

СРАВНЕНИЕ МОДАЛЬНОСТЕЙ ИНВАЗИВНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ ПРИ ВИСОЧНОЙ ЭПИЛЕПСИИ

В.М. Джафаров, А.Б. Дмитриев, Н.П. Денисова, Д.А. Рзаев

ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России; Россия, 630087 Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 132/1

Контакты: Виджай Маисович Джафаров mvijayd@hotmail.com

Введение. Пациентам с рефрактерной фокальной эпилепсией при наличии недостаточных данных о локализации эпилептогенной зоны показано проведение инвазивного видео-ЭЭГ-мониторинга (инвазивная ЭЭГ). По данным литературы, методы инвазивной ЭЭГ демонстрируют вариабельную частоту выявления зоны начала приступа в разных группах пациентов.

Цель исследования – провести анализ результатов инвазивной ЭЭГ с применением субдуральных и глубинных электродов у пациентов с рефрактерной структурной височной эпилепсией с мезиальными приступами.

Материалы и методы. Ретроспективно проанализированы истории болезни 37 пациентов, которым была выполнена инвазивная ЭЭГ в период с 2013 по 2020 г. В серию включены ранее не оперированные взрослые пациенты с рефрактерной структурной эпилепсией с мезиальными приступами без опухолевой и сосудистой патологии. Пациенты были разделены по объему инвазивной ЭЭГ на 3 группы: 1) с электродами овального отверстия, 2) субдуральными полосками, 3) комбинацией субдуральных полосок и внутримозговых глубинных электродов. Результаты проведенной переднемедиальной височной лобэктомии оценивали по шкале Engel не ранее чем через 6 мес после операции.

Результаты. Группа с электродами овального отверстия составила 7 пациентов, с кортикальными электродами – 23, с комбинацией – 7. Зона начала приступов была выявлена в 36 (97 %) случаях. Тяжелые осложнения возникли при использовании электродов овального отверстия у 2 (29 %) больных. Средний срок катамнеза у 23 (76 %) пациентов после выполнения резективной хирургии составил 28,3 мес. Благоприятные результаты (Engel I, II) были у 4 (80 %) больных в группе с электродами овального отверстия, у 8 (67 %) пациентов с кортикальными полосками, у 6 (100 %) с комбинацией электродов. С неудовлетворительными (Engel III, IV) исходами был 1 (20 %) пациент в группе с электродами овального отверстия и 4 (33 %) в группе с субдуральными полосками.

Заключение. Все представленные модальности инвазивной ЭЭГ могут быть применены с достаточной эффективностью для определения зоны начала приступов у данной категории пациентов. Применение электродов овального отверстия может быть ограничено из-за относительно высокого риска развития серьезных осложнений их имплантации.

Ключевые слова: эпилепсия, фокальная эпилепсия, височная эпилепсия, инвазивный видео-ЭЭГ-мониторинг, инвазивная ЭЭГ, инвазивный ЭЭГ-мониторинг, видео-ЭЭГ, ЭЭГ-мониторинг

Для цитирования: Джафаров В.М., Дмитриев А.Б., Денисова Н.П., Рзаев Д.А. Сравнение модальностей инвазивной электроэнцефалографии при височной эпилепсии. Нейрохирургия 2021;23(3):14–22. DOI: 10.17650/1683-3295-2021-23-3-14-22.

The comparative study of invasive electroencephalography modalities in temporal lobe epilepsy

V.M. Dzhaferov, A.B. Dmitriev, N.P. Denisova, D.A. Rzaev

Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk), Ministry of Health of Russia; 132/1 Nemirovicha-Danchenko St., Novosibirsk 630087, Russia

Contacts: Vidzhay Maisovich Dzhaferov mvijayd@hotmail.com

Introduction. Invasive video-EEG monitoring (invasive EEG) is indicated in patients with refractory focal epilepsy while localization of the epileptogenic zone is unclear. Methods of invasive EEG in different groups of patients demonstrate variable results.

Objective: to analyse the results of invasive EEG via subdural and depth electrodes in patients with refractory temporal lobe epilepsy with mesial temporal lobe seizures.

Materials and methods. The series of 37 patients who underwent invasive EEG from 2013 to 2020 was retrospectively analysed. The study includes primary adult patients with structural refractory focal epilepsy with mesial temporal lobe seizures without tumor and vascular pathology. Patients were divided onto 3 groups: 1) with foramen ovale electrodes 2) subdural strip electrodes and 3) combination of subdural strips and depths electrodes. The results of anteromedial temporal lobectomy after 6 months were classified according to Engel scale.

Results. A group with foramen ovale electrodes included 7 patients, subdural strips – 23, combination – 7. The seizure onset zone was detected in 36 (97 %) cases. Serious complications were observed in 2 (29 %) cases in the group with foramen ovale electrodes. The mean follow-up in 23 (76 %) patients after resective surgery was 28.3 months. Favourable results (Engel I, II) were observed in 4 (80 %) patients with foramen ovale electrodes, in 8 (67 %) patients with subdural electrodes, in 6 (100 %) with combination. Unfavourable results (Engel III, IV) were noted in 1 (20 %) patient with foramen ovale electrode, in 4 (33 %) patients with subdural strips.

Conclusion. All the presented modalities of invasive EEG are effective for localizing of seizure onset zone in this category of patients. Foramen ovale electrode using may be limited due to increased risk of complications.

Key words: epilepsy, focal epilepsy, temporal lobe epilepsy, invasive video-EEG monitoring, invasive EEG, invasive EEG monitoring, video-EEG, EEG monitoring

For citation: Dzhaferov V.M., Dmitriev A.B., Denisova N.P., Rzaev D.A. The comparative study of invasive electroencephalography modalities in temporal lobe epilepsy. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2020;23(3):14–22. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2021-23-3-14-22.

ВВЕДЕНИЕ

В хирургическом лечении фокальной эпилепсии особое значение имеет определение зоны начала приступов. Результаты многосуточного скальпового видео-ЭЭГ-мониторинга, ЭЭГ высокой плотности, магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга, позитронной и однофотонной эмиссионной томографии, магнитоэнцефалографии и их комбинаций не всегда позволяют обнаружить эпилептогенную зону или дают противоречивую информацию о ее расположении [1, 2]. В таких случаях инвазивный видео-ЭЭГ-мониторинг (инвазивная ЭЭГ) рассматривается как наиболее предпочтительный метод определения зоны, являющейся источником эпилептических приступов [3, 4]. В настоящее время существует ряд техник имплантации электродов для инвазивной ЭЭГ: электроды овального отверстия, субдуральные полоски и сетки, глубинные электроды, стерео-ЭЭГ и их комбинации [5]. Каждый из методов обладает преимуществами, профилем осложнений и может применяться в различных клинических ситуациях. По данным сравнительных исследований глубинных и кортикальных методик инвазивной ЭЭГ результаты в разных группах больных варьируемы [3, 6–12]. Данное исследование отображает анализ результатов инвазивной ЭЭГ с субдуральными и глубинными электродами у пациентов со структурной фармакорезистентной височной эпилепсией с мезиальными приступами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1. Отбор пациентов. В ретроспективное когортное исследование включены электронные истории болезней 37 пациентов, которым была проведена инвазивная ЭЭГ за период с 2013 по 2020 г. в ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (г. Новосибирск). Показания к проведению мониторинга определял консилиум (состоящий из эпилептолога, нейро-

физиолога, специалиста по лучевой диагностике, нейрохирурга, нейропсихолога), руководствуясь недостаточными или противоречивыми данными о локализации эпилептогенной зоны (неясная латерализация очага, расхождение клинических данных и МРТ, стертое начало иктального ЭЭГ-паттерна и т. д.). Критериями включения были: 1) возраст старше 18 лет, 2) пациенты с мезиальной височной эпилепсией, 3) специфические изменения височной доли по данным МРТ (мезиальный височный склероз, фокальная кортикальная дисплазия), 4) наличие судорожных приступов во время инвазивной ЭЭГ. Критерии исключения: 1) пациенты, ранее оперированные по поводу эпилепсии, 2) онкологическая и сосудистая этиология эпилепсии. Краткие сведения о больных отображены в табл. 1.

2. Предоперационная диагностика. Всем пациентам перед хирургическим лечением проведены стационарные неинвазивные обследования: МРТ головного мозга и продолжительный видео-ЭЭГ-мониторинг с регистрацией судорожных приступов.

МРТ по протоколу «эпилепсия» (T1 с толщиной среза 3 мм; T2 с толщиной среза 3 мм; T2 Flair с толщиной среза 1 мм, ориентированные продольно и перпендикулярно оси гиппокампов соответственно; DWI; SWI для исключения сосудистых аномалий; DIR; T1 с толщиной среза 1 мм с контрастированием при исключении опухолевого процесса), который до 2019 г. (27 больных) проводили на томографе Siemens Avanto (1,5 Тл), с 2019 г. (10 больных) на томографе Philips Ingenia (3 Тл) (T1 с толщиной среза 1 мм; 3D T1 с модификацией FSPGR IR с толщиной среза 1,5 мм; T2 с толщиной среза 3 мм; T2 Flair с толщиной среза 1 мм, ориентированные продольно и перпендикулярно оси гиппокампов соответственно; DWI; SWI; 3D DIR с толщиной среза 1 мм; T1 с толщиной среза 1 мм с контрастированием при исключении опухолевого процесса). Интерпретацию снимков проводили нейрохирург и специалист лучевой диагностики.

Таблица 1. Характеристика пациентов с инвазивной электроэнцефалографией

Table 1. Characteristic of patients with invasive electroencephalography

Характеристика Characteristics	Значение Value
Число пациентов Number of patients	37
Возраст, медиана (1 кв, 3 кв), годы Age, median (1 st q, 3 rd q), years	31 (26, 37)
Пол, м/ж Gender, m/f	13/24
Возраст начала приступов, медиана (1 кв, 3 кв), лет Age of onset epilepsy, median (1 st q, 3 rd q), years	13 (2, 19)
Длительность эпилепсии, медиана (1 кв, 3 кв), лет Epilepsy duration in years, median (1 st q, 3 rd q), years	16 (10, 29)
Количество приступов в месяц, медиана (1 кв, 3 кв) Seizure frequency per month, median (1 st q, 3 rd q)	4 (2, 7), у 3 пациентов неисчисляемое количество 4 (2, 7), an incalculable number in 3 patients
Количество дней мониторинга, медиана (1 кв, 3 кв) Duration of invasive electroencephalography, days, median (1 st q, 3 rd q)	7 (2, 10)
Мезиальный височный склероз Mesial temporal sclerosis	35
Сочетание фокальной кортикальной дисплазии и мезиального склероза височной доли Combination of mesial temporal sclerosis and focal cortical dysplasia	2

Иктальный неинвазивный видео-ЭЭГ-мониторинг выполняли на аппарате Nicolet One Monitor (США) с наложением скальповой ЭЭГ по схеме «10–20» и регистрацией событий на видеокамеру. Иктальную инвазивную ЭЭГ выполняли на аппарате с 32 или 64 каналами. Мониторинг завершали при регистрации 2 и более клинических событий, типичных для пациента. Интерпретацию ЭЭГ проводили нейрофизиолог и эпилептолог. Зону начала приступов оценивали стандартным способом [13]. При невыявлении зоны начала приступов одного из приступов (при наличии различных видов приступов) результат мониторинга считали отрицательным.

Результаты методов обследования, показания к инвазивной ЭЭГ и определение дальнейшей тактики лечения в каждом случае обсуждали на консилиуме.

3. Хирургическая техника. Пациенты были разделены по объему инвазивной ЭЭГ на 3 группы в зависимости от примененной техники имплантации электродов. Выбор методики инвазивной ЭЭГ определяли решением консилиума. Имплантацию электродов

выполняли под эндотрахеальным наркозом. Сразу после операции и в 1-й день проводили компьютерную томографию (Siemens Somatom Sensations, Германия) головного мозга с толщиной среза 1 мм с целью исключения геморрагического осложнения и оценки расположения электродов. В послеоперационном периоде пациенты находились в палатах видео-ЭЭГ-мониторинга.

3.1. Имплантация электродов овального отверстия (рис. 1). В положении пациента лежа на спине на электронно-оптическом преобразователе (ЭОП) выводили овальные отверстия из субмевентальной проекции. Доступом по Hartel иглу Туохи проводили к овальному отверстию с регулярным ЭОП-контролем, далее проводили внутримозговой 4-контактный электрод (AD-Tech, USA или Integra, США). Средние контакты располагали на уровне линии ската на боковой проекции рентгенограммы. Снаружи электроды фиксировали к коже с помощью пластиковых якорей. В палатах видео-ЭЭГ-мониторинга дополнительно накладывали скальповые ЭЭГ-электроды.

3.2. Имплантация кортикальных полосок (рис. 2). Линейный разрез мягких тканей длиной около 3 см проводили на 3 см выше уровня трагуса и на 1 см кпереди от него. Накладывали фрезевое отверстие, твердую мозговую оболочку вскрывали крестообразно. Субдурально устанавливали 6- и/или 4-контактные однорядные полосчатые электроды (AD-Tech, США, или Integra, США) под контролем ЭОП в соответствии с выбранным предоперационным планом. Всем пациентам имплантировали электроды на полюс и основание височной доли. Последние располагали как можно медиальнее к парагиппокампулярной извилине. Дополнительные электроды для исключения инициальной активности со смежных областей (при отсутствии локализованной иктальной активности по данным скальповой ЭЭГ) и для референса имплантировали на лобную и/или теменную доли. Кабели электродов выводили наружу через контрапертуру, сформированную на расстоянии в 2–3 см от основной раны.

3.3. Комбинация методик (рис. 3). В случае комбинации методов использовали сочетание субдуральных полосок с внутримозговым электродом, а также с электродом овального отверстия. При имплантации внутримозгового электрода через фрезевое отверстие в височной кости электроды устанавливали в медиальные структуры височной доли под контролем МРТ-навигации по заранее запланированной траектории с расположением контактов в мезиальных отделах височной доли.

3.4. Хирургическое лечение. Эффективность инвазивной ЭЭГ помимо выявления зоны начала приступов также оценивали по исходам резективной хирургии. Результаты проведенной переднемедиальной височной лобэктомии оценивали по шкале Engel не ранее чем через 6 мес [14]. Методика операции соответствовала

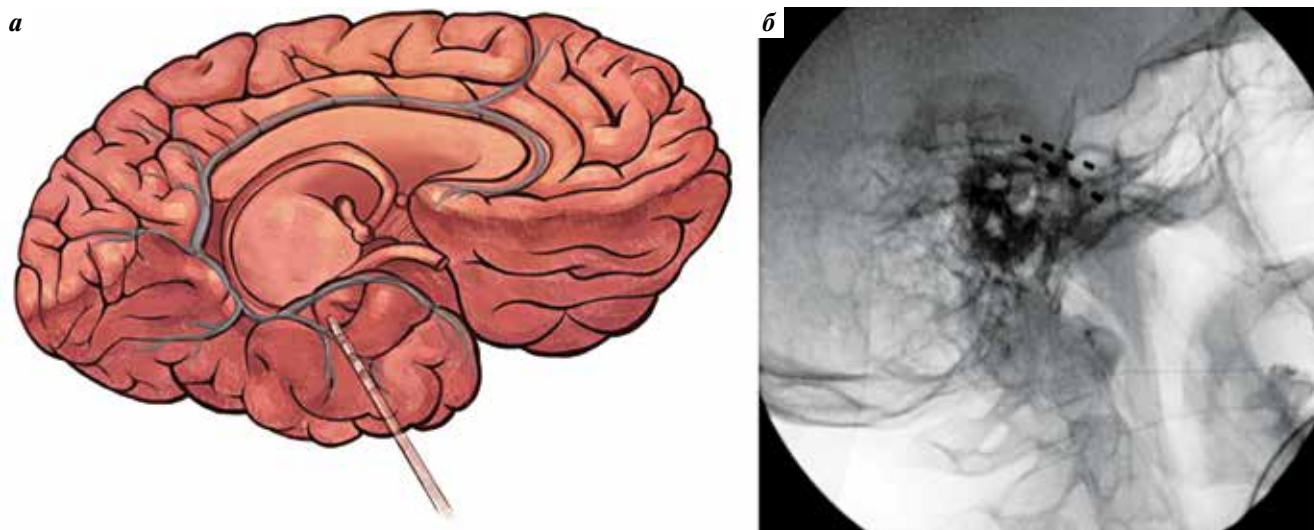


Рис. 1. Схема расположения электрода, проведенного к медиальным отделам височной доли через овальное отверстие (а). На боковой интраоперационной рентгенограмме головы отображены 2 электрода, установленные через овальные отверстия (б)

Fig. 1. A scheme of electrode implanted to mesial structures of temporal lobe through foramen ovale (a). Lateral X-ray image shows 2 foramen ovale electrodes (б)

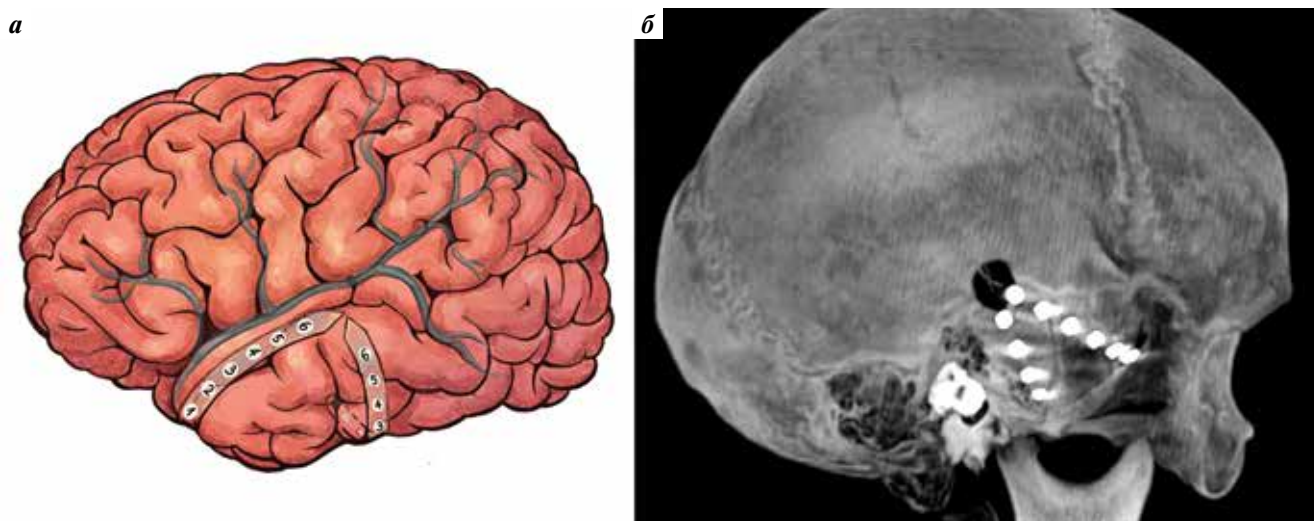


Рис. 2. Схема субдуральных электродов, расположенных на поверхности височной доли (полюс и основание) слева (а). Компьютерная томография головы в МРР. На снимке отображены 2 субдуральных электрода на височной доле (б)

Fig. 2. A scheme of subdural electrodes implanted on the surface of left temporal lobe (pole and basis) (a). Computed tomography scan in MIP shows 2 subdural electrodes on the temporal lobe (б)

ранее описанным в литературе общепринятым материалам [15].

3.5. Осложнения инвазивного мониторинга. Данные историй болезни, КТ и МРТ были проанализированы на предмет осложнений и неблагоприятных событий, связанных с инвазивной ЭЭГ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Эффективность инвазивной ЭЭГ. Исследование включало в себя следующие группы наблюдаемых: с электродами овального отверстия — 7, с субдуральными полосками — 23, с сочетанием методик — 7 человек. В последнюю вошли 6 пациентов, которым

были имплантированы кортикальные и глубинные внутримозговые электроды, а также 1 пациент с комбинацией субдуральных полосок, глубинного электрода и электрода овального отверстия (рис. 3, б). Зона начала приступов была выявлена в 36 (97 %) случаях. Инвазивная ЭЭГ при двусторонней имплантации локализовала зону начала приступов во всех 26 случаях, при односторонней — в 10 (90 %). Подробные сведения об инвазивной ЭЭГ приведены в табл. 2.

Покрытие лобной доли было выполнено у 26 больных. Покрытие теменной доли выполнили у 5 больных.

Хирургическое лечение. Хирургическое лечение было проведено 34 (92 %) больным, из них резективная

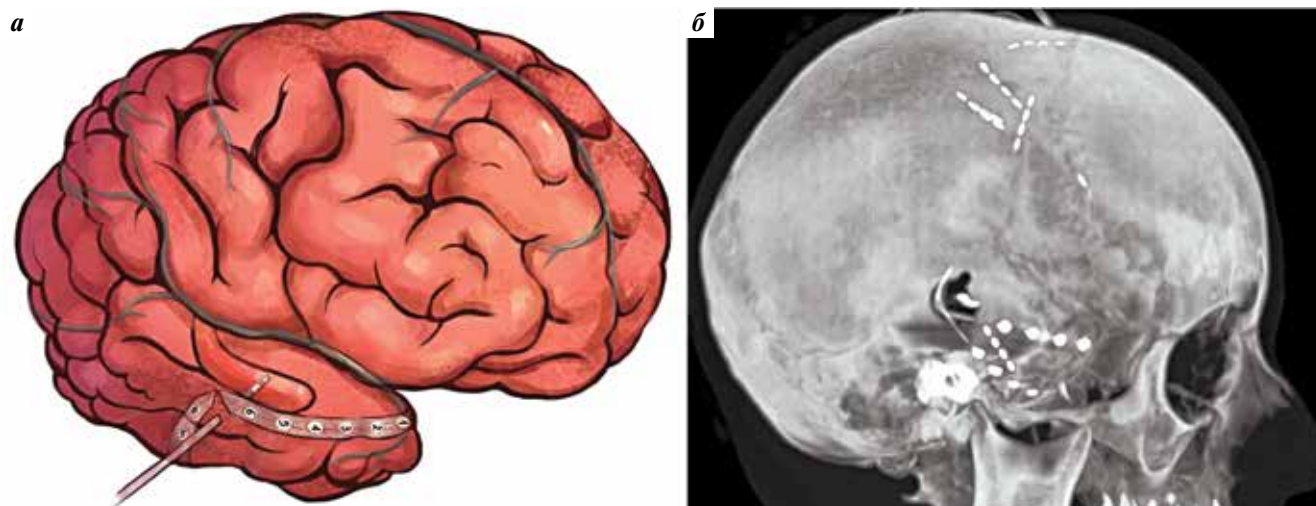


Рис. 3. На схеме изображено сочетание субдуральных электродов (на полюсе и основании) и внутримозгового электрода, имплантированного в медиальные отделы височной доли (а). Компьютерная томография головы в МРР, на которой отображены 2 субдуральных электрода на височной доле и электроды, проведенные через овальное и фрезевое отверстия (б)

Fig. 3. A scheme of subdural electrode implanted on the surface of temporal lobe (pole and basis) and depth electrode implanted to mesial structures of temporal lobe (a). Computed tomography scan in MIP shows 2 subdural electrodes and one electrode implanted through foramen ovale and one depth implanted through burr hole (b)

Таблица 2. Сведения о группах инвазивной электроэнцефалографии

Table 2. Characteristic of invasive electroencephalography groups

Группы пациентов с электродами Patients groups with electrodes		Инвазивная ЭЭГ с электродами овального отверстия Foramen ovale EEG	Инвазивная ЭЭГ с кортикальными электродами Subdural strip EEG	Инвазивная ЭЭГ с комбинацией методов Combination of invasive EEG
Число пациентов Number of patients		7	23	7
Билатеральная инвазивная ЭЭГ Bilateral invasive EEG		6	15	5
Выявление зоны начала приступов Localization of seizures onset zone		7 (100 %)	22 (96 %)	7 (100 %)
Время имплантации, медиана (1 кв, 3 кв), мин Time of procedure, median (1 q, 3q), min	Двусторонняя операция Bilateral procedure	40 (30–45)	95 (80–115)	130 (110–155)
	Односторонняя операция One side	15	52 (50–58)	82 (81–83)
Количество электродов на 1 пациента, медиана (1 кв, 3 кв) Mean number of electrodes per patient, median (1 q, 3q), n	Односторонняя операция One side	1	3 (3–4)	4 (3–5)
	Двусторонняя операция Bilateral procedure	2	6 (5–7)	6 (4–6)
Количество регистрирующих контактов на 1 пациента, медиана (1 кв, 3 кв) Mean number of electrodes per patient, median (1 q, 3q), n	Односторонняя операция One side	4	15 (14–17)	25 (23–26)
	Двусторонняя операция Bilateral procedure	8	28 (24–30)	26 (18–28)
Осложнения Complications		5 (71 %)	3 (13 %)	2 (29 %)

Примечание. ЭЭГ – электроэнцефалография.

Note. EEG – electroencephalography.

хирургия в объеме переднемедиальной височной лобэктомии выполнена 30 (81 %) больным. Три пациента отказались от дальнейшего оперативного лечения. На момент написания статьи сбор данных об эффективности операции проводили при катамнезе в среднем 28,3 (10–61) мес. Полугодового катамнеза не достигли 5 пациентов, у 2 результаты неизвестны. Благоприятные исходы хирургии (Engel I и II) отмечены у 18 (78 %) пациентов, неудовлетворительные (Engel III–IV) – у 5 (22 %) (табл. 3).

Таблица 3. Результаты переднемедиальной височной лобэктомии

Table 3. Results of anteromedial temporal lobectomy

Группы Groups	Инвазивная ЭЭГ с элект- родами овалъ- ного отверстия Foramen ovale EEG	Инвазивная ЭЭГ с кор- тикальными электродами Subdural strip EEG	Инвазивная ЭЭГ с ком- бинацией методов Combination of invasive EEG
Пациенты, n Patients, n	5	12	6
Engel I, II	4 (80 %)	8 (67 %)	6 (100 %)
Engel III, IV	1 (20 %)	4 (33 %)	0
Катамнез, мес, медиана (1 кв, 3 кв) Follow-up, months, median (1 q, 3 q)	14.5 (11, 15)	27 (13, 37)	15 (11, 22)

Трем пациентам с подтвержденной битемпоральной инициальной активностью имплантировали стимуляторы блуждающего нерва и одному – систему глубинной стимуляции мозга.

Осложнения инвазивной ЭЭГ. Значимые осложнения выявлены у 2 пациентов. Это были пациенты после имплантации электродов овального отверстия, у которых отмечена двусторонняя плегия жевательных мышц и выраженная гипестезия по III ветви тройничного нерва. Осложнение имело транзиторный характер, через 2 мес отмечено полное восстановление. Случаев ликвореи, требующей ревизионного вмешательства, не было. Осложнения в виде легкой гипестезии III ветви тройничного нерва после пункции овального отверстия наблюдали в 3 случаях; осложнения регрессировали в течение 2 нед. Также выявлены незначительные повреждения мозгового вещества 1–2 контактами субдуральных электродов в 5 случаях по данным КТ. Геморрагических осложнений при этом не зарегистрировано.

ОБСУЖДЕНИЕ

Точное выявление локализации эпилептогенной зоны чрезвычайно необходимо при фокальной эпилепсии, особенно при височной, поскольку основная часть резективной хирургии и результатов в виде достижения контроля над приступами приходится на хи-

рургию височной доли. В литературе появляется все больше данных о сравнении двух «противоположных» в анатомическом понимании подходов инвазивной ЭЭГ и связанных с ними методов – «кортикального» и «глубинного» инвазивного ЭЭГ-мониторинга [4, 7–9]. Выбор методики инвазивного ЭЭГ-мониторинга (стерео-ЭЭГ, субдуральные сетки и полоски, электроды овального отверстия, комбинации методов) нередко может быть дискуссионным. В данной статье рассмотрены результаты инвазивной ЭЭГ у пациентов со структурной височной эпилепсией с мезиальными приступами. Пациенты были разделены на группы по различным модальностям ЭЭГ-мониторинга. Регистрация эпилептиформной активности проводилась с электродов, расположенных на неокортикальном и мезиальном отделах височной доли соответственно. Наши результаты показали отсутствие существенных различий между ними в выявлении зоны начала приступов. Свободными от приступов оказались 74 % пациентов без существенной разницы между группами инвазивной ЭЭГ. Стоит отметить, что анализ был проведен у пациентов, которые имели только мезиальные приступы височной эпилепсии со специфическими изменениями по данным МРТ. В исследовании не рассмотрены больные с МРТ-негативной формой, экстрактемпоральной эпилепсией, признаками неокортикальной височной эпилепсии или височной «плюс» эпилепсии, с другими методиками инвазивной ЭЭГ. Таким образом, с учетом результатов, наша тактика у больных с мезиальным височным склерозом (или другим специфическим поражением медиальных отделов) с мезиальными приступами при показаниях к инвазивной ЭЭГ включает выбор любой рассмотренной методики инвазивного мониторинга.

Основное отличие между электродами заключается в их локализации относительно мезиальных и неокортикальных структур височной доли. Глубинные электроды располагаются в мезиальных отделах височной доли, регистрируя активность с различных участков гиппокампа, миндалины, парагиппокампальной извилины. Подразумевается, что при глубинном очаге эпилепсии, возможно, наилучшим способом выявления эпилептогенной зоны среди инвазивных методик будет именно подход с установкой глубинного электрода [5]. Существует вероятность, что результаты кортикального мониторинга, регистрируя активность преимущественно корковых областей височной доли, при глубинном очаге окажутся хуже. Однако наши результаты показали, что запись активности с полюса и основания височной доли субдуральными полосками у больных с предполагаемым глубинным фокусом эпилепсии так же эффективна, как и мониторинг глубинными электродами. В литературе описаны другие схемы расположения субдуральных полосок, которые также показали хорошую эффективность выявления эпилептогенной зоны в височной доле со структурными изменениями [8, 16, 17].

А. Valentin и соавт., сравнивая глубинные и субдуральные электроды, также не нашли значимых различий в результатах мониторинга [8]. Авторы анализировали результаты мониторинга у 74 пациентов, более половины которых имели мезиальный склероз. Глубинные электроды были установлены 17 пациентам, субдуральный мониторинг прошли 54. Статистически было доказано, что частота свободы от приступов была больше в группе с глубинными электродами. Однако эта корреляция не отмечена при наблюдении за пациентами больше года после операции. В заключение авторы рассматривают обе методики как достаточно эффективные при инвазивной ЭЭГ у пациентов с височной эпилепсией. А. Massot-Targus и соавт. описали результаты хирургии височной эпилепсии у 139 пациентов, которым провели двусторонний ЭЭГ-мониторинг с помощью субдуральных полосок [18]. Свободными от приступов при двухлетнем наблюдении были 53 % пациентов. S. Sheth и соавт. в своей работе продемонстрировали эффективность электродов овального отверстия у 38 (90,5 %) из 42 пациентов с выявленной эпилептогенной зоной [19]. Их выборка также включала преимущественно пациентов со структурной височной эпилепсией. Из оперированных пациентов 72 % оказались без приступов при среднем катамнезе 22 мес.

По литературным данным, осложнения инвазивного мониторинга могут составлять до 4–15 % с превалированием различного характера гематом и инфекционных процессов [6, 12, 20]. Пациенты с электродами овального отверстия могут иметь специфические осложнения: гипестезия по III ветви тройничного нерва, лицевая боль, гематома щечной области. Их частота, по данным S. Sheth и соавт. [19], J. Pastor и соавт. [21], составляет 4,8 %. В нашей серии было 2 транзиторных значимых осложнения, связанных исключительно с электродами овального отверстия, что составило 29 % от всех установленных электродов такого вида.

А. Valentin и соавт. отметили, что частота осложнений среди пациентов с субдуральными полосками и глубинными электродами меньше в группе последних — 8,8 и 5,8 % соответственно [8]. Ввиду некорректного расположения субдуральных электродов авторы заменили их на глубинные электроды в 15 случаях. Отсутствие визуального контроля имплантации субдуральных полосок является значительным недостатком данной техники. Некорректное сопоставление изображения костных ориентиров с анатомией рельефа коры может привести к мальпозиции электрода относительно участка поражения, особенно при наличии структурного поражения на конвекситальной поверхности полушарий. Таким образом, «слепая» установка электродов может ухудшить результат мониторинга [3]. Используемая нами техника имплантации субдуральных полосок проста и минимизирует риск мальпозиции электрода, хотя и не исключает его

полностью. Глубинные электроды или электроды овального отверстия имеют более точное расположение благодаря технологии их установки.

Сравнивая данные методики инвазивной ЭЭГ с более объемными методиками, такими как стерео-ЭЭГ или субдуральные сетки, можно отметить несколько пунктов. Данные публикаций демонстрируют, что их эффективность в выявлении эпилептогенной зоны при височной эпилепсии и дальнейшей резекции не уступает другим. В метаанализе М. Toth и соавт. описаны результаты у разнородных пациентов с височной эпилепсией: в группе с субдуральными сетками в среднем около 56,7 % пациентов не имели приступов, а в группе со стерео-ЭЭГ — 73,9 % [12]. В анализе Н. Yап и соавт. число больных со стерео-ЭЭГ, которые оказались без судорожных приступов, несколько меньше — 61 % [6]. Однако частота осложнений больше в группе пациентов с субдуральными сетками — 15,5 %, чем в группе стерео-ЭЭГ — 4,8 %. По данным других авторов, инвазивный мониторинг с помощью субдуральных сеток является также наиболее морбидным [9, 22].

В нашей работе были оценены и затраты времени на процедуры. Время операции было минимальным при установке электродов овального отверстия и наибольшим при комбинации методик. Н. Joswig и соавт., сравнивая субдуральные полоски со стерео-ЭЭГ, указывают, что время операции было больше в группе последних. При этом результаты мониторинга были практически идентичны [7].

Несмотря на это, выбор инвазивной ЭЭГ зависит от конкретной клинической ситуации. Тактика выбора может существенно измениться при подозрении на неокортикальную височную эпилепсию или при МРТ-негативной форме. Другие формы эпилепсии могут стать показаниями к применению специфических методик инвазивной ЭЭГ [4, 23, 24]. Ограничениями нашего исследования являются моноцентровой характер исследования, малая выборка больных и значительная разнородность по времени оценки отдаленных результатов хирургического лечения в оцениваемых группах. Необходимо продолжение исследований сравнения модальностей инвазивного мониторинга ЭЭГ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Такие методы инвазивной ЭЭГ, как электроды овального отверстия, кортикальные полоски и комбинации электродов, являются эффективными опциями для поиска эпилептогенной зоны. Выявление зоны начала приступов наблюдалось у 97 % пациентов со структурной мезиальной височной эпилепсией, а свободными от судорог после резективной хирургии при двухлетнем наблюдении стали 74 % больных. Применение электродов овального отверстия может быть ограничено из-за относительно высокого риска развития серьезных осложнений их имплантации.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Крылов В.В., Гехт А.Б., Трифонов И.С. и др. Исходы хирургического лечения пациентов с фармакорезистентными формами эпилепсии. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова 2016;116(9-2):13–8. [Krylov V.V., Guekht A.B., Trifonov I.S. et al. Outcomes of surgical treatment of patients with pharmacoresistant epilepsy. Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova = Korsakov's Journal of Neurology and Psychiatry 2016;116(9-2):13–8. (In Russ.)]. DOI: 10.17116/jnevro20161169213-18.
2. Jin P., Wu D., Li X. et al. Towards precision medicine in epilepsy surgery. Ann Transl Med 2016;4:24. DOI: 10.3978/j.issn.2305-5839.2015.12.65.
3. Taussig D., Montavont A., Isnard J. Invasive EEG explorations. Neurophysiol Clin 2015;45(1):113–9. DOI: 10.1016/j.neucli.2014.11.006.
4. Katz J.S., Abel T.J. Stereoelectroencephalography versus subdural electrodes for localization of the epileptogenic zone: what is the evidence? Neurotherapeutics 2019;16(1):59–66. DOI: 10.1007/s13311-018-00703-2.
5. Jayakar P., Gotman J., Harvey A. et al. Diagnostic utility of invasive EEG for epilepsy surgery: indications, modalities, and techniques. Epilepsia 2016;57(11):1735–47. DOI: 10.1111/epi.13515.
6. Yan H., Katz J.S., Anderson M. et al. Method of invasive monitoring in epilepsy surgery and seizure freedom and morbidity: a systematic review. Epilepsia 2019;60(9):1960–72. DOI: 10.1111/epi.16315.
7. Joswig H., Lau J.C., Abdallat M. et al. Stereoelectroencephalography versus subdural strip electrode implantations: feasibility, complications, and outcomes in 500 intracranial monitoring cases for drug-resistant epilepsy. Neurosurgery 2020;87(1):E23–30. DOI: 10.1093/neuros/nyaa112.
8. Valentin A., Hernando-Quintana N., Moles-Herbera J. et al. Depth versus subdural temporal electrodes revisited: impact on surgical outcome after resective surgery for epilepsy. Clin Neurophysiol 2017;128(3):418–23. DOI: 10.1016/j.clinph.2016.12.018.
9. Tandon N., Tong B.A., Friedman E.R. et al. Analysis of morbidity and outcomes associated with use of subdural grids vs stereoelectroencephalography in patients with intractable epilepsy. JAMA Neurol 2019;76(6):672–81. DOI: 10.1001/jamaneurol.2019.0098.
10. Van Gompel J.J., Worrell G.A., Bell M.L. et al. Intracranial electroencephalography with subdural grid electrodes: techniques, complications, and outcomes. Neurosurgery 2008;63(3):498–505. DOI: 10.1227/01.neu.0000324996.37228.f8.
11. Cossu M., Cardinale F., Castana L. et al. Stereoelectroencephalography in the presurgical evaluation of focal epilepsy: a retrospective analysis of 215 procedures. Neurosurgery 2005;57(4):706–18. DOI: 10.1227/01.neu.0000176656.33523.1e.
12. Toth M., Papp K.S., Gede N. et al. Surgical outcomes related to invasive EEG monitoring with subdural grids or depth electrodes in adults: a systematic review and meta-analysis. Seizure 2019;70:12–9. DOI: 10.1016/j.seizure.2019.06.022.
13. Barba C., Barbati G., Minotti L. et al. Ictal clinical and scalp-EEG findings differentiating temporal lobe epilepsies from temporal 'plus' epilepsies. Brain 2007;130(Pt 7):1957–67. DOI: 10.1093/brain/awm108.
14. Engel J. Jr, Van Ness P.C., Rasmussen T.B., Ojemann L.M. Outcome with respect to epileptic seizures. In: Surgical treatment of the epilepsies. Ed. by J. Engel Jr. 2nd edn. Raven Press, 1993. Pp. 609–621.
15. Schaller K., Cabrilo I. Anterior temporal lobectomy. Acta Neurochir (Wien) 2016;158(1):161–6. DOI: 10.1007/s00701-015-2640-0.
16. Steven D., Andrade-Souza Y., Burneo J. et al. Insertion of subdural strip electrodes for the investigation of temporal lobe epilepsy. J Neurosurg 2007;106(6):1102–6. DOI: 10.3171/jns.2007.106.6.1102.
17. Cohen-Gadol A., Spencer D. Use of an anteromedial subdural strip electrode in the evaluation of medial temporal lobe epilepsy. J Neurosurg 2003;99(5):921–3. DOI: 10.3171/jns.2003.99.5.0921.
18. Massot-Tarrús A., Steven D., McLachlan R. et al. Outcome of temporal lobe epilepsy surgery evaluated with bitemporal intracranial electrode recordings. Epilepsy Res 2016;127:324–30. DOI: 10.1016/j.eplepsyres.2016.08.008.
19. Sheth S.A., Aronson J., Shafi M. et al. Utility of foramen ovale electrodes in mesial temporal lobe epilepsy. Epilepsia 2014;55(5):713–24. DOI: 10.1111/epi.12571.
20. Schmidt R., Wu C., Lang M. et al. Complications of subdural and depth electrodes in 269 patients undergoing 317 procedures for invasive monitoring in epilepsy. Epilepsia 2016;57(10):1697–708. DOI: 10.1111/epi.13503.
21. Pastor J., Sola R., Hernando-Requejo V. et al. Morbidity associated with the use of foramen ovale electrodes. Epilepsia 2008;49(3):464–9. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2007.01314.x.
22. Hedegard E., Bjellvi J., Edelvik A. et al. Complications to invasive epilepsy surgery workup with subdural and depth electrodes: a prospective population-based observational study. J Neurol Neurosurg Psychiatr 2013;85(7):716–20. DOI: 10.1136/jnnp-2013-306465.
23. Barba C., Rheims S., Minotti L. et al. Temporal plus epilepsy is a major determinant of temporal lobe surgery failures. Brain 2015;139(2):444–51. DOI: 10.1093/brain/aww372.
24. Зуев А.А., Головтеев А.Л., Педяш Н.В. и др. Возможности хирургического лечения фармакорезистентной эпилепсии с использованием робот-ассистированной имплантации глубоких электродов для проведения инвазивной стереоэлектроэнцефалографии. Нейрохирургия 2020;22(1):12–20. [Zuev A.A., Golovtsev A.L., Pedyash N.V. et al. Possibilities for surgical treatment of the pharmacoresistant form of epilepsy using robot-assisted implantation of deep electrodes for invasive stereoelectroencephalography. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2020;22(1):12–20. (In Russ.)]. DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-1-12-20.

Благодарность. Авторы благодарят Аристархову Марию Константиновну за предоставление графического материала, Мойсак Галину Ивановну за научную консультацию и коррективы при процессе написания.

Acknowledgment. The authors express their gratitude to Maria Konstantinovna Aristarkhova for providing illustrations and to Galina Ivanovna Moysak for critical comments and corrections in the process of article writing.

Вклад авторов

В.М. Джафаров: разработка дизайна исследования, получение, обработка и анализ данных, написание текста статьи;

А.Б. Дмитриев, Н.П. Денисова: анализ полученных данных;

Д.А. Рзаев: научное редактирование статьи.

Authors' contributions

V.M. Dzhabarov: developing the research design, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article writing;

A.B. Dmitriev, N.P. Denisova: analysis of the obtained data;

D.A. Rzaev: scientific editing of the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

В.М. Джафаров / V.M. Dzhabarov: <https://orcid.org/0000-0002-5337-8715>

А.Б. Дмитриев / A.B. Dmitriev: <https://orcid.org/0000-0003-3578-6915>

Н.П. Денисова / N.P. Denisova: <https://orcid.org/0000-0002-6076-5262>

Д.А. Рзаев / D.A. Rzaev: <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике Федерального центра нейрохирургии (протокол № 6 от 20.08.2020).

Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

The study protocol was approved by the bio-medical ethics committee of Federal Neurosurgical Center (protocol No. 6 from 20.08.2020).

All patients gave written informed consent to participate in the study.

Статья поступила: 17.11.2020. **Принята к публикации:** 14.05.2021.

Article submitted: 17.11.2020. **Accepted for publication:** 14.05.2021.