Kim W.J., Kim H., Hwang H., Choi J.E., Lim B.C., Chae J.H., Chong S., Lee J.Y., Phi J.H., Kim S.K., Wang K.C., Kim K.J. Surgical outcome and predictive factors of epilepsy surgery in pediatric isolated focal cortical dysplasia. *Epilepsy Research*. 2018; 139: 54-59. <https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2017.11.012>.

## References:

1. Palmieri A., Holthausen H. Focal malformations of cortical development: A most relevant etiology of epilepsy in children. *Handbook of clinical neurology*. 2013; 549-565. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52891-9.00058-0>.
2. Sacino M.F., Ho C.Y., Whitehead M.T., Zelleke T., Magge S.N., Mysers J., Keating R.F., Gaillard W.D., Oluigbo C.O. Resective surgery for focal cortical dysplasia in children: a comparative analysis of the utility of intraoperative magnetic resonance imaging (iMRI). *Child's Nervous System*. 2016; 32 (6): 1101-1107. <https://doi.org/10.1007/s00381-016-3070-x>.
3. Tringali G., Bono B., Dones I., Cordella R., Didato G., Villani F., Prada F. Multimodal Approach for Radical Excision of Focal Cortical Dysplasia by Combining Advanced Magnetic Resonance Imaging Data to Intraoperative Ultrasound, Electrocorticography, and Cortical Stimulation: A Preliminary Experience. *World Neurosurgery*. 2018; 113: 738-746. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.02.141>.
4. Roessler K., Kasper B.S., Heynold E., Coras R., Sommer B., Rampp S., Hamer H.M., Blümcke I., Buchfelder M. Intraoperative MR imaging and neuronavigation during resection of FCD Type II in adult epilepsy surgery offers better seizure outcome. *World Neurosurgery*. 2018; 109: 43-49. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.09.100>.
5. Sacino M.F., Ho C.Y., Murnick J., Tsuchida T., Magge S.N., Keating R.F., Gaillard W.D., Oluigbo C.O. Intraoperative MRI-guided resection of focal cortical dysplasia in pediatric patients: technique and outcomes. *Journal of neurosurgery. Pediatrics*. 2016; 17 (6): 672-8. <https://doi.org/10.3171/2015.10.PEDS15512>.
6. Miller D., Knake S., Bauer S., Krakow K., Pagenstecher A., Sure U., Rosenow F. Intraoperative ultrasound to define focal cortical dysplasia in epilepsy surgery. *Epilepsia*. 2008; 49 (1): 156-158. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2007.01268.x>.
7. Miller D., Knake S., Menzler K., Krakow K., Rosenow F., Sure U. Intraoperative ultrasound in malformations of cortical development. *Ultraschall in Med*. 2011; 32: 69-74. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1273490>.
8. Miller D., Carney P., Archer J.S., Fitt G.J., Jackson G.D., Bulluss K.J. Intraoperative definition of bottom-of-sulcus dysplasia using intraoperative ultrasound and single depth electrode recording – A technical note. *Journal of clinical neuroscience*. 2017; 48: 191-195. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.10.045>.
9. Martinoni M., Marucci G., Meletti S., Volpi L., Michelucci R., Giulioni M. Ultrasound assisted awake epilepsy surgery for type IIB focal cortical dysplasia in eloquent areas. *Journal of Neurosurgical Sciences*. 2017; 28. <https://doi.org/10.23736/S0390-5616.17.04186-8>.
10. Sandrikov V.A., Fisenko E.P., Vetsheva N.N., Fedulova S.V., Vasilev S.A., Zuev A.A. Intraoperacionnoe ultrazvukovoe issledovanie golovnogo i spinnogo mozga. Moscow. 2012. (In Russ).
11. Zayavka na izobretenie №2018123417. Sufianov A.A. Apparatus for suction and irrigation of liquids. Link is active on 01.12.2018.
12. Blümcke I., Thom M., Aronica E., Armstrong D.D., Vinters H.V., Palmieri A., Jacques T.S., Avanzini G., Barkovich A.J., Battaglia G., Becker A., Cepeda C., Cendes F., Colombo N., Crino P., Cross J.H., Delalande O., Dubeau F., Duncan J., Guerrini R., Kahane P., Mathern G., Najm I., Ozkara C., Raybaud C., Represa A., Roper S.N., Salamon N., Schulze-Bonhage A., Tassi L., Vezzani A., Spreafico R. The clinico-pathologic spectrum of focal cortical dysplasias: A consensus classification proposed by an ad hoc Task Force of the ILAE Diagnostic Methods Commission. *Epilepsia*. 2011; 52 (1): 158-174. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2010.02777.x>.
13. Wieser H.G., Blume W.T., Fish D., Goldensohn E., Hufnagel A., King D., Sperling M.R., Lüders H., Pedley T.A. Proposal for a New Classification of Outcome with Respect to Epileptic Seizures Following Epilepsy Surgery. *Epilepsy*. 2001; 42 (2): 282-286. <https://doi.org/10.1046/j.1528-1157.2001.35100.x>.
14. Fauser S., Essang C., Altenmüller D.M., Staack A.M., Steinhoff B.J., Strobl K., Bast T., Schubert-Bast S., Stephani U., Wiegand G., Prinz M., Brandt A., Zentner J., Schulze-Bonhage A. Long-term seizure outcome in 211 patients with focal cortical dysplasia. *Epilepsia*. 2015; 56 (1): 66-76. <https://doi.org/10.1111/epi.12876>.
15. Choi S.A., Kim S.Y., Kim H., Kim W.J., Kim H., Hwang H., Choi J.E., Lim B.C., Chae J.H., Chong S., Lee J.Y., Phi J.H., Kim S.K., Wang K.C., Kim K.J. Surgical outcome and predictive factors of epilepsy surgery in pediatric isolated focal cortical dysplasia. *Epilepsy Research*. 2018; 139: 54-59. <https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2017.11.012>.

### Сведения об авторах:

*Суфианов Альберт Акрамович* – д.м.н., профессор, главный врач ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» (г. Тюмень). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>; Scopus Author ID: 6603558501.

*Мирхайдаров Салават Валентинович* – врач-нейрохирург, ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» г. Тюмень. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7873-3472>. E-mail: [Salavatmirkhaydarov@gmail.com](mailto:Salavatmirkhaydarov@gmail.com).

*Якимов Юрий Алексеевич* – заведующий отделением нейрохирургии детского возраста, ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» г. Тюмень. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6675-2051>.

*Клименко Ольга Михайловна* – невролог-эпилептолог, ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» г. Тюмень. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5773-9031>.

*Скрипников Александр Анатольевич* – врач-нейрофизиолог, ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» г. Тюмень. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7790-7362>.

*Стефанов Стефан Живков* – врач-нейрохирург, ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» г. Тюмень. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6104-2103>.

*Садыкова Ольга Николаевна* – врач-функциональной диагностики, ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» г. Тюмень. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7725-6547>.

*Талыбов Рустам Сабинович* – врач-рентгенолог, ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» г. Тюмень. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3820-2057>.

*Суфианов Ринат Альбертович* – ординатор, НМИЦ нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко, г. Москва. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4031-0540>.

### About the authors:

*Albert A. Sufianov* – MD, Professor, Chief Physician at the Federal Center for Neurosurgery, Tyumen. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>; Scopus Author ID: 6603558501.

*Salavat V. Mirhaydarov* – MD, Neurosurgeon at the Federal Center for Neurosurgery, Tyumen. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7873-3472>. E-mail: [Salavatmirkhaydarov@gmail.com](mailto:Salavatmirkhaydarov@gmail.com).

*Yuri A. Yakimov* – MD, Head of the Department of Pediatric Neurosurgery at the Federal Center for Neurosurgery, Tyumen. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6675-2051>.

*Olga M. Klimenko* – MD, Neurologist-Epileptologist at the Federal Center for Neurosurgery, Tyumen. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5773-9031>.

*Alexander A. Skripnikov* – MD, Neurophysiologist at the Federal Center for Neurosurgery, Tyumen. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7790-7362>.

*Stefan Z. Stefanov* – MD, Neurosurgeon at the Federal Center for Neurosurgery, Tyumen. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6104-2103>.

*Olga N. Sadykova* – MD, Specialist in Functional Diagnostics at the Federal Center for Neurosurgery, Tyumen. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7725-6547>.

*Rustam S. Talybov* – MD, Radiologist at the Federal Center for Neurosurgery, Tyumen. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3820-2057>.

*Rinat A. Sufianov* – MD, Resident-in-Training, Burdenko Research Center for Neurosurgery, Moscow. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4031-0540>.