

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

ЭПИЛЕПСИЯ и пароксизмальные состояния

2018 Том 10 №4



EPILEPSY AND PAROXYZMAL CONDITIONS

2018 Vol. 10 №4

www.epilepsia.su

Включен в перечень ведущих
рецензируемых журналов и изданий ВАК

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта www.epilepsia.su. Не предназначено для использования в коммерческих целях. Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел.: +7 (495) 646-94-95, эл. почта: info@irbis-1.ru. Copyright © 2018 Издательство ИРБИС. Все права охраняются.

Диагностика фармакорезистентной инсулярной эпилепсии

Хачатрян Р. Г.¹, Ибатова Г. С.², Алексеева Т. М.¹, Хачатрян В. А.¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ул. Акkuratова, д. 2, Санкт-Петербург 197341, Россия)

² Акционерное общество «Национальный центр Нейрохирургии»
(проспект Туран, д. 34/1, г. Астана 010000, Республика Казахстан)

Для контактов: Хачатрян Роза Гургеновна, e-mail: Khachatryan.roza1992@gmail.com.

Резюме

Больные височной эпилепсией считаются фармакорезистентными в 30% случаев. Хирургическое лечение является наиболее оптимальным методом лечения фармакорезистентной височной эпилепсии. Наличие экстратемпорального эпилептического фокуса в островковой доле после резекции височной доли у пациентов с височной эпилепсией составляет до 20% случаев хирургических неудач. Из-за своей локализации анатомические особенности строения островка, как и концепция инсулярной эпилепсии, являются малоизученными, однако ясно, что припадки, развивающиеся из коры островковой доли, могут подражать пароксизмам, возникающим от височной доли. При вовлечении островковой доли в эпилептический процесс дополнительная резекция инсулярной коры улучшает исход хирургического лечения. Правильный выбор кандидатов имеет первостепенное значение для улучшения результатов хирургического лечения больных с медикаментозно-резистентной эпилепсией. В статье представлен подробный обзор современной литературы по данному вопросу.

Ключевые слова

Инсулярная эпилепсия, височная эпилепсия, прехирургическая диагностика, фармакорезистентность.

Статья поступила: 26.10.2018 г.; в доработанном виде: 03.12.2018 г.; принята к печати: 25.12.2018 г.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов в отношении данной публикации.

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Для цитирования

Хачатрян Р. Г., Ибатова Г. С., Алексеева Т. М., Хачатрян В. А. Диагностика фармакорезистентной инсулярной эпилепсии. Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2018; 10 (4): 083-092. DOI: 10.17749/2077-8333.2018.10.4.083-092.

Diagnostic evaluation of drug-resistant insular epilepsy

Khachatryan R. G.¹, Ibatova G. S.², Alekseeva T. M.¹, Khachatryan W. A.¹

¹ Almazov National Medical Research Center (2 Akkuratova Str., St. Petersburg 197341, Russia)

² Joint-stock company "National Center of Neurosurgery" (34/1 Turan Avenue, Astana 010000, Republic of Kazakhstan)

Corresponding author: Roza G. Khachatryan, e-mail: Khachatryan.roza1992@gmail.com.

Summary

About 30% of patients with temporal epilepsy are resistant to antiepileptic drugs; in such cases, surgical treatment is considered to be the best option. Existence of an extra-temporal epileptogenic focus in the insula is a possible cause of seizures after temporal lobe surgery in about 20% of patients. Because of its localization, the anatomical features of the insular lobe, as well as the entire concept of insular epilepsy have not been well documented. Yet, it has been established that the seizures developing from the insular cortex can mimic the paroxysms arising from the temporal lobe. When the insula is involved in the epileptic process, resection of the insular cortex improves the outcome of surgical treatment.

Rational and well-based selection of candidates for surgical treatment is of paramount importance for patients with drug-resistant epilepsy. The article presents a review of the up-to-date literature on this matter.

Key words

Insular epilepsy, temporal lobe epilepsy, presurgical evaluation, drug resistance.

Received: 26.10.2018; **in the revised form:** 03.12.2018; **accepted:** 25.12.2018.

Conflict of interests

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

All authors contributed equally to this article.

For citation

Khachatryan R. G., Ibatova G. S., Alekseeva T. M., Khachatryan W. A. Diagnostic evaluation of drug-resistant insular epilepsy. *Epilepsiya i paroksizmal'nye sostoyaniya / Epilepsy and paroxysmal conditions*. 2018; 10 (4): 083-092 (in Russian). DOI: 10.17749/2077-8333.2018.10.4.083-092.

Введение / Introduction

Впервые концепцию инсулярной эпилепсии (ИЭ) предложили M. Guillaume и G. Mazars в конце 40-х гг. прошлого века [1]. Они предполагали, что припадки, развивающиеся из островковой или инсулярной коры (ИК), могут быть сходными с приступами, возникающими при вовлечении височной доли, и, соответственно, с этим связывали многочисленные неудовлетворительные результаты после темпоральной лобэктомии. Penfield и Faulk в 1955 г. впервые выполнили электрокортикографическое (ЭКоГ) исследование ИК после удаления височной доли [2]. За период с 1946 по 1962 г. ЭКоГ была проведена у 58 пациентов с частичной инсулярной резекцией и темпоральной лобэктомией, на основании чего было определено, что такая расширенная резекция не приводит к улучшению результатов лечения и повышает риск развития послеоперационных неврологических осложнений [3]. Первое экстраоперационное внутречерепное ЭЭГ-исследование инсулы выполнили Roper и соавт. в 1993 г. у одного пациента с опухолью островковой доли (ОД), используя при этом сочетание субдуральных сеточных электродов и инсулярных электродов [4].

В чистом виде ИЭ встречается относительно редко и многие авторы предполагают, что вопрос вовлечения ОД в эпилептический процесс более корректно следует исследовать в концепции оперкулярно-инсулярной эпилепсии [5]. В свою очередь, Kahane и соавт. (2005) для определения сложной эпилептогенной системы, которая включает в себя участки мозга, расположенные как внутри височной доли так вне ее (орбитофронтальная кора, инсула, лобная и теменная покрышки и темпоро-париетто-окципитальное соединение) предложили термин «темпоральная эпилепсия плюс» (ТЭП) [6].

Существуют «красные флажки», которые могут указывать на возможность наличия ТЭП, и на которые должен обращать внимание клиницист. К ним относятся отсутствие фебрильных судорог в анамнезе, вторичная генерализация, двусторонние спайки

или отсутствие спайков при скальповом ЭЭГ, отсутствие на МРТ патологических изменений, нормальные результаты при 18 ФДГ-ПЭТ или наличие обширных участков гипометаболизма, такие пароксизмы на ранней стадии приступов как вкусовые, слуховые или вестибулярные галлюцинации или иллюзии, пилоэрекция, ипсилатеральные тонические судороги, а также постиктальные расстройства настроения [8]. При вовлечении ОД в эпилептический процесс дополнительная резекция ИК улучшает исход хирургического лечения, однако во многих учреждениях хирургическое вмешательство на инсуле не является общепринятым вариантом лечения из-за его близости к речевой коре, а также трудностей, связанных с особенностями хирургического доступа и васкуляризации этой зоны [9-11]. Правильный выбор кандидатов для резекции затруднен, но имеет первостепенное значение для улучшения результатов хирургического лечения больных с медикаментозно-резистентной эпилепсией (МРЭ). По этой причине важным является тщательное прехирургическое обследование этой категории больных.

Предоперационная оценка / Preoperative assessment

Методы исследования, проводимые в предоперационном периоде, условно можно разделить на две группы: неинвазивные и инвазивные.

К неинвазивным методам исследования относятся:

- анамнестический метод, включающий детальный сбор и анализ анамнеза заболевания (перинатальный анамнез, возраст дебюта заболевания, семиология приступов, возможный постиктальный дефицит, частота и длительность припадков, фармакотерапия);

- неврологический осмотр, позволяющий выявить речевые расстройства, нарушения слуха, вегетативные симптомы, двигательные расстройства и другие очаговые симптомы, которые могут являться маркерами участия функционально значимых регионов в эпилептогенезе;

– нейropsychологическое исследование, которое важно для выявления задержки психологического и речевого развития, определения доминантного полушария, определения когнитивных функций;

– электрофизиологические исследования, включая долгосрочный видео-ЭЭГ-мониторинг;

– нейровизуализационные исследования – высокопольная магниторезонансная томография (МРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ).

К инвазивным методам исследования относятся электрокортикография и имплантация глубинных электродов в ИК.

Сравнительный анализ неинвазивных методов исследования и их значимости в предоперационной диагностике

Скальп-ЭЭГ

Обширные связи инсулы с другими потенциально эпилептогенными зонами, такими как мезиальные височные структуры или лобная и теменная кора, а также локализация ОД в глубине Сильвиевой щели (СЦ), могут объяснить ошибочные результаты электрофизиологических исследований [9,10,12,13]. Еще в 2014 г. Dylgjeri и соавт. у 10 детей с ИЭ регистрировал фокальную, региональную и мультифокальную активность с распространением в окружающие участки коры [16]. У больных с ИЭ обычно на скальп ЭЭГ регистрируются распространенные эпилептиформные разряды по лобным, височным и/или центральным отведениям. Самые ранние ик탈ные паттерны могут быть в виде низковольтной быстрой активности или медленных ЭЭГ-колебаний [11,14,15].

У больных с эпилептическим фокусом в передней ИК вспышки чаще регистрируются в FP1- (FP2-) и/или F7- (F8-), иногда C4- (C3-) и T3/T5- (T4/T6)-отведениях, при более заднем фокусе в T3- (T4-), F7/T5- (F8/T6)-отведениях [5]. Однако в большинстве случаев эти эпилептиформные паттерны позволяют определить только латерализацию эпилептического очага [15].

Магнитно-резонансная томография (МРТ)

Как и при любом типе фокальной эпилепсии, МРТ с высоким разрешением является наиболее полезным неинвазивным методом, поскольку обнаружение островкового эпилептогенного поражения (например, кавернома, кортикальная дисплазия, артериовенозные мальформации и т.д.) подтверждает диагноз ИЭ [17]. К сожалению, многие рефрактерные случаи ИЭ не имеют МРТ-выявляемых изменений и связаны с неспецифическими аномалиями (например, деликатное изменение миллиметрового островкового сигнала при T2-режиме или односторонняя атрофия гемисферы) [13,14,18,22]. Чаще всего на МРТ выявляются такие изменения, как атрофия или склероз гиппокампа, которые вводят исследователей в заблуждение [9].

Основные группы структурных патологических изменений, выявляемых на МРТ у больных с ИЭ, классифицируются следующим образом:

1. Неопластические процессы;
2. Мальформации коркового развития;
3. Сосудистые мальформации;
4. Участки глиоза и/или атрофии;
5. Другая патология (в т.ч. туберозный склероз и энцефалит Рассмуссена);
6. Без структурной патологии [19] (табл. 1).

В частности, Chevriег и соавт. (2013) у 48 больных с ИЭ по МРТ выявили опухолевое поражение в 27% случаях, мальформации развития коры – в 21%, сосудистые мальформации – в 19%, послеинфарктную атрофию и глиоз инсулярной коры – в 17%, также энцефалит Рассмуссена – у одного больного. Фармакологическая резистентность была определена в 56% случаев (100% для пациентов с пороками развития коры) [19]. В сериях, где были исключены новообразования, наиболее часто выявляемыми поражениями инсулы являлись фокальные дисплазии коры, каверномы и участки глиоза [16,20,21]. В исследовании, проведенном Gras-Combe и соавт. (2016), у пациентов с ИЭ, подтвержденным по стерео-ЭЭГ (СЭЭГ), в 5 из 6 (86%) случаев на МРТ патологических изменений не было установлено. Гистологическое исследование выявило у четырех из этих пяти больных ФКД, что подтверждает утверждение Fauser и соавт. (2015) о том, что МРТ не отличается достаточной точностью для определения ФКД, и, таким образом, выявляемая эпилептогенная зона не всегда соответствует анатомическому поражению, наблюдаемому на МРТ [20,23].

Магнитоэнцефалография (МЭГ)

Значимость магнитоэнцефалографии (МЭГ) в предоперационном исследовании эпилепсии была широко изучена. МЭГ может быть эффективной при обнаружении эпилептогенных зон, даже если при других исследованиях не было выявлено патологических изменений [24,25]. Данное исследование обладает преимуществом в виде возможности определения прямой локализации активных нейронов, не полагаясь на комбинационные гемодинамические и метаболические данные. Согласно литературным данным, МЭГ может локализовать эпилептическую активность из глубоких мозговых структур, таких как ОД. Инсулярные и периинсулярные участки эпилептической активности по МЭГ были обнаружены у небольшого числа пациентов в исследовании Park и соавт. (2012) [26]. Mohamed и соавт. (2013) провели ретроспективный анализ результатов МЭГ-исследований 14 пациентов с рефрактерными островковыми судорогами, определяемыми с помощью интериктальной ЭЭГ или с наличием эпилептического поражения в инсуле по соответствующей семиологии припадков. В этой группе больных вовлечение ОД в патологию

Таблица 1. Структурная патология в инсулярной доле выявленная при МРТ.

Table 1. Structural pathology of the insular lobe as detected by MRI.

Исследование / Study	N	Новообразования / Neoplasms	ФКД / FCD	Сосудистые мальформации / Vascular malformations	ГС	Г/А	ТС	Другое / Other	Без патологии / No pathology
J. Isnard et al. 2000 [9]	21	2	0	1	9	3	0	1	7
J. Isnard et al. 2004 [10]	6	0	1	0	2	0	0	1	2
A. Afif et al. 2008 [7]	30	0	6	2	17	0	0	0	6
A. Weil et al. 2016 [31,32]	13	0	1	0	0	2	2	4	4
R. Malak et al 2009 [21]	9	2	3	0	1	2	0	0	2
E. Freri et al. 2017 [45]	16	3	9	0	0	1	1	0	2
P. Proserpio et al. 2011 [15]	8	0	4	0	0	0	0	1	3
S. Dylgjeri et al. 2014 [16]	10	0	8	0	0	0	1	1	0
S. N. Roper et al. 1993 [4]	2	0	0	0	0	0	0	2	0
M. Irislimane et al. 2013 [56]	3	0	0	1	0	0	0	1	1
M. von Lehe et al. 2009 [11]	24	13	6	2	0	3	0	0	0
D. K. Nguyen et al. 2009 [13]	10	0	0	0	1	1	0	0	8
G. Gras-Combe et al. 2016 [20]	6	0	1	0	0	0	0	0	0
T. Blauwbomme et al. 2013 [50]	17	0	0	0	13	2	0	2	0
A. Hawasli et al. 2016 [55]	1	0	0	0	0	1	0	0	0
I. Mohamed et al. 2013 [28]	14	1	0	0	0	0	0	6	7
J. Hur et al. 2013 [34]	13	0	0	0	8	0	0	10	1
D. Wang et al. 2017 [57]	109	109	0	0	0	0	0	0	0
M. Levitt et al. 2010 [37]	1	0	1	0	0	0	0	0	0
N. Ikegaya et al. 2017 [54]	3	0	3	0	0	0	0	0	0
V. Chiosa et al. 2013 [14]	1	0	0	0	0	0	0	0	1
M.C. Chevrier et al. 2013 [19]	48	13	10	9	1	8	0	3	4
M. Kreigel et al. 2012 [22]	2	0	0	0	0	0	0	0	2
J. Dobesberger et al. 2008 [58]	1	0	0	0	0	0	0	0	1
A. Cukiert et al. 1998 [53]	1	0	0	1	0	0	0	0	0
A. Afif et al. 2010 [59]	25	0	4	2	17	0	0	0	3
P. Ryvlin et al. 2006 [51]	3	0	0	0	0	0	0	0	3

Примечание. ГС – гиппокампальный склероз; Г/А – глиоз/атрофия; ТС – туберозный склероз.

Note. ГС – hippocampal sclerosis; Г/А – gliosis/atrophy; ТС – tuberous sclerosis.

ческий процесс по результатам ПЭТ-исследования было выявлено у двух из девяти оперированных пациентов и у четырех – при иктальной ОФЭКТ. В итоге авторы пришли к заключению о том, что МЭГ может локализовать источники инсулярных спайков и определить конкретные паттерны МЭГ, которые связаны с инсулярными эпилептогенными очагами, даже при отсутствии структурных повреждений инсулы [27,28].

Позитронно-эмиссионная томография и однофотонно-эмиссионная компьютерная томография

Функциональные исследования, такие как позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и иктальная однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), иногда могут служить дополнительным доказательством участия ОД в эпилептическом

процессе, но их специфичность низкая [29]. В частности, Chassouxi и соавт. (2004) при ПЭТ-исследовании пациентов с височной эпилепсией (ВЭ) обнаружили очаги гипометаболизма в инсуле [30]. При ПЭТ-исследовании детей с ИЭ Weil и соавт. (2016) выявили гиперперфузию у 7 (54%) из 13 детей при иктальном ОФЭКТ и метаболические изменения в инсулярно-перисильвиевой зоне у 4 (36%) из 11 больных [31,32]. В исследовании Dylgjeri и соавт. (2014) при ПЭТ-исследовании гипометаболизм в инсуле был выявлен только у одного исследуемого, тогда как у шести детей гипометаболизм был мультифокальным [16]. Во взрослой популяции Gras-Combe и соавт. в 2017 г. сообщали о гипометаболизме во всех пяти группах больных, которым была выполнена ПЭТ [20]. Ubabi и соавт. (2017) определили увеличение перфузии в ипсиатеральной оперкуло-инсулярной зоне у 65%

больных с ИЭ, а гипометаболизм в той же зоне при ПЭТ у 29% больных [5].

Bouilleret и соавт. в 2002 г. провели ПЭТ-исследование 18 больных с мезиальной ВЭ, из которых у 10 (55%) выявили снижение количества бензодиазепиновых рецепторов в ИК. Авторы описали, что возникновение эмоциональной ауры коррелировало с развитием гипометаболизма в передней части ОД, а при соматосенсорных пароксизмах – в задней части инсулярной коры [33]. Nur и соавт. в 2013г. выявили признаки гипометаболизма в ИК у 13 больных с ВЭ. Результаты хирургического лечения показали, что лучшие исходы были у пациентов с дооперационным снижением метаболизма в инсуле по данным ПЭТ по сравнению со второй группой пациентов [33].

Таким образом, неинвазивные методы исследования при ИЭ могут предоставить вспомогательную информацию, однако для достоверного определения эпилептического очага в коре ОД необходимо проведение инвазивного электрофизиологического мониторинга.

Инвазивные методы исследования и их диагностическая значимость при инсулярной эпилепсии

Для определения вовлечения инсулярной коры в эпилептический процесс у пациентов без структурной патологии по данным нейровизуализации необходимо выполнение интрацеребрального ЭЭГ-мониторинга [3,9]. Электроды могут быть внутримозговыми глубинными (расположены внутри инсулярной коры) или субдуральными (расположены на поверхности ОД), могут быть размещены стереотактически, с использованием рамки (или без такового) под прямым визуализационным контролем. Имплантация глубинных или комбинация поверхностных и глубинных электродов большинством исследователей считается предпочтительной для оценки участия островковой коры в патологическом процессе [7,11,35]. Глубинные электроды необходимы, так как субдуральные электроды, помещенные в СЦ, не способны дифференцировать расположение эпилептогенного очага в инсуле от оперкулярного очага, а электрокортикография является не достаточно надежным методом для диагностики вовлечения инсулярной коры в эпилептический процесс [4]. При этом глубинные электроды обеспечивают прямой доступ к структурам, глубоко погруженным в мозг, таким как инсула и мезиальные темпоральные образования, в то время как стрип электроды обеспечивают больший неокортикальный охват, не проникают в мозг и могут допускать кортикальное картирование путем стимуляции, когда они расположены в соответствующих участках [36]. Dylgjeri и соавт. (2014) определили критерии, при которых инвазивное исследование является обязательным для верификации островкового начала приступов:

1. Отсутствие структурных поражений по данным МРТ;
2. Плохо визуализируемое поражение по данным МРТ;

3. Четкое определенное поражение по данным МРТ и его топическое несоответствие с клиническими и электрофизиологическими проявлениями [16].

Weil и соавт. (2016) определили следующие критерии инвазивного мониторинга инсулярной области у детей с фармакологической резистентной эпилепсией:

1. Ранние «инсулярно/перисильвиевые» иктальные проявления медикаментозно-резистентной височной, теменной или лобной эпилепсии, на основании данных неинвазивных исследований;
2. Наличие поражения ОД и диссоциирующие с этим данные неинвазивных исследований;
3. Персистенция приступов после височной, теменной или лобной лобэктомии;
4. Медикаментозно-резистентная височная/теменная эпилепсия/лобная эпилепсия с клиническими и нейровизуализационными данными вовлечения ОД в патологический процесс [31].

Ранее, в 2009 г., Nuguen и соавт. пришли к заключению о том, что вовлечение ОД в патологический процесс должно быть рассмотрено у пациентов с фармакорезистентной теменно- или височно-подобной эпилепсией, при которых в начале криза в семиологии приступов отмечается сочетание висцеральных, моторных и особенно соматосенсорных пароксизмов. Для пациентов с лобно-подобной эпилепсией и идентификация вовлечения ОД сложнее. В частности, необходимо обратить внимание на больных с лобно-подобной эпилепсией, которые описывают случайные соматосенсорные проявления во время дневных приступов [13]. Методы размещения электродов внутри островка или на ИК могут быть классифицированы следующим образом:

1. Краниотомия и прямая визуализация с/или без бескаркасной стереотаксической нейронавигации.
2. Стереотаксическая имплантация:
 - 2.1. Стереотаксическая ортогональная имплантация;
 - 2.2. Стереотаксическая задняя наклонная имплантация;
 - 2.3. Стереотаксическая передняя наклонная имплантация;
 - 2.4. Комбинированная стереотаксическая передняя и задняя наклонная имплантация;
 - 2.5. Комбинированная стереотаксическая имплантация Yale-Grenoble;
 - 2.6. Парасагитальная имплантация трансинсулярных верхушечных электродов.

1. Краниотомия и прямая визуализация

Данный доступ позволяет рассекать СЦ для введения глубоких электродов в инсулу под прямым визуальным контролем. Открытая краниотомия имеет преимущество в виде возможности одновременной имплантации глубинных и субдуральных электродов на боковых поверхностях полушарий, а открытие СЦ позволяет разместить стрип-электроды для исследования скрытой части окружа-

Таблица 2. Характеристики инвазивных методов исследования островковой доли.

Table 2. Invasive methods used to study the insular lobe.

Особенности / Characteristics	ОК	СОИ	СЗНИ	СПНИ
Возможность разместить субдуральные электроды / Placement of sub dural electrodes	+	-	-	-
Исследование инсулярной коры / Exploring the insular cortex	Как медиальной, так и латеральной / Both lateral and medial		Все кроме медиолатеральной части коры островка / Except for the medial-lateral part of the insular cortex	Все кроме медиолатеральной части коры островка / Except for the medial-lateral part of the insular cortex
Риск развития осложнений / Risk of complications	↑↑	↑	-	
Количество имплантируемых контактов / Number of implanted leads	2	2-3	5-7	2-4
Дополнительные исследования / Other studies	-	АГ, послеоперационное МРТ / post-operation MRI	АГ, послеоперационное МРТ / post-operation MRI	АГ, послеоперационное МРТ / post-operation MRI

Примечание. ОК – открытая краниотомия; СОИ – стереотактическая ортогональная имплантация; СЗНИ – стереотактическая задняя наклонная имплантация; СПНИ – стереотактическая передняя наклонная имплантация; АГ – ангиография.

Note. ОК – open craniotomy; СОИ – stereotactic orthogonal implantation; СЗНИ – stereotactic posterior oblique implantation; СПНИ – stereotactic anterior oblique implantation; АГ – angiography.

ющих покрышек. Такой доступ обеспечивает покрытие как медиальной, так и латеральной поверхности инсулы, чего невозможно достигнуть парасагитальными наклонными траекториями. При необходимости глубинные электроды также могут быть вставлены в мезиальные структуры височной доли при помощи бескаркасного стереотаксиса. Степень доступности ИК для исследования при этом методе соответствует степени при исследовании стереотаксическими ортогональными глубинными электродами, но меньше, чем при имплантации наклонным доступом. В случаях, требующих хирургического вмешательства, субпиальные глубинные электроды могут использоваться в качестве ориентиров для островковой резекции [31,35]. Церебральная ангиография при этой процедуре не требуется.

Недостатками методики является высокий риск повреждения М2 сегмента СМА, возможность развития неврологического дефицита вследствие ретракции окружающих покрышек. Из-за прямого доступа возможно имплантировать максимум два контакта, что значительно меньше по сравнению с другими видами имплантации. Недостатками при имплантации стрип-электродов на поверхность ОД является нестабильность электродов. Кроме того, использование сеточных электродов содержит риск развития

отека, кровоизлияний и инфекций [36]. В 2011 г. Surbeck и соавт. исследовал инсулярную кору таким методом у 16 больных и у 6 (37%) из них была проведена частичная резекция инсулы. Осложнения были у трех больных в виде транзиторных речевых и моторных нарушений [35].

2. Стереоэлектроэнцефалография (СЭЭГ)

СЭЭГ – хорошо зарекомендовавшая себя методика, безопасная, является оптимальным вариантом для изучения биоэлектрической активности глубинных структур [13,37]. Электрофизиологический мониторинг с использованием стереотаксически имплантированных внутримозговых электродов считался обязательным в подгруппе пациентов, у которых неинвазивные исследования не позволяют четко определить эпилептогенную зону и у больных с расположением структурной патологии рядом с функционально значимыми зонами [38,39].

Запись напрямую из коры ОД при помощи нескольких глубинных электродов должна быть выполнена до принятия какого-либо решения относительно хирургического лечения [9,10,41]. Выбор схемы имплантации должен быть определен индивидуально на основании дооперационных данных и данных о локализации эпилептогенной зоны [42] (табл. 2).

Стереотаксический метод требует выполнения МРТ и церебральной ангиографии для минимизации риска повреждения вен и артерий СЩ во время имплантации [9,43]. Для визуализации конечного положения электродов необходимы постманипуляционная МРТ с высоким разрешением, с толщиной срезов 1 мм [35].

Частота развития осложнений при СЭЭГ составляет примерно 3%, в т.ч. внутричерепное кровоизлияние – от 1 до 3%, остаточный неврологический дефицит – 0,6% [38].

При выполнении инвазивного мониторинга должен быть приемлемый баланс риска и пользы. С одной стороны, преимущество в виде ограничения границ резекции при определении эпилептогенной зоны, а с другой – повышенный риск развития послеоперационных осложнений, связанный с внутричерепным мониторингом и/или последующей хирургией [44].

2.1. Стереотаксическая ортогональная или трансперкулярная имплантация

Isnard и соавт. в 2000 г. и в 2004 г. были первыми, кто зарегистрировал внутримозговую запись инсулярных судорог с использованием вставленных глубоких электродов ортогонально через оперкулум с использованием стереотаксической рамки [9,10,40]. Этот метод является безопасным и эффективным методом исследования коры ОД, при котором возможно изучение как медиальных, так и латеральных участков ОК, а также соседних лобных и височных оперкул. До восьми электродов могут быть имплантированы ортогонально в одну инсулу, по меньшей мере, по одному электроду в трех коротких извилинах и по два – в двух длинных извилинах [44]. Множественные ортогональные супрасильвиевые и инфрасильвиевые трансперкулярные траектории предпочтительнее для доступа к ИК, поскольку они позволяют обеспечить одновременный охват как оперкул, так и инсулы одними и теми же электродами. Недостатки – траектория лежит через функционально значимые участки ИК с высокой васкуляризацией, меньшее число контактов, имплантированных в кору, обязательное послеоперационное МРТ, трудоемкая работа хирурга.

2.2. Стереотаксическая задняя наклонная (транспариетальная) имплантация

При этом методе имплантация глубоких электродов в инсулярную кору производится через нижнюю теменную долю. Преимущества – низкая степень повреждения мягкой мозговой оболочки, безопасный доступ через функционально незначимые участки. Нет необходимости для выполнения краниотомии, диссекции СЩ и ретракции оперкул. При имплантации контактов через теменную долю возможна регистрация эпилептической активности возникающей из этого участка. Важным преимуществом является большое количество имплантированных контактов в ИК (5-7). Недостатки – необходимость

имплантации с помощью рамочного стереотаксиса, трудности при изучении медиолатеральной части ИК, обязательная послеоперационная невровизуализация [35].

2.3. Стереотаксическая передняя наклонная (трансфронтальная) имплантация

При этом методе имплантация глубоких электродов в ИК производится через среднюю лобную извилину. Преимущества – безопасный доступ через функционально незначимую кору, имплантация контактов также в лобную долю с регистрацией эпилептической активности, возникающей из этого участка. Недостатки – необходимость выполнения при помощи рамочного стереотаксиса, трудности при изучении медиолатеральной части ИК, обязательная послеоперационная невровизуализация. По сравнению с транспариетальной траекторией меньшее количество имплантируемых контактов (2-4).

2.4. Комбинированная стереотаксическая передняя и задняя наклонная имплантация

Преимущество этой стратегии – в сочетании двух относительно эффективных методов с низким уровнем риска размещения электродов для улучшения контактного покрытия инсулы и соседних лобных и теменных долей [46]. Afif и соавт. (2008) утверждают, что наиболее информативным является стереотаксическая косая имплантация глубоких электродов через лобную и париетальную доли. При этой процедуре с целью избежания повреждения сосудов традиционная ангиография чрезвычайно полезна. Эти два метода стереотаксической имплантации глубоких электродов – минимально инвазивные и демонстрируют низкую частоту развития осложнений. В исследовании 30 больных, выполненном Afif и соавт. (2008), после СЭЭГ окончательное расположение диагностированного эпилептического очага было изменено у 13 из 30 пациентов (43,3%) [7]. Freri и соавт. (2017) выявили, что у детей комбинированный стереотаксический ортогональный и наклонный доступ позволяет провести оптимальное исследование ИК [45].

2.5. Комбинированная стереотаксическая имплантация Yale-Grenoble

При данном методе совместно с вариантом имплантации, предложенным группой Afif и соавт. (2008) (с использованием трансфронтальной и транспариетальной траектории имплантации электродов), и выполняется исследование амигдалопаппокампального комплекса по окципитотемпоральной траектории (метод Йельского университета) [7,35,47]. Исследование латерального лобного, теменного и височного неокортексов проводится с использованием субдуральных электродов, вставленных через фрезевые отверстия в височной области. Преимуществами этого комбинированного подхода являются минимизация количества траекторий, используемых для исследования мезиотемпоральных структур, низкий риск возникновения осложнений и более высокое число имплантируемых контактов. Недостатки

ками этого подхода являются ограниченная возможность для исследования перисильвиевой, лобной, теменной и височной коры с субдуральными электродами и невозможность выполнения кортикальной стимуляции для функционального картирования, если это необходимо [35].

2.6. Парасагитальная имплантация трансинсулярных верхушечных электродов

Dylgjeri и соавт. (2014) предложили альтернативный метод регистрирования эпилептической активности из инсулярной коры, который представляет из себя имплантацию глубоких электродов по длинной оси инсулы через верхушку, с последующей диссекцией СЦ и соединением данных электродов с субдуральными электродами, расположенным на латеральной поверхности гемисфер (поверхности оперкулула) [16]. Парасагитальная имплантация глубоких инсулярных электродов при открытой краниотомии сочетает в себе преимущества как открытой прямой трансильвиевой ортогональной, так и наклонной стереотактической трансфронтальной и транспариетальной имплантации, что обеспечивает отличное покрытие перисильвиевой зоны. Среднее количество вставленных контактов в инсулярную кору при этом методе составляет 6,8. Парасагитально введенный электрод также является хорошим ориентиром для выполнения последующей субпиальной резекции. Важно также учесть, что при этом методе минимален риск миграции электрода в более глубокие структуры, такие как внутренняя капсула или базальные ганглии, что может привести к развитию осложнений в виде гемипареза [31]. Surbeck и соавт. в 2011 г. сообщили об опыте с методом перисильвиево-островковой имплантации, который сочетает плотный охват перисильвиевой коры субдуральными электродами и глубинными электродами, вставленными после микрохирургического раскрытия СЦ. Хотя данный метод по сравнению со стереотаксическими является более инвазивным, тем не менее, он обеспечивает полное покрытие перисильвиевой коры и детальное исследование инсулы [35].

Для более тщательного исследования скрытой поверхности оперкулула Bouthillier и соавт. (2012) разработали и внедрили в практику гибридные оперкуло-инсулярные электроды, которые сочетают в себе одновременно глубинные и субдуральные (стрип) электроды. В этом случае глубинный компонент имеет два контакта и имплантируется в ИК. Поверхностный контакт расположен в коре инсулы, а глубокий – либо в белом веществе (в самой наружной капсуле), либо в островковой коре, если электрод помещен вдоль борозды. Оперкулярный компонент (стрип) имеет один или два двусторонних контакта, обращенных к верхней (лобной или париетальной) и нижней (височной) покрышке [42,48]. Ранее Robles и соавт. (2009) описали другой метод парасагитальной имплантации глубинных электродов в инсулу. При этом методом точкой входа

электродов является височно-затылочное соединение и диссекция СЦ не требуется. Для выполнения затылочно-инсулярной имплантации применяют МРТ с контрастным усилением, без необходимости проведения дополнительной ангиографии. При этом подходе электроды не проходят через оперкулярную кору, следовательно, уменьшается риск повреждения функционально значимых зон, а также снижается риск повреждения сосудов СЦ. Таким образом, повышается диагностическая эффективность имплантируемого электрода, так как он может регистрировать эпилептическую активность из соседних структур (амигдала, париетальная кора) [49].

Blouwblomme и соавт. (2013) провели исследование 17 пациентов ВЭ, которым было проведено СЭЭГ. Расположение эпилептогенной зоны было классифицировано следующим образом:

1. Мезиальный тип (гиппокамп, амигдала, энторинальная кора);
2. Мезио-латеральный тип (медиальные структуры + поле височной доли, мезиальные + боковые структуры височной доли);
3. Боковой тип (боковые структуры височной доли).

Было выявлено, что эпилептогенность не зависела от зоны начала приступа и от присутствия патологического образования. Тем не менее, было зарегистрировано, что при медиолатеральной ВЭ процент вовлечения островка выше, по сравнению с медиальным типом [50]. Известно, что активность фоновой инсулярной СЭЭГ состояла из регулярного ритма, с частотой от 5 до 14 Гц и со средней амплитудой 250 мВ. При этом чаще всего регистрируются паттерны в виде низковольтажной высокочастотной активности с переходом в ритмичные высокочастотные спайки. Фокальная активность может продолжаться от нескольких секунд до 2 минут с дальнейшим распространением в соседние участки коры [9,51]. Распространение разрядов внутри инсулярной коры имеет фиксированный паттерн, который имеет индивидуальную вариацию, то есть он однообразный у каждого больного, но отличается от паттернов другого больного. Степень распространения эпилептических разрядов в инсуле, регистрируемая при помощи инвазивных электродов, выше, когда очаг располагается в гиппокампе, чем когда первичным очагом является височный неокортекс [9]. Это соответствует данными Chabardes и соавт. (2005) которые выявили, что паттерны распространения эпилептической активности зависят от того, из гиппокампа или из полюса височной доли генерализировалась активность. Пароксизмы, возникающие из полюса височной доли в большинстве случаев (87%), имели перисильвиевое распространение, в то время как пароксизмы, возникающие из гиппокампа, распространялись в перисильвиевом направлении только в 44% [52].

Заключение / Conclusion

На основании многочисленных исследований, проведенных в течение последнего десятилетия, было установлено, что у определенной части больных эпилепсией в патологический процесс вовлечена ОД. Неинвазивные методы исследования (скальп-ЭЭГ, МРТ, ПЭТ, ОФЭКТ) и семиология пароксизмов позволяет выделить больных с вероятным вовлечением ОД в патологический процесс.

Литература/Reference:

- Guillaume M., Mazars G. CAS de foyers epileptogenes insulaires operes. *Soc Francaise de Neurol.* 1949; 766-769.
- Penfield W., Faulk M.E. Jr. The insula; further observations on its function. *Brain.* 1955; 78: 445-470.
- Silfvenus H., Gloor P., Rasmussen T. Evaluation of insular ablation in surgical treatment of temporal lobe epilepsy. *Epilepsia.* 1964; 5: 307-320.
- Roper S.N., Levesque M.F., Sutherland W.W., Engel J. Surgical treatment of partial epilepsy arising from the insular cortex. *J Neurosurg.* 1993; 79: 266-269.
- Obaid S., Zerouali Y., Nguyen D. Kh. Insular Epilepsy: Semiology and Noninvasive Investigations. *Journal of Clinical Neurophysiology.* 2017; 34 (4): 315-323. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000396.
- Kahane P., Ryvlin P. The hidden cause of surgery-resistant temporal lobe epilepsy: extratemporal or temporal plus? *Curr Opin Neurol.* 2005; 18: 125-127.
- Atif A., Chabardes S., Minotti L., Kahane P., Hoffmann D. Safety and usefulness of insular depth electrodes implanted via an oblique approach in patients with epilepsy. *Neurosurgery.* 2008; 62 (5 Suppl 2): 471-480. DOI: 10.1227/01.neu.00000326037.62337.80.
- Barba C., Barbati G., Minotti L., Hoffmann D., Kahane P. Ictal clinical and scalp-EEG findings differentiating temporal lobe epilepsies from temporal "plus" epilepsies. *Brain.* 2007; 130: 1957-1967.
- Isnard J., Guénot M., Ostrowsky K., Sindou M., Mauguière F. The role of the insular cortex in temporal lobe epilepsy. *Ann Neurol.* 2000; 48 (4): 614-623.
- Isnard J., Guénot M., Sindou M., Mauguière F. Clinical manifestations of insular lobe seizures: a stereoelectroencephalographic study. *Epilepsia.* 2004; 45 (9): 1079-1090.
- von Lehe M., Wellmer J., Urbach H. Insular lesionectomy for refractory epilepsy: management and outcome. *Brain.* 2009; 132: 1048-1056. DOI: 10.1093/brain/awp047.
- Ostrowsky K., Isnard J., Ryvlin Ph., Guénot M., Fischer C., Mauguière F. Functional mapping of the insular cortex: clinical implication in temporal lobe epilepsy. *Epilepsia.* 2000; 41 (6): 681-686.
- Nguyen D. K., Nguyen D. B., Malak R., Leroux J. M., Carmant L., Saint-Hilaire J. M. Revisiting the role of the insula in refractory partial epilepsy. *Epilepsia.* 2009; 50: 510-520. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2008.01758.x.
- Chiosa V., Granziera C., Spinelli L., Pollo C., Roulet-Perez E., Groppa S., Seeck M. Successful surgical resection in non-lesional operculo-insular epilepsy without intracranial monitoring. *Epileptic Disord.* 2013; 15 (2): 148-57. DOI: 10.1684/epd.2013.0581.
- Proserpio P., Cossu M., Francione S. Insular-opercular seizures manifesting with sleep-related paroxysmal motor behaviors: a stereo-EEG study. *Epilepsia.* 2011; 52: 1781-1791. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2011.03254.x.
- Dylgjeri S., Taussig D., Chipaux M., Lebas A., Fohlen M., Bulteau C., Ternier J., Ferrand-Sorbets S., Delalande O., Isnard J., Dorfmueller G. Insular and insulo-opercular epilepsy in childhood: An SEEG study. *Seizure.* 2014; 23: 300-308. DOI: 10.1016/j.seizure.2014.01.008.
- Malak R., Nguyen D. K., Bojanowski M. W. Non ruptured MCA aneurysms presenting with insular related symptoms. *Can. J. Neuro. Sci.* 2010; 37 (2): 219-222.
- Kaido T., Otsuki T., Nakama H., Kaneko Y., Kubota Y. Complex behavioral automatism arising from insular cortex. *Epilepsy Behav.* 2006; 8: 315-319.
- Chevrier M.C., Bard C., Guilbert F., Nguyen D. K. Structural Abnormalities in Patients with Insular/Peri-insular Epilepsy: Spectrum, Frequency, and Pharmacoresistance. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2013; 34: 2152-2156. DOI: 10.3174/ajnr.A3636.
- Gras-Combe G., Minotti L., Hoffmann D. Surgery for nontumoral insular epilepsy explored by stereoelectroencephalography. *Neurosurgery.* 2016; 79: 578-588. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001257.
- Malak R., Bouthillier A., Carmant L. Microsurgery of epileptic foci in the insular region. *J Neurosurg.* 2009; 110: 1153-1163.
- Kriegel M. F., Roberts D. W., Jobst B. C. Orbitofrontal and insular epilepsy. *J Clin Neurophysiol.* 2012; 29: 385-391. DOI: 10.1097/WNP.0b013e31826bd82e.
- Fauser S., Essang C., Altenmüller D. M. Long-term seizure outcome in 211 patients with focal cortical dysplasia. *Epilepsia.* 2015; 56 (1): 66-76. DOI: 10.1111/epi.12876.
- Knowlton R. C., Elgavish R. A., Bartolucci A., Ojha B., Limdi N., Blount J., Burneo J. G., Ver Hoef L., Paige L., Faught E., Kankirawatana P., Riley K., Kuzniecky R. Functional imaging: II. Prediction of epilepsy surgery outcome. *Ann Neurol.* 2008; 64: 35-41.
- Stefan H., Rampp S., Knowlton R. C. Magnetoencephalography adds to the surgical evaluation process. *Epilepsy Behav.* 2011; 20: 172-177. DOI: 10.1016/j.yebeh.2010.09.011.
- Park H. M., Nakasato N., Tominaga T. Localization of abnormal discharges causing insular epilepsy by magnetoencephalography. *Tohoku J Exp Med.* 2012; 226: 207-211.
- Kakisaka Y., Iwasaki M., Alexopoulos A. V., Enatsu R., Jin K., Wang Z. I., Mosher J. C., Dubarry A. S., Nair D. R., Burgess R. C. Magnetoencephalography in fronto-parietal opercular epilepsy. *Epilepsy Res.* 2012; 102: 71-77.
- Mohamed I. S., Gibbs S. A., Robert M., Bouthillier A., Leroux J. M., Nguyen D. K. The utility of magnetoencephalography in the presurgical evaluation of refractory insular epilepsy. *Epilepsia.* 2013; 54 (11): 1950-1959. DOI: 10.1111/epi.12376.
- Surbeck W., Bouthillier A., Nguyen D. Kh. Refractory insular cortex epilepsy: clinical features, investigation and treatment. *Future Neurol.* 2010; 5: 498-507. DOI: 10.2217/fnl.10.36.
- Chassoux F., Semah F., Boullieret V., Landre E. Metabolic changes and electro-clinical patterns in mesio-temporal lobe epilepsy: a correlative study. *Brain.* 2004; 127: 164-174.
- Weil A. G., Fallah A., Lewis E. C., Bhatia S. Medically resistant pediatric insular-opercular/perisylvian epilepsy. Part 1: invasive monitoring using the parasagittal transinsular apex depth electrode. *J Neurosurg Pediatr.* 2016; 18 (5): 511-522. DOI: 10.3171/2016.4.PEDS15636.
- Weil A. G., Le N. M. D., Jayakar P., Resnick T., Miller I., Fallah A., Duchowny M., Bhatia S. Medically resistant pediatric insular-opercular/perisylvian epilepsy. Part 2: outcome following resective surgery. *J Neurosurg Pediatr.* 2016; 18 (5): 523-535. DOI: 10.3171/2016.4.PEDS15618.
- Boullieret V., Dupont S., Spelle L., Baulac M., Samson Y., Semah F. Insular Cortex Involvement in Mesiotemporal Lobe Epilepsy: A Positron Emission Tomography Study. *Ann Neurol.* 2002; 51: 202-208.
- Hur J. A., Kang J. W., Kang H. C., Kim H. D., Kim J. T., Lee J. S. The Significance of Insular Hypometabolism in Temporal Lobe Epilepsy in Children. *Journal of Epilepsy Research.* 2013; 3 (2): 54-62. DOI: 10.14581/jer.13011.

35. Surbeck W., Bouthillier A., Weil A. G., Crevier L., Carmant L., Lortie A., Major Ph., Nguyen D. K. The combination of subdural and depth electrodes for intracranial EEG investigation of suspected insular (perisylvian) epilepsy. *Epilepsia*. 2011; 52 (3): 458-466. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2010.02910.x.
36. Spencer S. S., Nguyen D. K., Duckrow R. B. Invasive EEG evaluation for epilepsy surgery. In: *The Treatment of Epilepsy, 3rd Edition*. Shorvon S., Perucca E., Fish D., Dodson E. (Eds). Blackwell Publishing, Oxford, UK 2008; chap. 53: 767-798.
37. Levitt M. R., Ojemann J. G., Kuratani J. Insular epilepsy masquerading as multifocal cortical epilepsy as proven by depth electrode. *J Neurosurg Pediatrics*. 2010; 5: 365-367. DOI: 10.3171/2009.11.PEDS09169.
38. Cossu M., Cardinale F., Castana L. Stereoelectroencephalography in the presurgical evaluation of focal epilepsy: a retrospective analysis of 215 procedures. *Neurosurgery*. 2005; 57: 706-718.
39. Cardinale F., Cossu M., Castana L. Stereoelectroencephalography: surgical methodology, safety, and stereotactic application accuracy in 500 procedures. *Neurosurgery*. 2013; 72: 353-366. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31827d1161.
40. Talairach J., Bancaud J. Stereotaxic approach to epilepsy. Methodology of anatomo-functional stereotaxic investigations. *Prog Neural Surg*. 1973; 5: 297-354.
41. Isnard J., Mauguire F. The insula in partial epilepsy. *Rev Neurol (Paris)*. 2005; 161 (1): 17-26.
42. Bouthillier A., Surbeck W., Weil A. G., Tayah T., Nguyen D. K. The hybrid – opercular electrode: a new electrode for intracranial investigation of Perisylvian / insular refractory epilepsy. *Neurosurgery*. 2012; 70 (6): 1574-1580. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318246a37.
43. Frot M., Mauguire F. Dual representation of pain in the operculo-insular cortex in humans. *Brain*. 2003; 126: 438-450.
44. Ryvlin Ph., Picard F. Invasive Investigation of Insular Cortex Epilepsy. *J Clin Neurophysiol*. 2017; 34: 328-332. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000395.
45. Freri E., Matricardi S., Gozzo F., Cossu M., Granata T., Tassi L. Perisylvian, including insular, childhood epilepsy: Presurgical workup and surgical outcome. *Epilepsia*. 2017; 58 (8): 1-10. DOI: 10.1111/epi.13816.
46. Desai A., Bekelis K., Darcey T. M., Roberts D. W. Surgical techniques for investigating the role of the insula in epilepsy: a review. *Neurosurg Focus*. 2012; 32 (3): E6. DOI: 10.3171/2012.1.FOCUS11325.
47. Blatt D. R., Roper S. N., Friedman W. A. Invasive monitoring of limbic epilepsy using stereotactic depth and subdural strip electrodes: surgical technique. *Surg Neurol*. 1997; 48: 74-79.
48. Bouthillier A., Surbeck W., Weil A. G. Invasive investigation for insular epilepsy: opened micro-dissection of the sylvian fissure (type 1) vs. combined yale-grenoble stereotactic implantation (type 2). *Epilepsia*. 2009; 50 (11): 135-136.
49. Robles S. G., Gélisse Ph., Fertit H. E., Tancu C., Duffau H., Crespel A., Coubes Ph. Parasagittal Transinsular Electrodes for Stereo-EEG in Temporal and Insular Lobe Epilepsies. *Stereotact Funct Neurosurg*. 2009; 87: 368-378. doi: 10.1159/000249818.
50. Blauwbomme T., David O., Minotti L., Job A. S. Prognostic value of insular lobe involvement in temporal lobe epilepsy: A stereoelectroencephalographic study. *Epilepsia*. 2013; 54: P 1658-1667. DOI: 10.1111/epi.12260.
51. Ryvlin P., Minotti L., Demarquay G. Nocturnal hypermotor seizures, suggesting frontal lobe epilepsy, can originate in the insula. *Epilepsia*. 2006; 47: 755-765. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2006.00510.x.
52. Chabardes S., Minotti L., Hamelin S., Hoffmann D., Seineuret E. Temporal disconnection as an alternative treatment for intractable temporal lobe epilepsy: techniques, complications and results. *Neurochirurgie*. 2008; 54: 297-302. DOI: 10.1016/j.neuchi.2008.02.008.
53. Cukiert A., Forster C., Andrioli M. S. D., Frayman L. Insular epilepsy similarities to temporal lobe epilepsy: case report. *Arq Neuropsiquiatr*. 1998; 56 (1): 126-128.
54. Ikegaya N., Takahashi A., Kaido T., Kaneko Y., Iwasaki M., Kawahara N., Otsuki T. Surgical strategy to avoid ischemic complications of the pyramidal tract in resective epilepsy surgery of the insula: technical case report. *J Neurosurg*. 2017; 128 (4): 1173-1177. DOI: 10.3171/2017.1.JNS161278.
55. Hawasli A. H., Bandt S. K., Hogan R. E., Werner N., Leuthardt E. C. Laser Ablation as Treatment Strategy for Medically Refractory Dominant Insular Epilepsy: Therapeutic and Functional Considerations. *Stereotact Funct Neurosurg*. 2014; 92: 397-404. DOI: 10.1159/000366001.
56. Irislimane M., Mathieu D., Bouthillier A., Deacon Ch., Nguyen D. Kh. Gamma Knife Surgery for Refractory Insular Cortex Epilepsy. *Stereotact Funct Neurosurg*. 2013; 91: 170-176. DOI: 10.1159/000343205.
57. Wang D. D., Deng H., Hervey-Jumper Sh. L., Molinaro A. A., Chang E. F., Berger M. S. Seizure Outcome After Surgical Resection of Insular Glioma. *Neurosurgery*. 2017; 83 (4): 709-718. DOI: 10.1093/neuros/nyx486.
58. Dobesberger J., Ortler M., Unterberger I., Walser G., Falkenstetter T., Bodner T., Benke T., Bale R., Fiegele T., Donnemiller E., Gotwald T., Trinka E. Successful surgical treatment of insular epilepsy with nocturnal hypermotor seizures. *Epilepsia*. 2008; 49 (1): 159-162. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2007.01426.x.
59. Afif A., Minotti L., Kahane Ph., Hoffmann D. Anatomofunctional organization of the insular cortex: A study using intracerebral electrical stimulation in epileptic patients. *Epilepsia*. 2010; 51 (11): 2305-2315. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2010.02755.x.

Сведения об авторах:

Хачатрян Роза Гургеновна – аспирант кафедры неврологии и психиатрии института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России. E-mail: Khachatryan.roza1992@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9201-2970>; Researcher ID: C-6929-2019.

Ибатова Гаухар Султанхановна – к.м.н., врач-невролог отделения детской нейрохирургии, Национальный центр нейрохирургии. E-mail: goha0870@mail.ru.

Алексеева Татьяна Михайловна – д.м.н., заведующая кафедрой неврологии и психиатрии института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России. E-mail: atmspb@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4441-1165>; Researcher ID: S-8806-2017.

Хачатрян Вильям Арамович – профессор, доктор медицинских наук, руководитель отделения нейрохирургии детского возраста НИО нейрохирургии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России. E-mail: wakhns@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1635-6621>; Scopus ID: 55633841500; Researcher ID: G-4002-2018.

About the authors:

Roza G. Khachatryan – PhD Student, Department of Nervous Diseases and Psychiatry, Almazov National Medical Research Centre. E-mail: Khachatryan.roza1992@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9201-2970>; Researcher ID: C-6929-2019.

Gauhar S. Ibatova – MD, PhD, Neurologist, Department of Pediatric Neurosurgery, National Center for Neurosurgery. E-mail: goha0870@mail.ru.

Tatiana M. Aleksseva – MD, PhD, Head of the Department of Nervous Diseases and Psychiatry, Almazov National Medical Research Centre. E-mail: atmspb@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4441-1165>; Researcher ID: S-8806-2017.

William A. Khachatryan – MD, PhD, Professor of Neurosurgery, Head of the Department of Pediatric Neurosurgery, Almazov National Medical Research Centre. E-mail: wakhns@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1635-6621>; Scopus ID: 55633841500; Researcher ID: G-4002-2018.