

Современные нейрохирургические подходы к терапии структурных эпилепсий

А.Р. Ситников¹, В.А. Скоробогатова², Н.Н. Маслова²

¹ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава РФ, Москва, Россия;

²ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет», Смоленск, Россия

Фармакорезистентная эпилепсия по-прежнему представляет нерешенную проблему современной неврологии. Актуальные нейрохирургические методики позволяют эффективно справиться с ней у ряда пациентов, на протяжении многих лет страдавших медикаментозно некупируемыми приступами. В обзоре рассмотрены современные нейрохирургические подходы в лечении эпилепсии, основные вопросы предоперационной диагностики и показания для нейрохирургического лечения. Представлен клинический случай пациентки, которой была успешно проведена стереотаксическая установка электродов в области передних таламических ядер со значительным клиническим улучшением по результатам динамического наблюдения.

Ключевые слова: эпилепсия, фармакорезистентность, глубокая стимуляция мозга, передние таламические ядра, ответная нейростимуляция.

Адрес для корреспонденции: 125367, Москва, Ивановское ш., д. 3. ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр». E-mail: neuro77@gmail.com. Ситников А.Р.

Для цитирования: Ситников А.Р., Скоробогатова В.А., Маслова Н.Н. Современные нейрохирургические подходы к терапии структурных эпилепсий. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии* 2019; 13(1): 70–77.

DOI: 10.25692/ACEN.2019.1.8

Current neurosurgical approaches to treatment of structural epilepsies

Andrey R. Sitnikov¹, Victoria A. Skorobogatova², Natalia N. Maslova²

¹Federal Center of Treatment and Rehabilitation, Moscow, Russia;

²Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

The drug-resistant epilepsy remains one of the major problems in contemporary neurology. However, the new surgical approaches showed their great efficacy in treatment of patients with intractable seizures. The relevant neurosurgical methods of epilepsy treatment, as well as the issues of preoperative diagnostics and indications for operative treatment are described in this review. We also present a clinical case which demonstrates the successful treatment of patient with drug-resistant epilepsy who underwent stereotaxic implantation of electrodes in the anterior thalamic nuclei followed by significant clinical improvement.

Keywords: epilepsy, pharmacoresistance, deep brain stimulation, anterior thalamic nuclei, responsive neurostimulation.

For correspondence: 125367, Russia, Moscow, Ivankovskoe shosse, 3. Medical Rehabilitation Center. E-mail: neuro77@gmail.com. Sitnikov A.R.

For citation: Sitnikov A.R., Skorobogatova V.A., Maslova N.N. Current neurosurgical approaches to treatment of structural epilepsies. *Annals of clinical and experimental neurology* 2019; 13(1): 70–77. (In Russ.)

DOI: 10.25692/ACEN.2019.1.8

Введение

Структурные эпилепсии могут дебютировать в любом возрасте и объединяют часто встречающиеся и многочисленные эпилептические синдромы. При этом нейровизуализация в нейрохирургической диагностике имеет безусловно основополагающее значение, т.к. позволяет идентифицировать морфологическую аномалию, лежащую в основе патогенеза (опухоль, врожденную аномалию развития, кортикальную атрофию, глиальный рубец). В связи с этим методы нейровизуализации эпилепсии постоянно совершенствуются и помогают выставить диагноз эпилептического синдрома.

Отдельную проблему после установления эпилептического синдрома представляет фармакорезистентность (ФР). Не всегда даже адекватный подбор доз противоэпилептических препаратов (ПЭП) позволяет достичь полного купирования приступов. В то же время хирургические методики лечения эффективны у многих пациентов с ФР-эпилепсией, но до сих пор используются недостаточно широко [1]. J.Jr. Engel и соавт. в ходе анкетирования у 64% пациентов с эпилепсией височной доли, которым было произведено хирургическое вмешательство, зафиксировали полное освобождение от приступов [2]. По данным другого анкетирования, полное освобождение от приступов было зафиксиро-

ровано в 85% случаев [3]. В настоящее время постоянно совершенствуемые нейрохирургические методики входят в стандарт лечения пациентов с ФР-эпилепсиями. При этом ряд авторов отмечают, что хирургическое лечение целесообразно проводить как можно раньше от дебюта эпилепсии для повышения шансов на успешное и раннее восстановление после операции, а также минимизации рисков негативных социальных и психологических последствий [4].

Причины низкой частоты использования нейрохирургического лечения

Главными причинами низкой популярности нейрохирургических методик остаются опасения возникновения осложнений, сомнения в оправданности рисков, а также высокая стоимость. В связи с этим необходимо отметить, что риск инвалидности и смертности от повторяющихся некупирующихся судорог в целом существенно выше, чем от предполагаемого хирургического лечения. Кроме того, стоимость лечения обходится государству дешевле, чем обеспечение пациентов с инвалидностью [5]. Стабильной остается практика отсрочки проведения хирургического лечения, а количество обращений в центры хирургии эпилепсии за последние годы даже несколько снизилось [6]. Это может быть связано с сокращением числа пациентов с медиальной височной эпилепсией, а также с тем, что, например, в США многие пациенты с эпилепсией проходят хирургическое лечение в обычных больницах, где исходы, как правило, менее благоприятны [7, 8].

Растущая роль нейровизуализации в отборе пациентов

Медиальная височная эпилепсия остается основным эпилептическим синдромом, хорошо поддающимся хирургическому лечению. Более скромные результаты демонстрирует хирургическая тактика в случае фокальной кортикальной дисплазии и диффузных кортикальных поражений, ограниченных одним полушарием. Поразительные исходы могут быть достигнуты у пациентов с множественными поражениями, в том числе при туберозном склерозе. Главным прогностическим признаком успешного хирургического лечения является обнаружение на МРТ отдельного структурного поражения в зоне коры, которое может быть безопасно удалено, и которое совпадает с локализацией иктальных ЭЭГ-изменений. Напротив, наличие генерализованных тонико-клонических приступов, нормальная МРТ, экстратемпоральная локализация очагов, снижение интеллекта и коморбидная психиатрическая симптоматика снижают шансы на успешное хирургическое лечение [9].

Предварительная оценка на этапе предоперационных обследований проводится с целью локализовать эпилептогенную зону и определить риск развития неврологического дефицита в результате ее резекции. Оценка включает в себя анализ семиологии приступов, данных ЭЭГ, других нейрофизиологических обследований и данных нейровизуализации. К хирургически удаляемым поражениям головного мозга относят аномалии развития, инфекционные поражения, новообразования, последствия инсульта и травмы, артериовенозные мальформации. Международная противоэпилептическая лига (ILAE) включила МРТ с высоким разрешением и напряженностью 3 Т в протокол обследования пациентов с эпилепсией как основную нейровизуализационную методику. Она обеспечивает лучшую визуализацию поражений, чем МРТ с напряженностью магнитного поля 1,5 Т. Волюметрические T1-взвешенные

градиент-вызванные эхо-изображения (GRE) обеспечивают наиболее четкое разграничение серого и белого вещества, что широко применяется при обнаружении даже незначительных мальформаций кортикального развития [10]. Использование гадолиния в качестве контраста рекомендовано при подозрении на опухоль или инфекцию [11]. Использование таких T2 последовательностей, как GRE и SWI (чувствительно-взвешенные изображения), позволяет визуализировать мелкие геморагические поражения за счет градиентного эхо-сканирования и получения высококонтрастных изображений. Как правило, склероз гиппокампа относится к наиболее часто обнаруживаемым патологиям при медиальной височной эпилепсии и характеризуется гиппокампальной атрофией с гиперинтенсивным T2-сигналом.

Если по результатам МРТ и видеоЭЭГ-мониторинга, а также нейрофизиологических и нейропсихиатрических исследований нельзя с достоверностью определить, затрагивает ли потенциально резецируемая область коры функционально значимые области, ответственные за речь, зрение, чувствительность и моторику, необходимо дополнительно провести функциональную МРТ (фМРТ) и транскраниальную магнитную стимуляцию [12].

В том случае, если все применяемые классические методы диагностики не позволяют с достоверностью определить границы резецируемой области коры, а данные МРТ дискордантны с данными ЭЭГ, применяются радионуклидные методы диагностики: позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ) и однофотонную позитронную эмиссионную компьютерную томографию (ОФЭКТ) [13].

Традиционные и новые методики нейрохирургического лечения эпилепсии

Некоторые виды резекций могут проводиться стандартизованно при наличии хорошо ограниченной эпилептогенной зоны: например, передние височные резекции в случае медиальной височной эпилепсии и гемисферэктомии (или гемисферотомии) при обширных поражениях мозга. Резекции неокортекса определяются близостью резецируемой эпилептогенной зоны к функциональной коре, ответственной за речь и движения. Нейромодулирующие операции включают стимуляцию блуждающего нерва, глубокую стимуляцию мозга и ответную нейростимуляцию. Нейромодулирующие операции, как правило, могут облегчить тяжесть приступов и снизить их частоту, но не всегда позволяют добиться полного освобождения от приступов [14]. К традиционным нейрохирургическим методикам относят резекции различной локализации и каллозотомию.

Резекция височной доли. Самая распространенная передняя височная резекция представляет собой резекцию до 4,5 см неокортекса, измеряемого от височного полюса с целью минимизировать возможный неврологический дефицит, и изолированную резекцию амигдалы, гиппокампа, парагиппокампа и височно-затылочной извилины (поле 37 по Бродману) через височный рог бокового желудочка. Только амигдалогиппокампэктомия была ассоциирована с лучшей памятью после операции, чем сочетанная височная и гиппокампальная резекция [15].

Резекция лобной доли. Резекции лобной доли проводятся в 30% случаев всех вмешательств по поводу эпилепсии. Клиническая ремиссия в течение года наблюдается у 45% па-

циентов, которым была проведена данная операция [16]. Эпилептогенная зона, как правило, выходит за границы аномалий, выявляемых на МРТ, и для определения границ резекции используют интраоперационную электрокортикографию.

Резекция островка. Клиническая ремиссия составляет от 60–75% и 84% – в случае опухолей островковой доли. Резекции островка требуют особо тщательного предоперационного анализа оправданности риска, особенно при резекции в доминантном по речи полушарии [17].

Резекция теменной доли. Теменные приступы неоднородны по клиническим проявлениям, но все они могут проявляться соматосенсорными расстройствами, головокружением, психиатрической симптоматикой и дисфункцией речи. Распространение эпилептогенного очага на лобные доли приводит к гиперкинезам, а его переход на височные доли может проявляться автоматизмами. Частота исходов класса Engel I (полное прекращение приступов) составляет 45–78% в зависимости от зоны фокальных поражений на МРТ [18].

Резекция затылочной доли. Интериктальные спайки в затылочных отведениях регистрируются только в 17% случаев. Резекция клинически успешна: исходов класса Engel I удается добиться в 65% случаев. Однако отдельно стоит учитывать высокий риск повреждения зрительной коры [19, 20].

Каллозотомия. Каллозотомия – паллиативная операция для пациентов с генерализованной формой эпилепсии диффузного билатерального или унилатерального происхождения со стремительной генерализацией. Выделяют модификации данной операции: переднюю, заднюю и тотальную каллозотомию [21]. Первоначально осуществляют переднюю каллозотомию, в случае ее неэффективности впоследствии проводится тотальная модификация. Задняя каллозотомия – наиболее щадящая и сохраняет связи между лобными долями [22]. Метаанализ показал снижение частоты приступов на 59% после передней каллозотомии в сравнении с 88% после тотальной операции [23].

К одной из новых перспективных методик можно отнести стереотаксическую радиохирургию. Число клинических исходов класса Engel I при использовании данной методики может достигать 86% [24]. К побочным эффектам после операции можно отнести головные боли и отек мозга, возможны транзиторное повышение частоты фокальных приступов в первые месяцы после операции, а также радионекроз [25]. В настоящее время стереотаксическая радиохирургия используется не так широко, но в перспективе могут рассматриваться каллозотомия и удаление гипоталамической гамартотомы с применением гамма-ножа.

К другой современной методике лечения эпилепсии можно отнести лазерно-индуцированную термотерапию (лазерную термокоагуляцию) под контролем МРТ. Лазерная термокоагуляция позволяет производить фокальную абляцию диаметром 5–20 мм. Нагрев лазера отслеживается в реальном времени с помощью МРТ-термографии, что обеспечивает исключительно высокий контроль зоны абляции. При использовании стереоэлектронцефалографических электродов траектория действия лазера должна быть нацелена на максимальную абляцию гиппокампа и амигдалы. При этом важно не затронуть боковой желудочек и сосуды мозга. Компьютеризированные технологии позволяют

увеличить объем абляции и снизить риск нежелательных осложнений [26, 27]. При целенаправленном сравнении лазерно-индуцированной термотерапии под контролем МРТ дала результаты, сравнимые с традиционными нейрохирургическими методиками. При этом когнитивные исходы при лазерно-индуцированной термотерапии более благоприятны, она может проводиться неоднократно и не препятствует дальнейшему нейрохирургическому лечению в случае недостаточной клинической эффективности. Таким образом, лазерная термокоагуляция гиппокампа и амигдалы может рассматриваться как терапия первой линии при медиальной височной эпилепсии [27].

Для стереотаксических вмешательств в лечении фармако-резистентной эпилепсии описаны несколько целей, включая медиальные отделы височных долей, хвостатое ядро, мозжечок, центропромежуточные ядра таламуса, субталамические ядра и передние таламические ядра [28, 29].

Из вышеперечисленных целей вмешательства на переднем таламическом ядре продемонстрировали наибольшую эффективность в подавлении приступов при фармако-резистентной эпилепсии. В большинстве исследований отмечено эффективное подавление частоты приступов при использовании высокочастотной стимуляции в циклическом режиме [30, 31]. Передние таламические ядра являются частью круга Пейпеца, проецируются в основном на поясные извилины, гиппокамп и медиобазальные отделы лобных долей, получая афферентные влияния из маммиллярных тел. Через эти связи передние таламические ядра способны оказывать влияние на основные лимбические структуры, включая энторинальную кору и гиппокамп. В настоящее время стимуляция переднего таламического ядра одобрена FDA как метод лечения фармако-резистентной эпилепсии.

Клинический случай

Пациентка С., 39 лет, госпитализирована с жалобами на периодические непровоцируемые судорожные приступы, сопровождающиеся потерей сознания и самопроизвольным мочеиспусканием. Первый приступ развился в возрасте 18 лет, с нарастанием частоты приступов до 4 раз в сутки и последующим снижением до 1 в месяц на фоне приема ламиктала 300 мг/сут и финлепсин-ретарда 1200 мг/сут. При поступлении состояние пациентки удовлетворительное. Неврологический осмотр до оперативного вмешательства выявил умеренное снижение интеллектуально-мнестических функций без очаговых неврологических симптомов. МРТ головного мозга не выявила условно-эпилептогенных поражений.

По данным продленного ЭЭГ-видеомониторинга при поступлении, выявлены выраженные изменения ЭЭГ регуляторного характера. Во время исследования в правой и левой лобно-височных областях зарегистрирована эпилептическая активность высокого индекса пароксизмальности (рис. 1).

21.09.2016 пациентке выполнена стереотаксическая установка внутримозговых электродов в передние таламические ядра (ANT) с двух сторон с интраоперационным микроэлектродным анализом. Комиссуральные координаты переднего таламического ядра слева AC – PC 2.0 (ant), Lat 5.5, Vert. 11.4 (sup.), длина ядра слева, по данным микроэлектродного анализа, составила 2,5 мм. Комиссуральные

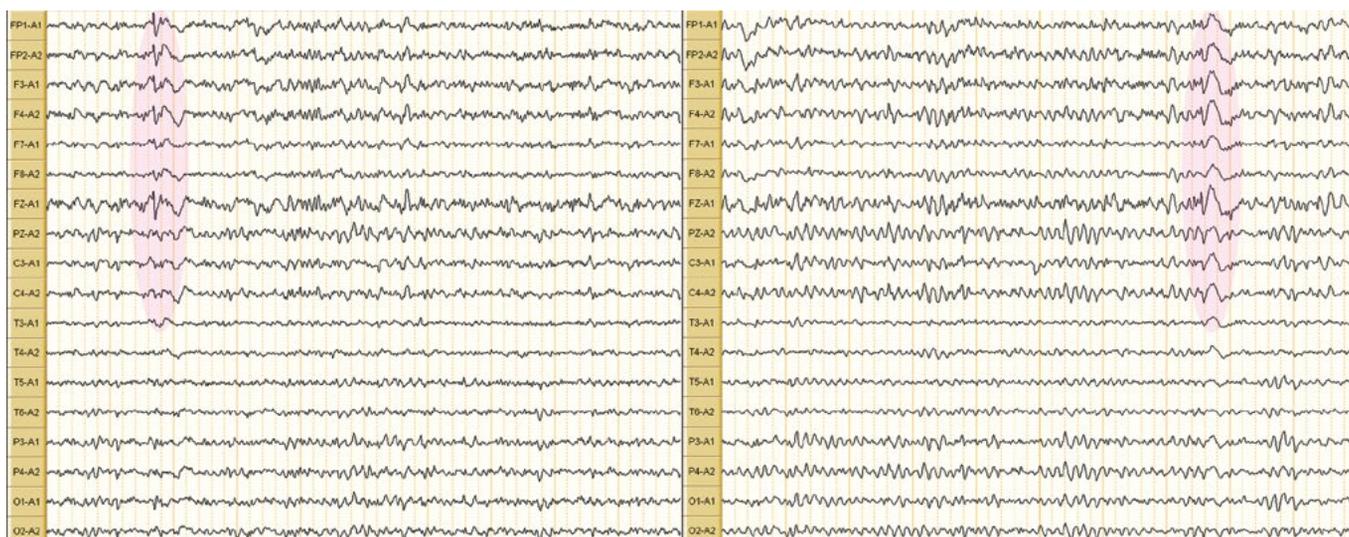


Рис. 1. Фрагменты ЭЭГ пациентки С. до стимуляции.

Регистрируются разряды пик–волна с преобладанием высокого индекса пароксизмальности в левой лобно-центральной области и в правой лобно-центральной области (выделено цветом)

Fig. 1. EEG of patient C. before stimulation.

Spike-wave discharges are seen in left frontocentral and right frontocentral regions (emphasized in color)

координаты ANT справа: AC – PC 1.3 (ant), Lat 4.9, Vert. 13.1 (sup), длина ядра справа – 2,7 мм. Послеоперационное исследование МРТ подтвердило расположение имплантированных электродов в пределах заданных стереотаксических целей с обеих сторон (рис. 2), после чего пациентке был имплантирован постоянный генератор импульсов.

Послеоперационный период протекал без осложнений. На 2-е сутки после операции проведено включение генератора импульсов, подобраны следующие параметры постоянной биполярной стимуляции: –1+Stim/–9+Stim с частотой 112 Гц, шириной импульса 60 мс и силой тока 3,5 мА.

При продленном ЭЭГ-видеомониторинге в раннем послеоперационном периоде зарегистрирована положительная динамика в виде отсутствия серийных разрядов острая-острая-медленная волна (рис. 3).

Катамнез на протяжении 2 лет подтвердил отсутствие приступов в послеоперационном периоде (Engel 1), пациентка находится на терапии ламикталом 100 мг/сут и кепрой 1000 мг/сут с постепенным снижением дозировок препаратов. В интеллектуально-мнестическом статусе отмечено улучшение памяти, мотивации и скорости мыслительных реакций.

Ответная нейростимуляция при эпилепсии представляет собой использование имплантируемого в головной мозг устройства, которое посылает электрические импульсы в ответ на регистрацию начинающихся судорог. В настоящее время ответная нейростимуляция рассматривается как эффективный и безопасный метод лечения ФР-эпилепсии у лиц старше 18 лет, но все еще не одобрена для лечения детей с эпилепсией, плохо отвечающих на консервативную терапию [32]. Проблема в том, что применение ответной нейростимуляции у детей имеет множество ограничений. Так, нейростимулятор обычно имплантируется посредством проведения краниоэктомии, что делает использование данного метода лечения невозможным у детей с незавершенным формированием костей черепа [33]. С другой

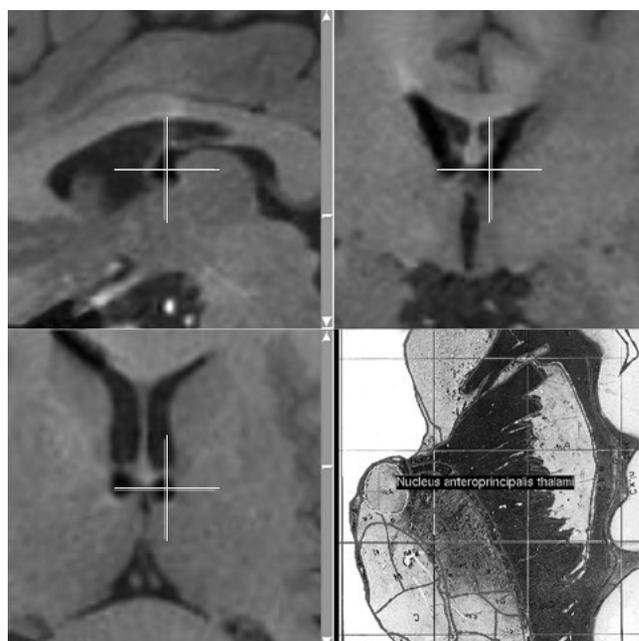


Рис. 2. Послеоперационное МРТ пациентки С.

Послеоперационное МРТ головного мозга демонстрирует расположение стимулирующих электродов в передних таламических ядрах и совмещено с данными стереотаксического атласа Schaltenbrand and Wahren

Fig. 2. Postoperative MRI of patient C.

Postoperative MRI shows the position of stimulating electrodes in anterior thalamic nuclei. MR image is combined with data from Schaltenbrand and Wahren stereotaxic atlas

точки зрения, учитывая пластичность детского мозга, можно предполагать, что именно он наиболее чувствителен к адаптивным изменениям в работе нейросетей в ответ на прямую электрическую стимуляцию. Это подчеркивает необходимость дальнейшего изучения применения ответной нейростимуляции в целом и особенно у детей [34].

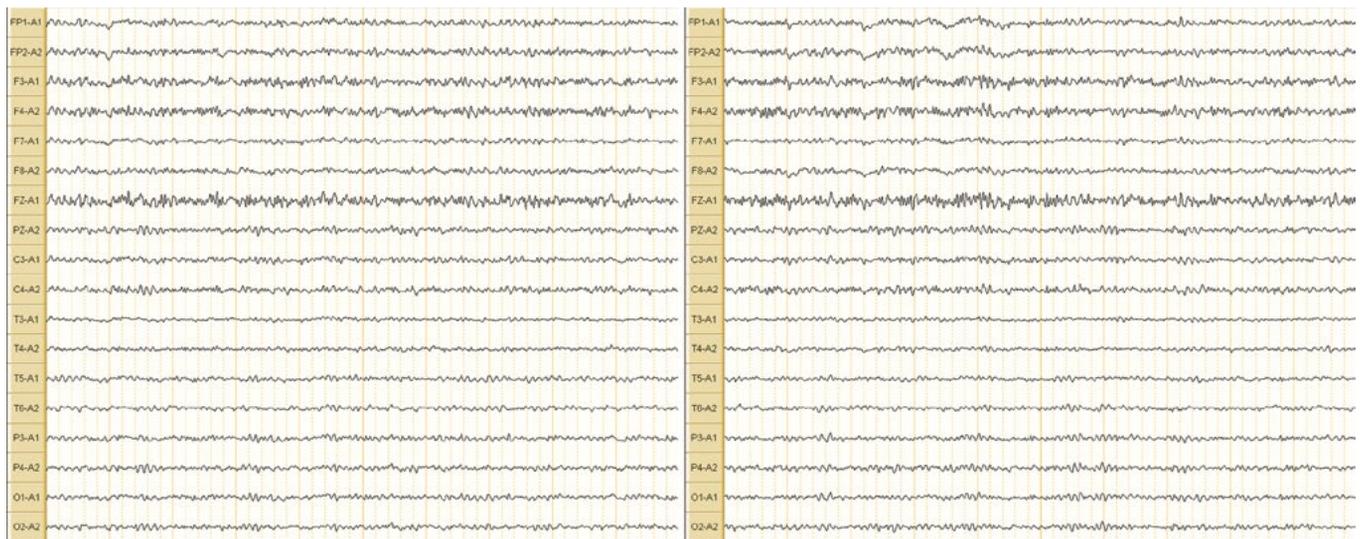


Рис. 3. ЭЭГ-мониторинг пациентки С. после стимуляции. Фрагменты ЭЭГ-мониторинга через 20 мес после начала стимуляции, демонстрирующие отсутствие разрядной активности на фоне стабилизации параметров биоэлектрической активности мозга

Fig. 3. EEG-monitoring of patient C. after stimulation. EEG-monitoring 20 months after beginning of stimulation clearly demonstrates absence of paroxysmal activity and stabilization of the brain electrical activity

Нейропсихологическая оценка и хирургическое лечение эпилепсии

Когнитивный дефицит при эпилепсии может развиваться вследствие структурной патологии мозга, продолжительных судорог, интериктальных разрядов, приема ПЭП, а также при наличии коморбидной психиатрической симптоматики [35, 36].

Методы нейропсихологической оценки входят в перечень обследования пациентов перед операцией, т.к. помогают более четко определить место дисфункции. Однако компенсаторные механизмы могут проявляться в противоречивых выводах. Например, структурная эпилепсия с дебютом в раннем детском возрасте может быть причиной того, что за речь будет отвечать изначально недоминантное полушарие (миграция функций вследствие нейрональной пластичности), вследствие чего будут подавляться невербальные функции контрлатерального полушария [37]. фМРТ и нейропсихологические тесты помогают оценить функцию контрлатерального полушария.

Послеоперационные результаты и определяющие их факторы

Несмотря на то, что стабилизация состояния и остановка приступов является приоритетной задачей, нельзя забывать о том, что любое хирургическое вмешательство несет определенный риск когнитивного снижения. Однако длительный прием ПЭП также может приводить к ухудшению когнитивных функций. К факторам, определяющим когнитивный исход после операции, относятся: вид, объем и локализация хирургического вмешательства, селективность проведенной манипуляции при отделении эпилептогенной зоны от функциональной коры (возможные осложнения и коллатеральные повреждения), уровень функциональной пластичности (возраст и пол пациента), индивидуальные компенсаторные возможности мозга (функциональная целостность оставшихся после резекции и гомологичных

контрлатеральных структур), послеоперационный контроль эпилептической активности, качественные и количественные изменения в режиме приема ПЭП [38]. Коллатеральные повреждения и возможные осложнения при «классических» резекциях, очевидно, оказывают негативный эффект на когнитивные функции. Поэтому при нейропсихологической оценке на первое место выходят более селективные и «щадящие» методики, такие как стереотаксическая термокоагуляция.

Резекция дисфункциональной ткани мозга, как правило, сопряжена с низким риском, тогда как резекция функциональных тканей несет в себе высокий риск ухудшения когнитивных функций. Основным методом диагностики при прогнозировании когнитивного дефицита, в частности, снижения кратковременной памяти после передней височной резекции, является фМРТ. Ключевую роль для сохранения памяти при резекции играет сохранение заднего гиппокампа, поэтому билатеральный гиппокампальный склероз, выявляемый на МРТ, повышает факторы риска когнитивного дефицита для такого пациента. Другие факторы, ассоциируемые с неблагоприятным когнитивным исходом, включают отсутствие морфологических изменений на МРТ и неизмененный нейропсихологический профиль пациента до оперативного вмешательства [39].

Заключение

ФР-эпилепсия по-прежнему представляет существенную проблему современной клинической неврологии. Одними из основных способов ее терапии являются постоянно совершенствуемые нейрохирургические методики. Спектр нейрохирургических вмешательств чрезвычайно широк, но у каждого из способов есть свои достоинства и ограничения. Так, традиционные резекции доли мозга более эффективны, чем современные нейромодулирующие операции, но в то же время являются более радикальным вмешательством, сопряженным с высоким риском остаточного неврологического дефицита. Нейромодулирующие операции

(глубокая стимуляция мозга, стимуляция блуждающего нерва, ответная нейростимуляция) и современные модифицирующие нейрхирургические операции (стереотаксическая радиохирургия, лазерная термокоагуляция) более безопасны и могут использоваться при лечении ФР-эпилепсии как терапия первой линии, так и самостоятельно в случае высокой клинической эффективности. Критерием ожидаемой успешности и оправданности любого нейрохирургического вмешательства до сих пор являются морфологические аномалии, выявляемые на МРТ. Для каждого пациента риск и потенциальную выгоду от проведения операции необходимо оценивать индивидуально, исходя из всего комплекса данных: анализа семиологии приступов, нейрофизиологических и нейровизуализационных исследований, возраста пациента и его функциональных резервных возможностей.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare there is no conflict of interest.

Список литературы

- Engel J.Jr. What can we do for people with drug-resistant epilepsy. The 2016 Wartenberg Lecture. *Neurology* 2016; 87: 2483–2489. DOI: 10.1212/WNL.0000000000003407. PMID: 27920283.
- Engel J.Jr., Wiebe S., French J. et al. Practice parameter: temporal lobe and localized neocortical resections for epilepsy: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology, in association with the American Epilepsy Society and the American Association of Neurology. *Neurology* 2003; 60: 538–547. PMID: 12601090.
- Engel J.Jr, McDermott M.P., Wiebe S. et al. Early surgical therapy for drug-resistant temporal lobe epilepsy. *JAMA* 2012; 307: 922–930. DOI: 10.1001/jama.2012.220. PMID: 22396514.
- Berg A.T., Langfitt J., Shinnar S. et al. How long does it take for partial epilepsy to become intractable? *Neurology* 2003; 60: 186–190. PMID: 12552028.
- Picot M.C., Jausse A., Neveu D. et al. Cost-effectiveness analysis of epilepsy surgery in a controlled cohort of adult patients with intractable partial epilepsy: a 5-year follow-up study. *Epilepsia* 2016; 57: 1669–1679. DOI: 10.1111/epi.13492. PMID: 27595433.
- Englot D.J., Ouyang D., Garcia P.A. et al. Epilepsy surgery trends in the United States, 1990–2008. *Neurology* 2012; 78:1200–1206. DOI: 10.1212/WNL.0b013e318250d7ea. PMID: 22442428.
- Choi H., Carlino R., Heiman G. et al. Evaluation of duration of epilepsy prior to temporal lobe epilepsy surgery during the past two decades. *Epilepsy Res* 2009; 86: 224–227. DOI: 10.1016/j.epilepsyres.2009.05.014. PMID: 19581072.
- Haneef Z., Stern J., Dewar S., Engel J.Jr. Referral pattern for epilepsy surgery after evidence-based recommendations: a retrospective study. *Neurology* 2010; 75: 699–704. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3181ee457. PMID: 20733145.
- Bell G.S., de Tisi J., Gonzalez-Fraile J.C. et al. Factors affecting seizure outcome after epilepsy surgery: an observational series. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2017; 88: 933–940. DOI: 10.1136/jnnp-2017-316211. PMID: 28870986.
- Woermann F.G., Barker G.J., Birnie K.D. et al. Regional changes in hippocampal T2 relaxation and volume: a quantitative magnetic resonance imaging study of hippocampal sclerosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998; 65: 656–664. PMID: 9810933.
- Friedman E. Epilepsy imaging in adults: getting it right. *AJR Am J Roentgenol* 2014; 203: 1093–1103. DOI: 10.2214/AJR.13.12035. PMID: 25341150.
- Bauer P.R., Reitsma J.B., Houweling B.M. et al. Can fMRI safely replace the Wada test for preoperative assessment of language lateralisation? A meta-analysis and systematic review. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2014; 85: 581–588. DOI: 10.1136/jnnp-2013-305659. PMID: 23986313.
- Paldino M.J., Yang E., Jones J.Y. et al. Comparison of the diagnostic accuracy of PET/MRI to PET/CT-acquired FDG brain exams for seizure focus detection: a prospective study. *Pediatr Radiol* 2017; 47: 1500–1507. DOI: 10.1007/s00247-017-3888-8. PMID: 28512714.
- Duncan J.S., Hamani C. Stimulating the brain for epilepsy. *Neurology* 2015; 84: 768–769. DOI: 10.1212/WNL.0000000000001297. PMID: 25616484.
- Helmstaedter P., Richter S., Röske S. et al. Differential effects of temporal pole resection with amygdalohippocampectomy versus selective amygdalohippocampectomy on material-specific memory in patients with mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsia* 2008; 49:88–97. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2007.01386.x. PMID: 17941848.
- Englot D.J., Wang D.D., Rolston J.D. et al. Rates and predictors of long-term seizure freedom after frontal lobe epilepsy surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg* 2012; 116: 1042–1048. DOI: 10.3171/2012.1.JNS111620. PMID: 22304450.
- Laoprasert P., Ojemann J.G., Handler M.H. Insular epilepsy surgery. *Epilepsia* 2017; 58(suppl 1): 35–45. DOI: 10.1111/epi.13682. PMID: 28386920.
- Asadollahi M., Sperling M.R., Rabiei A.H., Asadi-Pooya A.A. Drug-resistant parietal lobe epilepsy: clinical manifestations and surgery outcome. *Epileptic Disord* 2017; 19: 35–39. DOI: 10.1684/epd.2017.0893. PMID: 28256447.
- Salanova V., Andermann F., Olivier A. et al. Occipital lobe epilepsy: electroclinical manifestations, electrocorticography, cortical stimulation and outcome in 42 patients treated between 1930 and 1991. Surgery of occipital lobe epilepsy. *Brain* 1992; 115(Pt 6): 1655–1680. PMID: 1486456.
- Harward S.C., Chen W.C., Rolston J.D. et al. Seizure outcomes in occipital lobe and posterior quadrant epilepsy surgery: a systematic review and meta-analysis.

References

- Engel J.Jr. What can we do for people with drug-resistant epilepsy. The 2016 Wartenberg Lecture. *Neurology* 2016; 87: 2483–2489. DOI: 10.1212/WNL.0000000000003407. PMID: 27920283.
- Engel J.Jr., Wiebe S., French J. et al. Practice parameter: temporal lobe and localized neocortical resections for epilepsy: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology, in association with the American Epilepsy Society and the American Association of Neurology. *Neurology* 2003; 60: 538–547. PMID: 12601090.
- Engel J.Jr, McDermott M.P., Wiebe S. et al. Early surgical therapy for drug-resistant temporal lobe epilepsy. *JAMA* 2012; 307: 922–930. DOI: 10.1001/jama.2012.220. PMID: 22396514.
- Berg A.T., Langfitt J., Shinnar S. et al. How long does it take for partial epilepsy to become intractable? *Neurology* 2003; 60: 186–190. PMID: 12552028.
- Picot M.C., Jausse A., Neveu D. et al. Cost-effectiveness analysis of epilepsy surgery in a controlled cohort of adult patients with intractable partial epilepsy: a 5-year follow-up study. *Epilepsia* 2016; 57: 1669–1679. DOI: 10.1111/epi.13492. PMID: 27595433.
- Englot D.J., Ouyang D., Garcia P.A. et al. Epilepsy surgery trends in the United States, 1990–2008. *Neurology* 2012; 78:1200–1206. DOI: 10.1212/WNL.0b013e318250d7ea. PMID: 22442428.
- Choi H., Carlino R., Heiman G. et al. Evaluation of duration of epilepsy prior to temporal lobe epilepsy surgery during the past two decades. *Epilepsy Res* 2009; 86: 224–227. DOI: 10.1016/j.epilepsyres.2009.05.014. PMID: 19581072.
- Haneef Z., Stern J., Dewar S., Engel J.Jr. Referral pattern for epilepsy surgery after evidence-based recommendations: a retrospective study. *Neurology* 2010; 75: 699–704. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3181ee457. PMID: 20733145.
- Bell G.S., de Tisi J., Gonzalez-Fraile J.C. et al. Factors affecting seizure outcome after epilepsy surgery: an observational series. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2017; 88: 933–940. DOI: 10.1136/jnnp-2017-316211. PMID: 28870986.
- Woermann F.G., Barker G.J., Birnie K.D. et al. Regional changes in hippocampal T2 relaxation and volume: a quantitative magnetic resonance imaging study of hippocampal sclerosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998; 65: 656–664. PMID: 9810933.
- Friedman E. Epilepsy imaging in adults: getting it right. *AJR Am J Roentgenol* 2014; 203: 1093–1103. DOI: 10.2214/AJR.13.12035. PMID: 25341150.
- Bauer P.R., Reitsma J.B., Houweling B.M. et al. Can fMRI safely replace the Wada test for preoperative assessment of language lateralisation? A meta-analysis and systematic review. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2014; 85: 581–588. DOI: 10.1136/jnnp-2013-305659. PMID: 23986313.
- Paldino M.J., Yang E., Jones J.Y. et al. Comparison of the diagnostic accuracy of PET/MRI to PET/CT-acquired FDG brain exams for seizure focus detection: a prospective study. *Pediatr Radiol* 2017; 47: 1500–1507. DOI: 10.1007/s00247-017-3888-8. PMID: 28512714.
- Duncan J.S., Hamani C. Stimulating the brain for epilepsy. *Neurology* 2015; 84: 768–769. DOI: 10.1212/WNL.0000000000001297. PMID: 25616484.
- Helmstaedter P., Richter S., Röske S. et al. Differential effects of temporal pole resection with amygdalohippocampectomy versus selective amygdalohippocampectomy on material-specific memory in patients with mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsia* 2008; 49:88–97. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2007.01386.x. PMID: 17941848.
- Englot D.J., Wang D.D., Rolston J.D. et al. Rates and predictors of long-term seizure freedom after frontal lobe epilepsy surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg* 2012; 116: 1042–1048. DOI: 10.3171/2012.1.JNS111620. PMID: 22304450.
- Laoprasert P., Ojemann J.G., Handler M.H. Insular epilepsy surgery. *Epilepsia* 2017; 58(suppl 1): 35–45. DOI: 10.1111/epi.13682. PMID: 28386920.
- Asadollahi M., Sperling M.R., Rabiei A.H., Asadi-Pooya A.A. Drug-resistant parietal lobe epilepsy: clinical manifestations and surgery outcome. *Epileptic Disord* 2017; 19: 35–39. DOI: 10.1684/epd.2017.0893. PMID: 28256447.
- Salanova V., Andermann F., Olivier A. et al. Occipital lobe epilepsy: electroclinical manifestations, electrocorticography, cortical stimulation and outcome in 42 patients treated between 1930 and 1991. Surgery of occipital lobe epilepsy. *Brain* 1992; 115(Pt 6): 1655–1680. PMID: 1486456.
- Harward S.C., Chen W.C., Rolston J.D. et al. Seizure outcomes in occipital lobe and posterior quadrant epilepsy surgery: a systematic review and meta-analysis.

lysis. *Neurosurgery* 2018; 82: 350–358. DOI: 10.1093/neuros/nyx158. PMID: 28419330.

21. Graham D., Tisdall M.M., Gill D. Corpus callosotomy outcomes in pediatric patients: a systematic review. *Epilepsia* 2016; 57: 1053–1068. DOI: 10.1111/epi.13408. PMID: 27237542.

22. Paglioli E., Martins W.A., Azambuja N. et al. Selective posterior callosotomy for drop attacks: a new approach sparing prefrontal connectivity. *Neurology* 2016 ;87: 1968–1974. DOI: 10.1212/WNL.0000000000003307. PMID: 27733569.

23. Feng E.S., Sui C.B., Wang T.X., Sun G.L. Stereotactic radiosurgery for the treatment of mesial temporal lobe epilepsy. *Acta Neurol Scand* 2016; 134: 442–451. DOI: 10.1111/ane.12562. PMID: 26846702.

24. Usami K., Kawai K., Koga T. et al. Delayed complication after Gamma Knife surgery for mesial temporal lobe epilepsy. *J Neurosurg* 2012; 116: 1221–1225. DOI: 10.3171/2012.2.JNS111296. PMID: 22443500.

25. Wu C., Boorman D.W., Gorniak R.J. et al. The effects of anatomic variations on stereotactic laser amygdalohippocampotomy and a proposed protocol for trajectory planning. *Neurosurgery* 2015; 11(suppl 2): 345–347. doi: 10.1227/NEU.0000000000000767. PMID: 25850599.

26. Vakharia V.N., Sparks R., Kuo L. et al. Automated trajectory planning for laser interstitial thermal therapy in mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsia* 2018; 59: 814–824. DOI: 10.1111/epi.14034. PMID: 29528488.

27. Drane D.L., Loring D.W., Voets N.L. et al. Better object recognition and naming outcome with MRI-guided stereotactic laser amygdalohippocampotomy for temporal lobe epilepsy. *Epilepsia* 2015; 56:101–113. DOI: 10.1111/epi.12860. PMID: 25489630.

28. Benabid A.L., Koudsie A., Benazzouz A. et al. Deep brain stimulation of the corpus Luysi (subthalamic nucleus) and other targets in Parkinson's disease. Extension to new indications such as dystonia and epilepsy. *J Neurol* 2001; 248(Suppl 3) : 37–47. PMID: 11697687.

29. Kerrigan J.F., Litt B., Fisher R.S. et al. Electrical stimulation of the anterior nucleus of the thalamus for the treatment of intractable epilepsy. *Epilepsia* 2004 ; 45: 346–354. DOI: 10.1111/j.0013-9580.2004.01304.x. PMID: 15030497.

30. Lehtimäki K., Möttönen T., Järventausta K. et al. Outcome based definition of the anterior thalamic deep brain stimulation target in refractory epilepsy. *Brain Stimul* 2016 ; 9 : 268–275. DOI: 10.1016/j.brs.2015.09.014. PMID: 26680105.

31. Ситников А.Р., Григорян Ю.А., Мишнякова Л.П. Стимуляция передних таламических ядер с интраоперационным микроэлектродным анализом в лечении фармакорезистентной эпилепсии. *Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова* 2015; VII(4): 64–72.

32. Singhal N.S., Numis A.L., Lee M.B. et al. Responsive neurostimulation for treatment of pediatric drug-resistant epilepsy. *Epilepsy Behav Case Rep* 2018; 10: 21–24. DOI: 10.1016/j.ebcr.2018.02.002. PMID: 30013930.

33. Morrell M.J., RNS System in Epilepsy Study Group. Responsive cortical stimulation for the treatment of medically intractable partial epilepsy. *Neurology* 2011; 77: 1295–1304. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3182302056. PMID: 21917777.

34. Bergey G.K., Morrell M.J., Mizrahi E.M. et al. Long-term treatment with responsive brain stimulation in adults with refractory partial seizures. *Neurology* 2015; 84: 810–817. DOI: 10.1212/WNL.0000000000001280. PMID: 25616485.

35. Gill S.J., Lukmanji S., Fiest K.M. et al. Depression screening tools in persons with epilepsy : a systematic review of validated tools. *Epilepsia* 2017; 58: 695–705. DOI: 10.1111/epi.13651. PMID: 28064446.

36. Helmstaedter C., Van Roost D., Clusmann H. et al. Collateral brain damage, a potential source of cognitive impairment after selective surgery for control of mesial temporal lobe epilepsy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004; 75: 323–326. PMID: 14742620.

37. Sidhu M.K., Stretton J., Winston G.P. et al. Memory fMRI predicts verbal memory decline after anterior temporal lobe resection. *Neurology* 2015; 84: 1512–1519. DOI: 10.1212/WNL.0000000000001461. PMID: 25770199.

38. Bonelli S.B., Thompson P.J., Yogarajah M. et al. Memory reorganization following anterior temporal lobe resection: a longitudinal functional MRI study. *Brain* 2013; 136(pt 6): 1889–1900. DOI: 10.1093/brain/awt105. PMID: 23715092.

39. Hoppe C., Helmstaedter C. Sensitive and specific neuropsychological assessments of the behavioral effects of epilepsy and its treatment are essential. *Epilepsia* 2010; 51: 2365–2366. PMID: 21192325.

Поступила 27.08.2018
Принята в печать 13.12.2018

lysis. *Neurosurgery* 2018; 82: 350–358. DOI: 10.1093/neuros/nyx158. PMID: 28419330.

21. Graham D., Tisdall M.M., Gill D. Corpus callosotomy outcomes in pediatric patients: a systematic review. *Epilepsia* 2016; 57: 1053–1068. DOI: 10.1111/epi.13408. PMID: 27237542.

22. Paglioli E., Martins W.A., Azambuja N. et al. Selective posterior callosotomy for drop attacks: a new approach sparing prefrontal connectivity. *Neurology* 2016 ;87: 1968–1974. DOI: 10.1212/WNL.0000000000003307. PMID: 27733569.

23. Feng E.S., Sui C.B., Wang T.X., Sun G.L. Stereotactic radiosurgery for the treatment of mesial temporal lobe epilepsy. *Acta Neurol Scand* 2016; 134: 442–451. DOI: 10.1111/ane.12562. PMID: 26846702.

24. Usami K., Kawai K., Koga T. et al. Delayed complication after Gamma Knife surgery for mesial temporal lobe epilepsy. *J Neurosurg* 2012; 116: 1221–1225. DOI: 10.3171/2012.2.JNS111296. PMID: 22443500.

25. Wu C., Boorman D.W., Gorniak R.J. et al. The effects of anatomic variations on stereotactic laser amygdalohippocampotomy and a proposed protocol for trajectory planning. *Neurosurgery* 2015; 11(suppl 2): 345–347. doi: 10.1227/NEU.0000000000000767. PMID: 25850599.

26. Vakharia V.N., Sparks R., Kuo L. et al. Automated trajectory planning for laser interstitial thermal therapy in mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsia* 2018; 59: 814–824. DOI: 10.1111/epi.14034. PMID: 29528488.

27. Drane D.L., Loring D.W., Voets N.L. et al. Better object recognition and naming outcome with MRI-guided stereotactic laser amygdalohippocampotomy for temporal lobe epilepsy. *Epilepsia* 2015; 56:101–113. DOI: 10.1111/epi.12860. PMID: 25489630.

28. Benabid A.L., Koudsie A., Benazzouz A. et al. Deep brain stimulation of the corpus Luysi (subthalamic nucleus) and other targets in Parkinson's disease. Extension to new indications such as dystonia and epilepsy. *J Neurol* 2001; 248(Suppl 3) : 37–47. PMID: 11697687.

29. Kerrigan J.F., Litt B., Fisher R.S. et al. Electrical stimulation of the anterior nucleus of the thalamus for the treatment of intractable epilepsy. *Epilepsia* 2004 ; 45: 346–354. DOI: 10.1111/j.0013-9580.2004.01304.x. PMID: 15030497.

30. Lehtimäki K., Möttönen T., Järventausta K. et al. Outcome based definition of the anterior thalamic deep brain stimulation target in refractory epilepsy. *Brain Stimul* 2016 ; 9 : 268–275. DOI: 10.1016/j.brs.2015.09.014. PMID: 26680105.

31. Sitnikov A.R., Grigoryan Yu.A., Mishnyakova L.P. [Stimulation of anterior thalamic nuclei with intra-operative microelectrode recording for treatment of drug-resistant epilepsy. *Russian neurosurgical journal named after professor Polenov* 2015 ; 7(4): 64–72. (In Russ.)

32. Singhal N.S., Numis A.L., Lee M.B. et al. Responsive neurostimulation for treatment of pediatric drug-resistant epilepsy. *Epilepsy Behav Case Rep* 2018; 10: 21–24. DOI: 10.1016/j.ebcr.2018.02.002. PMID: 30013930.

33. Morrell M.J., RNS System in Epilepsy Study Group. Responsive cortical stimulation for the treatment of medically intractable partial epilepsy. *Neurology* 2011; 77: 1295–1304. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3182302056. PMID: 21917777.

34. Bergey G.K., Morrell M.J., Mizrahi E.M. et al. Long-term treatment with responsive brain stimulation in adults with refractory partial seizures. *Neurology* 2015; 84: 810–817. DOI: 10.1212/WNL.0000000000001280. PMID: 25616485.

35. Gill S.J., Lukmanji S., Fiest K.M. et al. Depression screening tools in persons with epilepsy : a systematic review of validated tools. *Epilepsia* 2017; 58: 695–705. DOI: 10.1111/epi.13651. PMID: 28064446.

36. Helmstaedter C., Van Roost D., Clusmann H. et al. Collateral brain damage, a potential source of cognitive impairment after selective surgery for control of mesial temporal lobe epilepsy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004; 75: 323–326. PMID: 14742620.

37. Sidhu M.K., Stretton J., Winston G.P. et al. Memory fMRI predicts verbal memory decline after anterior temporal lobe resection. *Neurology* 2015; 84: 1512–1519. DOI: 10.1212/WNL.0000000000001461. PMID: 25770199.

38. Bonelli S.B., Thompson P.J., Yogarajah M. et al. Memory reorganization following anterior temporal lobe resection: a longitudinal functional MRI study. *Brain* 2013; 136(pt 6): 1889–1900. DOI: 10.1093/brain/awt105. PMID: 23715092.

39. Hoppe C., Helmstaedter C. Sensitive and specific neuropsychological assessments of the behavioral effects of epilepsy and its treatment are essential. *Epilepsia* 2010; 51: 2365–2366. PMID: 21192325.

Received 27.08.2018
Accepted 13.12.2018

Информация об авторах: Ситников Андрей Ростиславович — к.м.н., зав. отд. нейрохирургии Федерального центра нейрохирургии боли, ультразвуковой и лазерной нейрохирургии на базе ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава РФ, Москва, Россия;

Скоробогатова Виктория Анатольевна — студ. 6-го курса лечебного факультета ФГБОУ ВО СГМУ, Смоленск, Россия;

Маслова Наталья Николаевна — д.м.н., проф., зав. каф. неврологии и нейрохирургии ФГБОУ ВО СГМУ, Смоленск, Россия

Information about the authors: Andrey R. Sitnikov, PhD (Med.), Head of Neurosurgery Department, Medical Rehabilitation Center of Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia;

Victoria A. Skorobogatova, medical undergraduate, Faculty of general medicine, Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia;

Maslova Natalia N. Maslova, D. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of neurology and neurosurgery, Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia