

Первый успешный опыт диссекции гамартомы гипоталамуса методом фокусированного ультразвука под контролем МРТ в России

© Р.М. Галимова^{1, 2}, С.Н. Иллариошкин³, Ш.М. Сафин¹, И.В. Бузаев^{1, 2}, Д.И. Набиуллина², Д.К. Крекотин², С.Р. Нурмухаметова^{1, 2, 4}, Ю.А. Сидорова², Г.Н. Ахмадеева^{1, 2}, Ф.Ф. Кашапов¹, Т.З. Якупов⁴, Д.Р. Терегулова²

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа, Россия;

²ООО «Клиника интеллектуальной нейрохирургии» Международного медицинского центра им. В.С. Бузаева, Уфа, Россия;

³ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, Россия;

⁴ГК «Мать и дитя», Уфа, Россия

Резюме

Лечение двигательных нарушений фокусированным ультразвуком под контролем магнитно-резонансной томографии (МР-ФУЗ) является признанной альтернативой нейрохирургическим и радиологическим вмешательствам — стереотаксической радиочастотной абляции и таламотомии гамма-ножом. Однако при внутричерепных новообразованиях профиль безопасности, эффективности и осуществимости данной технологии остается малоизученным. В статье представлен случай успешной диссекции МР-ФУЗ гамартотомы гипоталамуса у женщины 32 лет с фармакорезистентной геластической эпилепсией с приступами насильственного смеха и плача. Гипоталамическая гамартома 2-го типа была отделена от окружающей ткани головного мозга при помощи МР-ФУЗ без побочных эффектов. После операции отмечено быстрое улучшение: приступов смеха и плача не наблюдалось в течение 6 мес наблюдения.

Ключевые слова: гамартома гипоталамуса, геластические приступы, фокусированный ультразвук, магнитно-резонансная томография, функциональная нейрохирургия, фармакорезистентная эпилепсия.

Информация об авторах:

Галимова Р.М. — <https://orcid.org/0000-0003-2758-0351>

Иллариошкин С.Н. — <https://orcid.org/0000-0002-2704-6282>

Сафин Ш.М. — <https://orcid.org/0000-0002-0100-6100>

Бузаев И.В. — <https://orcid.org/0000-0003-0511-9345>

Набиуллина Д.И. — <https://orcid.org/0000-0003-2570-3709>

Крекотин Д.К. — <https://orcid.org/0000-0002-2215-7178>

Нурмухаметова С.Р. — <https://orcid.org/0009-0003-2661-3278>

Сидорова Ю.А. — <https://orcid.org/0000-0002-0992-0239>

Ахмадеева Г.Н. — <https://orcid.org/0000-0001-5516-0587>

Кашапов Ф.Ф. — <https://orcid.org/0000-0003-3355-4096>

Якупов Т.З. — <https://orcid.org/0009-0008-8488-3635>

Терегулова Д.Р. — <https://orcid.org/0000-0001-6283-3735>

Автор, ответственный за переписку: Галимова Р.М. — e-mail: rezida@galimova.com

Как цитировать:

Галимова Р.М., Иллариошкин С.Н., Сафин Ш.М., Бузаев И.В., Набиуллина Д.И., Крекотин Д.К., Нурмухаметова С.Р., Сидорова Ю.А., Ахмадеева Г.Н., Кашапов Ф.Ф., Якупов Т.З., Терегулова Д.Р. Первый успешный опыт диссекции гамартотомы гипоталамуса методом фокусированного ультразвука под контролем МРТ в России. *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко*. 2024;88(1):79–87. <https://doi.org/10.17116/neiro20248801179>

Hypothalamic hamartoma dissection using focused ultrasound under MRI control. The first successful experience in Russia

© R.M. Galimova^{1, 2}, S.N. Illarioshkin³, Sh.M. Safin¹, I.V. Buzaev^{1, 2}, D.I. Nabiullina², D.K. Krekotin², S.R. Nurmukhametova^{1, 2, 4}, Yu.A. Sidorova², G.N. Akhmadeeva^{1, 2}, F.F. Kashapov¹, T.Z. Yakupov⁴, D.R. Teregulova²

¹Bashkir State Medical University, Ufa, Russia;

²Intelligent Neurosurgery Clinic of the Buzaev International Medical Center, Ufa, Russia;

³Neurology Research Center, Moscow, Russia;

⁴Group of companies «Mother and child», Ufa, Russia

Abstract

Treatment of motor disorders by MRI-guided focused ultrasound is an alternative to neuro- and radiosurgery such as stereotactic radiofrequency ablation and thalamotomy with a gamma knife. However, safety, efficacy and feasibility of this technology for intracranial neoplasms are still unclear. The authors report successful hypothalamic hamartoma dissection by MRI-guided focused ultrasound in a 32-year-old woman with drug-resistant gelastic epilepsy and violent laughter and crying attacks. Magnetic resonance imaging revealed type II hypothalamic hamartoma. The last one was detached from surrounding brain tissue by MRI-guid-

ed focused ultrasound without side effects. Symptoms regressed immediately after surgery. No laughter and crying attacks were observed throughout 6-month follow-up.

Keywords: hypothalamic hamartoma, gelastic seizures, MRI-guided focused ultrasound, functional neurosurgery, drug-resistant epilepsy.

Information about the authors:

Galimova R.M. — <https://orcid.org/0000-0003-2758-0351>

Illarioshkin S.N. — <https://orcid.org/0000-0002-2704-6282>

Safin Sh.M. — <https://orcid.org/0000-0002-0100-6100>

Buzaev I.V. — <https://orcid.org/0000-0003-0511-9345>

Nabiullina D.I. — <https://orcid.org/0000-0003-2570-3709>

Krekotin D.K. — <https://orcid.org/0000-0002-2215-7178>

Nurmukhametova S.R. — <https://orcid.org/0009-0003-2661-3278>

Sidorova Yu.A. — <https://orcid.org/0000-0002-0992-0239>

Akhmadeeva G.N. — <https://orcid.org/0000-0001-5516-0587>

Kashapov F.F. — <https://orcid.org/0000-0003-3355-4096>

Yakupov T.Z. — <https://orcid.org/0009-0008-8488-3635>

Teregulova D.R. — <https://orcid.org/0000-0001-6283-3735>

Corresponding author: Galimova R.M. — e-mail: rezida@galimova.com

To cite this article:

Galimova RM, Illarioshkin SN, Safin ShM, Buzaev IV, Nabiullina DI, Krekotin DK, Nurmukhametova SR, Sidorova YuA, Akhmadeeva GN, Kashapov FF, Yakupov TZ, Teregulova DR. Hypothalamic hamartoma dissection using focused ultrasound under MRI control. The first successful experience in Russia. *Burdenko's Journal of Neurosurgery = Zhurnal voprosy neirokhirurgii imeni N.N. Burdenko*. 2024;88(1):79–87. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro2024880179>

Список сокращений

МР-ФУЗ — фокусированный ультразвук под контролем магнитно-резонансной томографии

ГГ — гамартома гипоталамуса

КТ — компьютерная томография

МРТ — магнитно-резонансная томография

ФА — фракционная анизотропия

ММЦ — международный медицинский центр

LiTT — laser interstitial thermotherapy, лазерная интерстициальная термотерапия

Введение

Гипоталамус является структурой, входящей в состав промежуточного мозга и части лимбической системы; он связан практически со всеми отделами центральной нервной системы, включая кору, миндалевидное тело, мозжечок, ствол мозга и спинной мозг [1, 2].

Гамартома гипоталамуса (ГГ) — редкое доброкачественное образование, возникающее вследствие нарушения развития клеток и тканей головного мозга на эмбриональной стадии [1, 3]. Распространенность ГГ оценивается как 1 случай на 200 тыс. детей [4, 5]. ГГ характеризуются различными проявлениями, наиболее типичными из которых являются судороги (геластические, дакриоцистические и др.), когнитивные нарушения и преждевременное половое созревание [2, 3, 6]. Первые симптомы можно наблюдать на 1-м году жизни, хотя описано много случаев с дебютом симптомов во взрослом возрасте [2]. Связь между эпилептическими приступами смеха или плача с ГГ впервые была выявлена и описана С. List и соавт. в 1958 г. [6].

Было предложено несколько классификаций ГГ, но чаще всего используется классификация О. Delalande, которая подразделяет ГГ на четыре подтипа

на основании данных магнитно-резонансной томографии (МРТ) [7, 8]:

- тип I — небольшие образования на ножке, характеризующиеся горизонтальной плоскостью прикрепления к *tuber cinereum*;
- тип II — преимущественно внутримозговые образования, имеющие вертикальную плоскость прикрепления;
- тип III — распространяющиеся в III желудочек и межжелудочковую цистерну (сочетание типов I и II, имеющих как горизонтальную, так и вертикальную плоскость прикрепления);
- тип IV — ГГ, полностью расположенная в пределах III желудочка. Это, как правило, очень большие опухоли с широким прикреплением как к сосцевидным телам, так и к гипоталамусу, с прорастанием в межжелудочковую цистерну.

Основными методами диагностики ГГ являются компьютерная томография (КТ) и МРТ головного мозга [4, 7, 9, 10]. Наблюдение за пациентами в динамике показало, что экспрессивного роста гамарты не замечено, но с возрастом, по мере развития головного мозга, у детей наблюдается увеличение образования [9].

Подходы к лечению ГГ за последние несколько лет претерпели значительные изменения — от ме-

дикаментозной терапии до хирургического лечения с применением инновационных малоинвазивных подходов. Противосудорожные средства, как правило, не способны полностью купировать судороги и рассматриваются как важное, но лишь симптоматическое лечение [2, 11].

Первые результаты хирургического лечения ГГ были представлены J. Paillas в 1969 г. [10]. Открытая нейрохирургическая резекция или отсоединение гамартоты через птериональный, транскаллезный или трансвентрикулярный доступы приводит к хорошему контролю над приступами, но сопровождается высокой частотой осложнений — до 50% (неврологических, эндокринных, когнитивных, поведенческих), — что ограничивает применение данного метода [10]. Опубликован ряд работ по стереотаксической термокоагуляции ГГ с положительным эффектом: в 84% случаев получен контроль над приступами, а осложнения наблюдались у 3–5% пациентов, без развития нейроэндокринных нарушений [12, 13].

В качестве нового подхода с целью обеспечения безопасного и полного разъединения зоны прикрепления ГГ и окружающих структур было предложено использование лазерной и радиочастотной термокоагуляции с помощью роботизированной стереоэндовидоскопии [12, 21]. Эффективность данного подхода была оценена как высокая, с частотой благоприятных исходов 78% и частотой осложнений 8%. Данный подход был особенно эффективен у пациентов с изолированными геластическими судорогами и чистыми внутрижелудочковыми гамартотами. Использование стереотаксической лазерной интерстициальной термотерапии (LiTT) продемонстрировало эффективность, аналогичную открытой микрохирургии (отсутствие приступов — от 76 до 81% случаев), но с развитием необратимых осложнений с частотой до 20% [14]. Стереотаксическая радиохирургия оказалась более эффективной и безопасной, чем открытая микрохирургия, с контролем над частотой приступов от 60 до 71% и очень низким уровнем осложнений (2%) [15, 16].

Анализ доступной литературы по различным способам лечения ГГ свидетельствует о том, что эффективность и безопасность применяемого подхода обусловлены не столько техническими возможностями (воздействие лазером против радиочастотной термокоагуляции или стереотаксическая стереоэндовидоскопия против роботизированной), а в большей степени зависят от понимания механизмов развития эпилептического приступа, в том числе внутри гамартоты, и определяются правильным планированием разъединения образования и окружающих структур, с сохранением соседних образований головного мозга [12]. В данном аспекте такой инновационный метод лечения, как фокусированный ультразвук под контролем МРТ (МР-ФУЗ), используемый в настоящее время в основном для функционально-

го абляционного лечения двигательных расстройств, может стать удачным альтернативным малоинвазивным методом воздействия на ГГ с целью диссекции образования от прилежащих тканей [17, 18]. В настоящее время в доступной литературе опубликованы только две статьи с описанием 5 клинических случаев лечения ГГ с использованием МР-ФУЗ, с хорошими результатами и без развития побочных эффектов [19, 20].

Цель исследования — демонстрация первого в России опыта диссекции ГГ с помощью МР-ФУЗ.

Клиническое наблюдение

Пациентка Л., 1991 года рождения, обратилась в Международный медицинский центр им. В.С. Бузаева (ММЦ им. В.С. Бузаева) Уфы в 2022 г. с жалобами на ежедневные непроизвольные насильственные приступы смеха до 200 раз в сутки. Из анамнеза известно, что приступы появились с 4-летнего возраста. Родители обратились к педиатру, состояние было расценено как особенности поведения, лечение и диагностическое исследование не рекомендовано. В возрасте 16 лет присоединились дакриоцистические и билатеральные тонико-клонические приступы. Направлена к неврологу, проводился подбор противосудорожной терапии, без положительного эффекта в отношении частоты и продолжительности приступов (принимала карбамазепин, вальпроєвую кислоту, ламотриджин, леветирацетам, окскарбазепин). Каждые 2 года выполнялась МРТ головы: при ретроспективной оценке на всех снимках определяется образование в проекции гипоталамуса, однако оно не было своевременно распознано и описано.

У пациентки наблюдалось раннее половое развитие, состояла на учете у эндокринолога, изменений в анализах с точки зрения гормонального статуса не выявлено. Пациентка замужем, одна беременность и роды в 2018 г. Получила высшее образование и работает на авиамоторном заводе менеджером по качеству.

Семейный анамнез отягощен: эпилепсия диагностирована у двоюродного брата по линии отца (получает лекарственную терапию).

Пациентка правша.

В момент обращения у пациентки зарегистрированы три вида приступов, несмотря на прием окскарбазепина (1200 мг/сут) и леветирацетама (500 мг/сут):

1. Изолированные геластические и дакриоцистические с сохранением сознания — до 5–6 раз в сутки.
2. Фокальные гипомоторные с утратой сознания, сопровождающиеся геластическими и дакриоцистическими проявлениями, ороалиментарными автоматизмами, бимануальными автоматизмами, речевыми персеверациями — до 2–4 раз в месяц.
3. Фокальные с эволюцией в билатеральные тонико-клонические — 1 раз в 2 мес.

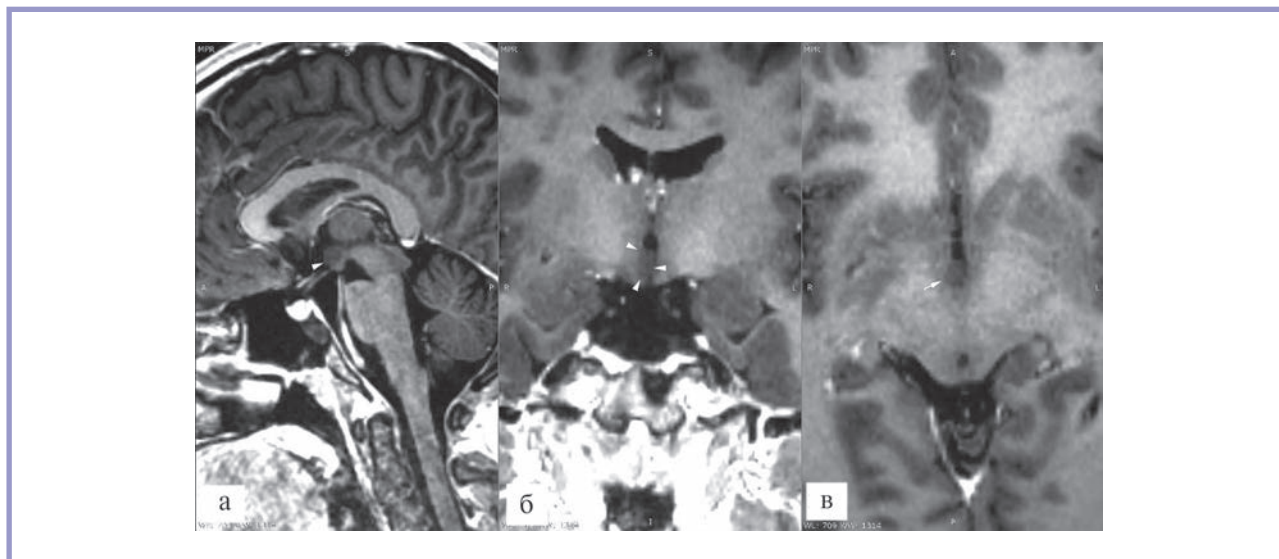


Рис. 1. Магнитно-резонансная томограмма пациентки в импульсной последовательности T1 cube с гамармой гипоталамуса (стрелки) до лечения в сагиттальной (а), корональной (б) и аксиальной (в) плоскостях.

МРТ головного мозга от 02.04.22 на аппарате GE Optima 450 1,5 Тл («GE Healthcare», США) (рис. 1): вдоль передней и правой стенки III желудочка определяется гиперинтенсивное в режиме T2 образование, не накапливающее контрастное вещество, размером $8 \times 8 \times 8$ мм, соответствующее ГГ II типа. Гамартома минимально смещает правое сосцевидное тело каудально. По вентролатеральному контуру гамартоты определяется сосуд (вена).

В условиях ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» Минздрава России выполнен 4-суточный видеоэлектроэнцефалографический (ЭЭГ) мониторинг с отменой принимаемой противосудорожной терапии на системе Micromed с международной методикой наложения электродов «10—20» и использованием дополнительных электродов (электрокардиография нижней скуловой дуги F9, F10, T9, T10, P9, P10). Зарегистрированы несколько фокальных приступов с появлением смеха со сменой на плач, а также регионарная медленно-волновая активность тета-диапазона в правой височно-теменной области, вспышки диффузной высокоамплитудной островолновой активности тета-диапазона (рис. 2). За время исследования выявлена эпилептиформная активность в виде острых волн, комплексов острая-медленная волна в правой и левой лобно-височных областях (со значительным преобладанием справа), с увеличением индекса представленности во сне.

Пятого декабря 2022 г. в ММЦ им. В.С. Бузаева выполнена операция: диссекция ГГ с использованием технологии МР-ФУЗ на аппарате ExAblate 4000 v. 7.0.404 («Insightec», Израиль) с 1024 пьезоэлектрическими генераторами ультразвуковых волн, объединенном с МРТ GE Optima (MR450w, 1,5 Тл).

Подготовка к лечению проведена по стандартной методике подготовки к МР-ФУЗ, описанной нами ранее [18]. В планировании процедуры применяли протокол DIR (двойная инверсия — восстановление) с толщиной среза 1,3 мм для более четкой визуализации гамартоты (рис. 3). Коэффициент плотности костной ткани черепа составил 0,67, количество рабочих пьезоэлементов — 950, площадь воздействия — 361 см^2 .

Выбор целевого участка абляции проводили по краю видимой границы ГГ. Первым ультразвуковым воздействием нагревали целевой участок до $40\text{--}45^\circ\text{C}$, проводили анатомическую верификацию и корректировали точность попадания по смещению нагретого пятна от мишени. Осуществлено 9 лечебных воздействий ультразвуком с постепенным увеличением от 10 000 до 22 000 Дж. Продолжительность их составила от 15 до 25 с, с достижением температуры от 52 до 58°C . Одновременно температурный мониторинг проводили на зрительном тракте и сосцевидном теле справа во время каждого воздействия ультразвуком (рис. 4). Для этого в период планирования в программе специально были отмечены данные структуры.

Серьезных осложнений во время процедуры не возникло, хотя пациентка испытывала периодическое чувство жара, холода и тошноты.

Во время проведения диссекции фокусированным ультразвуком проводилось контрольное МРТ-исследование головы в режиме T2 в аксиальной и коронарной проекциях, с толщиной среза 2 мм. Интраоперационная визуализация не выявила признаков кровоизлияния, а также подтвердила появление очага термического воздействия в запланированном участке. После окончания операции выполнена контроль-



Рис. 2. Фрагмент электроэнцефалограммы пациентки с гамартомой гипоталамуса до лечения.

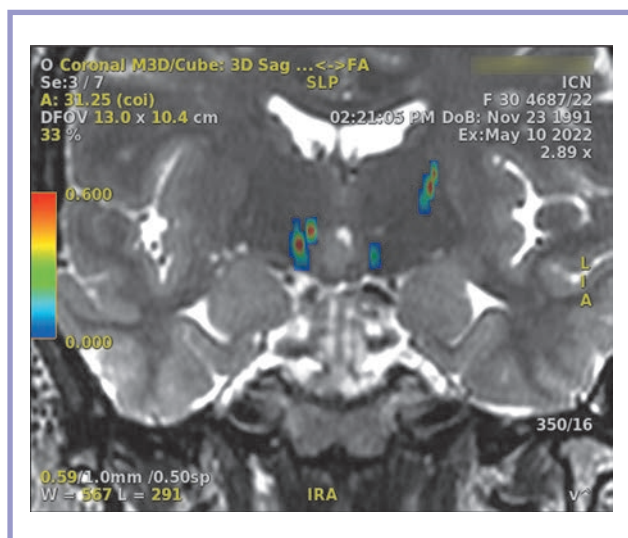


Рис. 3. Магнитно-резонансное томографическое планирование лечения с использованием фокусированного ультразвука под контролем магнитно-резонансной томографии.

Протокол DIR, в коронарной плоскости выявляется гиперинтенсивное образование справа от средней линии, со сдавлением правого мамиллярного тела.

ная МРТ головы: определялись незначительный отек (2—4 мм) по краю ГГ и очаги некроза в местах воздействия (рис. 5).

После проведенного лечения пациентка в течение 1 сут находилась в клинике, с назначением дексаметазона по схеме и возобновлением приема противосудорожной терапии; выписана на следующий день под наблюдение врача по месту жительства с ре-

комендациями по ведению дневника приступов. Пациентка через 10 дней вернулась к профессиональной деятельности. Отметила большую уверенность на работе в связи с отсутствием приступов.

Последний катamnестический осмотр был проведен 4 июля 2023 г. (7 мес после операции). С момента диссекции геластических и дакриоцистических приступов не наблюдалось. Частота тонико-клонических приступов снизилась до 1 раза в месяц. Находится под наблюдением epileptолога. Продолжает прием препаратов по дооперационной схеме. В целом отмечает очевидные положительные изменения в бытовой, социальной и профессиональной деятельности: без стеснения ведет совещания на рабочем месте, активно общается с родственниками и друзьями, решила отказаться от курения.

Контрольный видео-ЭЭГ-мониторинг (рис. 6) с депривацией сна продолжительностью 2 ч выполнен через 6 мес после диссекции ГГ: во сне и при бодрствовании зарегистрирована региональная эпилептиформная активность в правой височной области в виде одиночных комплексов острая-медленная волна, индекс представленности низкий. В сравнении с видео-ЭЭГ до операции отмечается четкая положительная динамика в виде значительного снижения индекса представленности эпилептиформной активности в области правого полушария головного мозга.

При оценке МРТ-показателей фракционной анизотропии (FA) (высокие значения FA характерны для белого вещества головного мозга, а низкие — свидетельствуют о нарушении целостности белого вещества или о повышенной гетерогенности ткани) в динами-

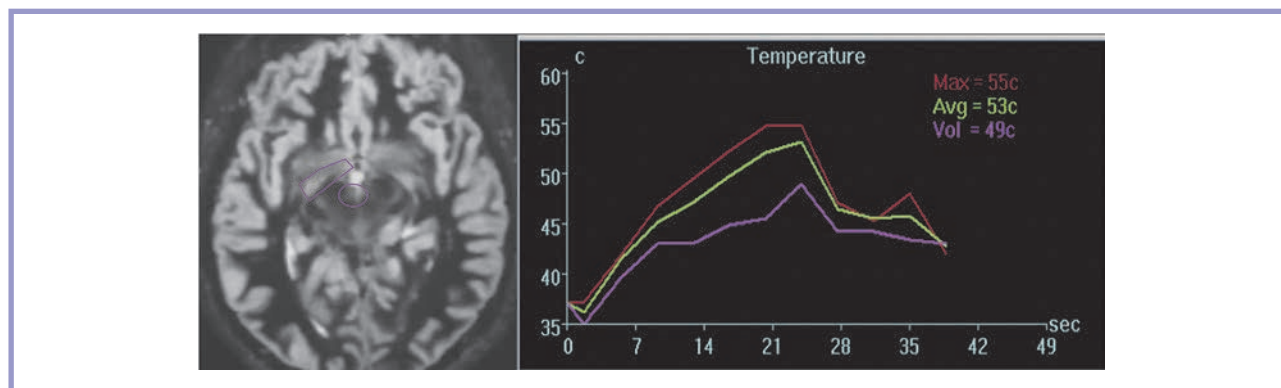


Рис. 4. Визуальный контроль оперативного лечения фокусированным ультразвуком под контролем МРТ.

а — предоперационное планирование в аксиальной плоскости в режиме DIR, зоны температурного контроля, выставленные в проекции зрительного тракта и правого сосцевидного тела; б — интраоперационный контроль за температурным режимом в проекции зрительного тракта и правого сосцевидного тела (розовая линия).

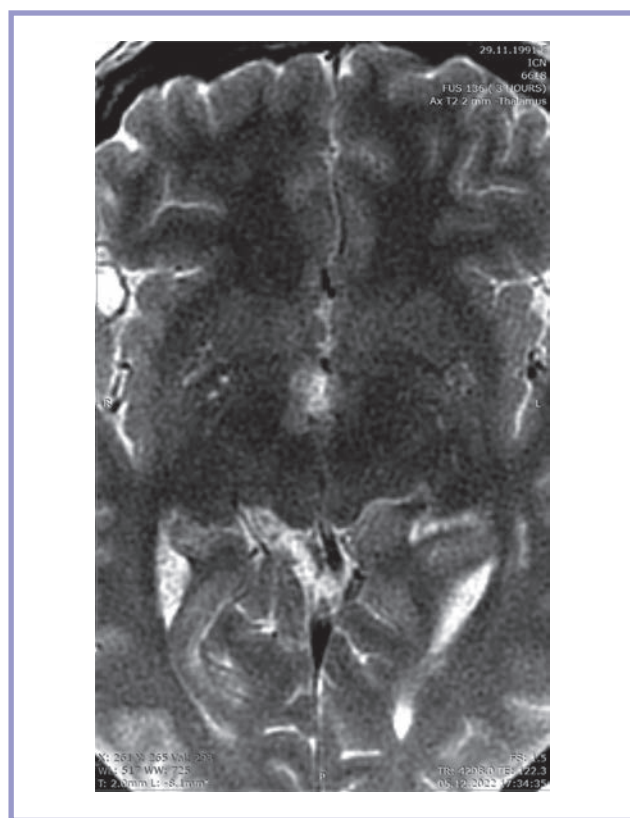


Рис. 5. Магнитно-резонансная томограмма пациентки через 2 ч после диссекции гамартомы гипоталамуса методом фокусированного ультразвука под контролем магнитно-резонансной томографии, аксиальная проекция.

ке — до операции, через 2 ч после диссекции МР-ФУЗ, через 3 и 6 мес после операции — у пациентки отмечены изменения показателей FA в соответствии с изменением гетерогенности структуры опухоли (рис. 7). Так, спустя 6 мес после операции определяется снижение FA (0,37) на 21% по сравнению с дооперационными значениями (0,47), что свидетельствует об изменениях структуры опухоли, четко не определяемых при рутинном протоколе МРТ. Повышение значений FA в опу-

холи спустя 3 мес после операции, по-видимому, обусловлено неполным разрешением отека.

Обсуждение

В связи с развитием нейровизуализации вопрос диагностики гамартром в настоящее время не представляет сложности [4, 7, 9, 15]. Однако выбор эффективного и безопасного метода лечения остается открытым. Длительное наблюдение за взрослыми пациентами под контролем МРТ головы позволяет сделать вывод о том, что размеры гамартром остаются неизменными в течение жизни [9]. Наличие некупируемых фармакорезистентных приступов, эндокринных и/или поведенческих изменений является показанием к хирургическому лечению. Учитывая высокие показатели осложнений после открытых нейрохирургических вмешательств и отсутствие роста ГГ, обычно бывает достаточно осуществить диссекцию образования от окружающих структур височных долей [12, 13].

Наиболее эффективными, неинвазивными и безопасными способами проведения диссекции ГГ являются радиохирurgia и МР-ФУЗ [15, 16, 19, 20]. При использовании радиохирουργии, в отличие от МР-ФУЗ, присутствует латентный период от нескольких недель до месяцев — лишь после этого обычно можно получить клиническое и электроэнцефалографическое подтверждение эффективности вмешательства [15, 16]. В случае плохого контроля над приступами после радиохирουργии часто остается неясным, в чем причина неудачи в лечении и когда целесообразно проводить повторную операцию другим способом. В случае неудачного воздействия МР-ФУЗ повторная процедура может быть проведена немедленно. Еще одним преимуществом МР-ФУЗ перед радиохирургией в детском возрасте может быть отсутствие воздействия ионизирующего излучения на развивающийся мозг.

ФУЗ уже нашел сегодня широкое применение при лечении двигательных расстройств, тогда



Рис. 6. Фрагмент контрольного видеоэлектроэнцефалографического мониторинга пациентки после проведенного лечения фокусированным ультразвуком под контролем магнитно-резонансной томографии.

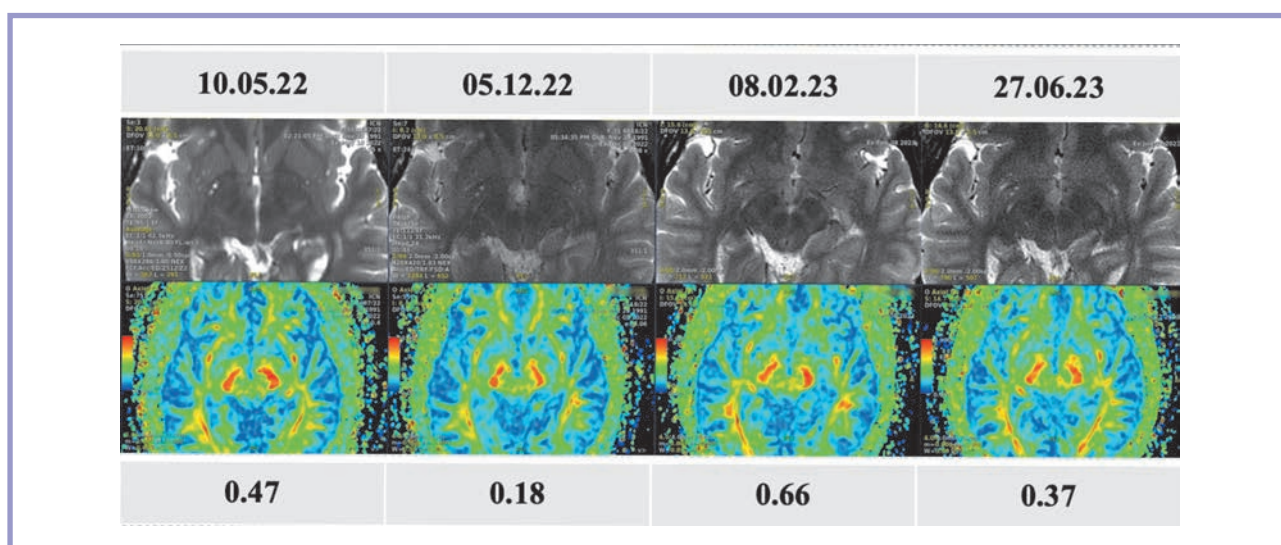


Рис. 7. Изменения значений фракционной анизотропии в динамике: до операции, а также через 2 ч, через 3 и 6 мес после операции. Верхние изображения — T2-взвешенные магнитно-резонансные томограммы с толщиной среза 2 мм, нижние — карты фракционной анизотропии и их цифровые значения.

как на момент подготовки настоящей рукописи в мировой литературе нами были найдены только две публикации о применении МР-ФУЗ в лечении эпилепсии при ГГ [19, 20].

Т. Yamaguchi и соавт. в 2020 г. представили первый опыт использования МР-ФУЗ у пациента 26 лет с ГГ III типа, с выраженными геластическими приступами. Операция прошла без побочных эффектов. Период наблюдения за пациентом составил 12 мес, не было зарегистрировано возврата судорог

даже на фоне снижения противоэпилептической терапии [20].

Т. Tierney и соавт. в 2022 г. представили 4 пациентов в возрасте от 15 до 22 лет с различными формами ГГ, 3 из которых ранее была произведена попытка эндоскопического трансвентрикулярного удаления опухоли, а также LiTT и радиохирургия [19]. Снижение частоты приступов после МР-ФУЗ у этих пациентов с фармакорезистентной геластической эпилепсией составило от 90 до 100%. Четвертый пациент,

девушка 15 лет, была направлена на операцию с целью лечения симптомов ожирения (индекс массы тела 31 кг/м²) и гиперфагии: за период наблюдения после операции ее вес уменьшился на 13 кг. Все пациенты удовлетворительно перенесли лечение МР-ФУЗ без появления новых эндокринных, электролитных, метаболических или неврологических осложнений.

Описанный нами клинический случай также демонстрирует, что эффективную диссекцию ГГ с помощью МР-ФУЗ возможно провести без осложнений и наркоза. При хирургически недоступной ГГ данная технология позволила полностью избавить пациентку от эпилептических приступов насильственного смеха и плача без каких-либо побочных эффектов.

Заключение

Таким образом, МР-ФУЗ может рассматриваться как разумная альтернатива радиохирургии у пациентов с ГГ. Для формирования методологии проведения операций методом МР-ФУЗ при ГГ необходимы дальнейшие исследования для уточнения оптимальных критериев отбора пациентов, определения долгосрочной терапевтической устойчивости эффекта и оценки безопасности метода.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Cohen NT, Cross JH, Arzimanoglou A, Berkovic SF, Kerrigan JF, Miller IP, Webster E, Soebye L, Cukiert A, Hesdorffer DK, Kroner BL, Saper CB, Schulze-Bonhage A, Gaillard WD; Hypothalamic Hamartoma Writing Group. Hypothalamic Hamartomas: Evolving Understanding and Management. *Neurology*. 2021;97(18):864-873. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000012773>
- Семичева Т.В., Горелышев С.К. Гамартумы гипоталамуса у детей. *Проблемы эндокринологии*. 2006;52(4):21-27. Semicheva TV, Gorelyshev SK. Hypothalamic hamartoma in children. *Problems of Endocrinology*. 2006;52(4):21-27. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/probl200652421-27>
- Beggs J, Nakada S, Fenoglio K, Wu J, Coons S, Kerrigan JF. Hypothalamic hamartomas associated with epilepsy: ultrastructural features. *Journal of Neuropathology & Experimental Neurology*. 2008;67:657-668. <https://doi.org/10.1097/NEN.0b013e31817d8085>
- Bernasconi A, Cendes F, Theodore WH, Gill RS, Koepp MJ, Hogan RE, Jackson GD, Federico P, Labate A, Vaudano AE, Blümcke I, Ryvlin P, Bernasconi N. Recommendations for the use of structural magnetic resonance imaging in the care of patients with epilepsy: a consensus report from the International League against Epilepsy Neuroimaging Task Force. *Epilepsia*. 2019;60(6):1054-1068. <https://doi.org/10.1111/epi.15612>
- Григорьев А.Ю., Синкин М.В., Григорьева Е.В., Трифонов И.С. Гипоталамическая гамартома: обзор литературы. *Нейрохирургия*. 2019;21(2):94-106. Grigoriev AY, Sinkin MV, Grigorieva EV, Trifonov IS. Hypothalamic hamartoma. Literature review. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2019;21(2):94-106. (In Russ.). <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2019-21-2-94-106>
- List CF, Dowman CE, Bagchi BK, Bebin J. Posterior hypothalamic hamartomas and gangliogliomas causing precocious puberty. *Neurology*. 1958;8(3):164-74.
- Delalande O, Fohlen M. Disconnecting surgical treatment of hypothalamic hamartoma in children and adults with refractory epilepsy and proposal of a new classification. *Neurologia Medico-Chirurgica*. 2003;43:61-68. <https://doi.org/10.2176/nmc.43.61>
- Li CD, Luo SQ, Tang J, Jia G, Ma ZY, Zhang YQ. Classification of hypothalamic hamartoma and prognostic factors for surgical outcome. *Acta neurologica Scandinavica*. 2014;130(1):18-26. <https://doi.org/10.1111/ane.12209>
- Freeman JL, Coleman LT, Wellard RM, Kean MJ, Rosenfeld JV, Jackson GD, Berkovic SF, Harvey AS. MR imaging and spectroscopic study of epileptogenic hypothalamic hamartomas: analysis of 72 cases. *American Journal of Neuroradiology*. 2004;25(3):450-462.
- Paillass JE, Roger J, Toga M, Soulayrol R, Salamon G, Dravet C, Bureau M. Hamartome de l'hypothalamus. Etude clinique, radiologique, histologique. Résultats de l'exérèse [Hamartoma of the hypothalamus. Clinical, radiological and histological study. Results of excision]. *Revue Neurologique*. 1969;120(3):177-194.
- Михайлов В.А., Дружинин А.К., Шова Н.И., Корсакова Е.А. Эпилепсия с геластическими приступами и гамартома гипоталамуса (описание редкого клинического наблюдения). *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2017;9(3):64-72. Mikhailov VA, Druzhinin AK, Shova NA, Korsakova EA. Epilepsy with gelastic seizures and hypothalamic hamartoma: a rare clinical case. *Epilepsy and paroxysmal conditions*. 2017;9(3):64-72. (In Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333.2017.9.3.064-072>
- Kameyama S, Shirozu H, Masuda H, Ito Y, Sonoda M, Akazawa K. MRI-guided stereotactic radiofrequency thermocoagulation for 100 hypothalamic hamartomas. *Journal of Neurosurgery*. 2016;124(5):1503-1512. <https://doi.org/10.3171/2015.4.JNS1582>
- Susheela SP, Revannasiddaiah S, Mallarajapatna GJ, Basavalingaiah A. Robotic-arm stereotactic radiosurgery as a definitive treatment for gelastic epilepsy associated with hypothalamic hamartoma. *BMJ Case Reports*. 2013;2013:bcr2013200538. <https://doi.org/10.1136/bcr-2013-200538>
- Du VX, Gandhi SV, Rekate HL, Mehta AD. Laser interstitial thermal therapy: a first line treatment for seizures due to hypothalamic hamartoma? *Epilepsia*. 2017;58(2):77-84. <https://doi.org/10.1111/epi.13751>
- Régis J, Scavarda D, Tamura M, Villeneuve N, Bartolomei F, Brue T, Morange I, Dafonseca D, Chauvel P. Gamma knife surgery for epilepsy related to hypothalamic hamartomas. *Seminars in Pediatric Neurology*. 2007;14(2):73-79. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2007.03.005>
- Саватеев А.Н., Голанов А.В., Саушев Д.А., Осинов И.К., Костюченко В.В., Далечина А.В., Меликян А.Г., Власов П.А., Мазеркина Н.А., Макашова Е.С. Стереотаксическая радиохирургия при эпилепсии у пациентов с гамартомой гипоталамуса. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2022;86(4):14-24. Savateev AN, Golanov AV, Saushev DA, Osinov IK, Kostjuchenko VV, Dalechina AV, Melikyan AG, Vlasov PA, Mazerkina NA, Makashova ES. Stereotactic radiosurgery for epilepsy related to hypothalamic hamartoma. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2022;86(4):14-24. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro2022860414>
- Elias WJ, Huss D, Voss T, Loomba J, Khaled M, Zadicario E. A pilot study of focused ultrasound thalamotomy for essential tremor. *The New England Journal of Medicine*. 2013;369(7):640-648. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1300962>
- Галимова Р.М., Набиуллина Д.И., Иллариошкин С.Н., Сафин Ш.М., Сидорова Ю.А., Ахмадеева Г.Н., Мухамедеева Н.Р., Загидуллин Н.Ш., Качемаева О.В., Крекотин Д.К., Бузаев И.В. Первый в России опыт лечения пациентов с эссенциальным тремором методом фокусированного ультразвука под контролем МРТ. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2022;16(2):5-14. Galimova RM, Nabiullina DI, Illarioshkin SN, Safin ShM, Sidorova YuA, Ahmadeeva GN, Muhamadeeva NR, Zagidullin NSh, Kachemaeva OV, Krekotin DK, Buzaev IV. First use of MRI-guided focused ultrasound to treat patients with essential tremor in Russia. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2022;16(2):5-14. (In Russ.). <https://doi.org/10.54101/ACEN.2022.2.1>
- Tierney TS, Alavian KN, Altman N, Bhatia S, Duchowny M, Hyslop A, Jayakar P, Resnick T, Wang S, Miller I, Ragheb J. Initial experience with magnetic resonance-guided focused ultrasound stereotactic surgery for central

- brain lesions in young adults. *Journal of Neurosurgery*. 2022 Vol. 137:issue 3;1-8.
<https://doi.org/10.3171/2021.10.JNS21416>
20. Yamaguchi T, Hori T, Hori H, Takasaki M, Abe K, Taira T, Ishii K, Watanabe K. Magnetic resonance-guided focused ultrasound ablation of hypothalamic hamartoma as a disconnection surgery: a case report. *Acta Neurochirurgica*. 2020;162(10):2513-2517.
<https://doi.org/10.1007/s00701-020-04468-6>
21. Dorfmueller G, Fohlen M, Bulteau C, Delalande O. Surgical disconnection of hypothalamic hamartomas. *Neurochirurgie*. 2008;54:315-319.
<https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2008.02.043>
- Поступила/Received 15.08.2023
Принята к печати/Accepted 17.11.2023

Комментарий

Технология неинвазивного транскраниального термического воздействия фокусированным ультразвуком с одномоментной магнитно-резонансной термометрией (МР-ФУЗ) — одна из инноваций в нейрохирургии. Метод разработан в Израиле и реализуется на изготавливаемом там оборудовании непосредственно в кабинете магнитно-резонансной томографии, до самого недавнего времени он использовался в основном при функциональных вмешательствах на базальных ядрах у пациентов с двигательными расстройствами, в частности у больных с эссенциальным тремором. В настоящей работе описывается опыт его применения у пациентки с фармакорезистентной эпилепсией с целью дисконнекции гипоталамической гамартомы путем точечной и прецизионной термоабляции. В работе подробно и вместе с тем доступно изложены и проиллюстрированы принципы и, собственно, сама технология МР-ФУЗ. Результат лечения блестящий, и, несмотря на непродолжительный катамнез, это безусловный успех.

Нельзя не заметить, что, как и любой другой, метод МР-ФУЗ имеет ряд ограничений, влияющих на его эффективность и отбор больных. Малышам с гигантскими гамартомами IV типа он вряд ли подойдет из-за обычно низких у них значений коэффициента плотности костей черепа и множества точечных абляций, которые потребуются по всей площади сращения мальформации с гипоталамическими структурами. А вот небольшую гамартому II типа, как продемонстрировано в работе, возможно эффективно и довольно быстро изолировать путем этой совершенно неинвазивной технологии.

Кроме того, важно отметить, что это наблюдение станет шестым из всего, что есть в литературе по рассматриваемому вопросу, поэтому работа вызовет интерес и, возможно, удержит в стране часть пациентов, уезжающих в зарубежные клиники для лечения альтернативными методами (лазерная абляция, радиочастотная термодеструкция).

А.Г. Меликян (Москва)