

Хірургічне лікування мультифокальної епілепсії

К. Р. Костюк ^{ID}*^{1,A-F}, В. М. Бунякін ^{ID}^{1,A-D}, В. В. Чебурахін ^{ID}^{1,B},
М. М. Шевельов ^{ID}^{1,B}, Ю. М. Медведєв ^{ID}^{1,B}, А. О. Попов ^{ID}^{1,B}, Д. А. Тевзадзе ^{ID}^{2,B},
С. М. Дічко ^{ID}^{1,B}, В. В. Мусулевська ^{ID}^{2,B}, О. М. Канаїкін ^{ID}^{1,B}

¹ДУ «Інститут нейрохірургії імені академіка А. П. Ромоданова НАМН України», м. Київ, ²Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, м. Київ

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Ключові слова:

структурна епілепсія, мультилобарні резекції, калозотомія, функціональна гемісферотомія.

Запорізький медичний журнал.
2022. Т. 24, № 1(130).
С. 70-78

*E-mail:

kostiuk.neuro@gmail.com

Мета роботи – оцінювання результатів хірургічного лікування мультифокальної епілепсії шляхом диференційованого підходу до вибору хірургічного втручання залежно від клінічних проявів захворювання та структурно-функціональних змін головного мозку.

Матеріали та методи. У дослідження залучили 48 хворих на мультифокальну фармакорезистентну епілепсію: 37 (77 %) дітей і 11 (23 %) дорослих. Вік пацієнтів – від 2 до 44 років (у середньому – 12,7 року). У переважній більшості хворих (n = 46, 95,8 %) напади були щоденними. До хірургічного втручання хворі отримували від 2 до 11 (у середньому – 5,1 ± 2,5) протиепілептичних препаратів як моно- або політерапію.

Стереотаксичну калозотомію (СК) виконали 12 (25,0 %) пацієнтам, мікрохірургічну калозотомію (МК) – 18 (37,5 %), мультилобарні резекції (МЛР) – 6 (12,5 %), функціональну гемісферотомію (ФГ) – 12 (25,0 %) хворим. Післяопераційний катамнез простежили в термін від 6 місяців до 11 років (у середньому – 5,5 ± 2,1 року).

Результати. У 25 (52 %) спостереженнях множинні епілептичні фокуси або дифузні структурні й електрофізіологічні зміни виявили в межах однієї півкулі, у 19 (40 %) випадках структурні ураження головного мозку двобічні, у 4 (8 %) хворих діагностована МРТ-негативна епілепсія з двобічною епілептиформною активністю.

Після операції епілептичні напади припинилися у 23 (48 %) хворих (ІА клас за шкалою Енгеля), у 8 (17 %) випадках спостерігали нечасті короткотривалі аури або фокальні напади (ІІ клас за Енгелем), у 6 (13 %) спостереженнях частота нападів зменшилася менше ніж на 75 % або суттєво не змінилася. Найкращі результати отримали після ФГ і МЛР (напади припинилися у 90 % хворих), а після СК контроль за епілептичними нападами визначили у 25 % випадків. Операційні ускладнення виникли у 3 (6,3 %) пацієнтів, 1 із цих хворих помер (післяопераційна летальність – 2,1 %).

Висновки. Поєднання резекційних операцій і дисконекції – ефективний і безпечний метод хірургічного лікування мультифокальної епілепсії. Припинення нападів сприяє регресу психоемоційних розладів у дітей із тяжкою формою епілепсії та покращує якість життя хворих.

Key words:

epilepsy, multilobar resections, callosotomy, functional hemispherotomy.

Zaporozhye medical journal
2022; 24 (1), 70-78

Surgical treatment for multifocal epilepsy

K. R. Kostiuk, V. M. Buniakin, V. V. Cheburakhin, M. M. Shevelov, Yu. M. Medvediev,
A. O. Popov, D. A. Tevzadze, S. M. Dichko, V. V. Musulievskaya, O. M. Kanaikin

Aim. Assessment of the surgical treatment efficacy in multifocal epilepsy by a differentiated surgical approach depending on the clinical manifestations of the disease and structural and functional changes of the brain.

Materials and methods. 48 patients with multifocal epilepsy (MFE) were enrolled in the study including 37 (77 %) children and 11 (23 %) adults. Patient age ranged from 2 to 44 years (mean 12.7 years). Most patients (46 (95.8 %) cases) had daily seizures. Before the treatment, the patients used between 2 and 11 antiepileptic drugs (on average 5.1 ± 2.5) as mono- or polytherapy.

12 (25.0 %) patients underwent stereotactic callosotomy (SC), 18 (37.5 %) – microsurgical callosotomy (MC), 6 (12.5 %) – multifocal resections (MFR), 12 (25.0 %) – functional hemispherotomy (FH). Postoperative long-term follow-up ranged from 6 months to 11 years (mean 5.5 years).

Results. Multiple epileptiform focuses or diffuse structural and electric discharges within one hemisphere observed in 25 (52 %) cases; bilateral structural lesions revealed in 19 (40 %) cases; MRI-negative epilepsy with bilateral discharges – in 4 (8 %) patients.

After surgery, 23 (48 %) patients became seizures free (Engel Class IA), 8 (17 %) patients had rare short auras or focal seizures (Engel Class II), the seizure frequency reduced by less than 75 % or did not change significantly in 6 (13 %) cases. Best results were achieved after FH and MFR (90 % patients became seizures free), whereas seizures stopped only in 25 % cases after SC. 3 (6.3 %) patients developed operative complications, one of them died (postoperative mortality was 2.1 %).

Conclusions. Combination of resective and disconnection surgeries is effective and safe method of surgical treatment for MFE. Stopping seizures leads to the regression of psycho-emotional disorders in children with severe epilepsy and increases the quality of life.

Хирургическое лечение мультифокальной эпилепсии

К. Р. Костюк, В. Н. Бунякин, В. В. Чебурахин, М. Н. Шевелёв, Ю. М. Медведев, А. А. Попов, Д. А. Тевзадзе, С. Н. Дичко, В. В. Мусулевская, А. М. Канайкин

Цель работы – оценка результатов хирургического лечения мультифокальной эпилепсии на основании дифференцированного подхода к выбору хирургической тактики в зависимости от клинических проявлений и структурно-функциональных изменений головного мозга.

Материалы и методы. В исследование включили 48 больных мультифокальной фармакорезистентной эпилепсией: 37 (77 %) детей и 11 (23 %) взрослых. Возраст пациентов – от 2 до 44 лет (в среднем – 12,7 года). У подавляющего большинства больных (n = 46, 95,8 %) припадки были ежедневными. К моменту хирургического вмешательства больные принимали от 2 до 11 (в среднем – $5,1 \pm 2,5$) противоэпилептических препаратов в качестве моно- или политерапии. Стереотаксическая каллозотомия (СК) проведена 12 (25,0 %) больным, микрохирургическая каллозотомия (МК) – 18 (37,5 %), мультилобарные резекции (МЛР) – 6 (12,5 %), функциональная гемисферотомия (ФГ) – 12 (25,0 %). Послеоперационный катамнез прослежен в сроки от 6 месяцев до 11 лет (в среднем – $5,5 \pm 2,1$ года).

Результаты. В 25 (52 %) наблюдениях множественные эпилептические фокусы или диффузные структурные и электрофизиологические изменения отмечены в пределах одного полушария, в 19 (40 %) случаях структурное поражение головного мозга было двусторонним, у 4 (8 %) больных диагностирована МРТ-негативная эпилепсия с двусторонней эпилептиформной активностью.

После операции эпилептические припадки прекратились у 23 (48 %) больных (IA класс по шкале Энгеля), в 8 (17 %) случаях наблюдали редкие кратковременные ауры или фокальные припадки (II класс по Энгелю), в 6 (13 %) наблюдениях частота припадков снизилась менее чем на 75 % или существенно не изменилась. Наилучшие результаты достигнуты после ФГ и МЛР (припадки прекратились у 90 % больных), а после СК контроль над эпилептическими припадками отмечен в 25 % случаев. Операционные осложнения возникли у 3 (6,3 %) пациентов, 1 из этих больных умер (послеоперационная летальность – 2,1 %).

Выводы. Сочетание резекционных операций и дисконнекций – эффективный и безопасный метод хирургического лечения мультифокальной эпилепсии. Прекращение припадков способствует регрессу психоэмоциональных расстройств у детей с тяжёлой формой эпилепсии и улучшает качество жизни больных.

Ключевые слова:

структурная эпилепсия, мультилобарные резекции, каллозотомия, функциональная гемисферотомия.

Запорожский медицинский журнал. 2022. Т. 24, № 1(130). С. 70-78

Епілепсія – одне з найпоширеніших захворювань центральної нервової системи, що інвалідизує. Захворюваність на епілепсію становить майже 50 нових випадків на 100 000 населення за рік. У понад 1 % населення планети діагностовано цей недуг, у 75 % випадків епілепсія розвивається в дитячому віці.

За даними фахової літератури, за допомогою протіепілептичних препаратів (ПЕП) повного контролю над епілептичними нападами вдається досягти у 60–80 % [1–3]. В інших хворих розвивається фармакорезистентна епілепсія, що характеризується складним перебігом, частими епілептичними травматичними нападами, повторними епілептичними статусами, розвитком когнітивних і психоемоційних розладів [4,5]. Найчастіше фармакорезистентну епілепсію діагностують при мультилобарних або двобічних ураженнях головного мозку.

Особливої уваги потребує дитяча епілепсія, що має певні відмінності від патології в дорослих. Передусім це стосується різної етіології захворювання, насамперед перинатальної патології, наявності виражених структурних уражень головного мозку, високої частоти гемисферної патології (енцефаліт Расмуссена, синдром Штурге–Вебера), високої частоти фармакорезистентності та психічних порушень. Кумулятивний ефект частих епілептичних нападів у дітей може мати катастрофічні наслідки, призводить до дисфункції кори головного мозку та вторинного епілептогенезу. Усе це – причини когнітивних і поведінкових порушень, появи агресії, гіперактивності, порушень уваги та розвитку психосоціальних проблем [6,7].

Основна мета будь-якого методу лікування епілепсії – позбавлення хворого від епілептичних нападів та усунення параксизмальної епілептичної активності головного мозку. У разі мультифокальної фармакорезистентної епілепсії метою хірургічного лікування може бути блокування поширення епілептичної активності, що можна досягти шляхом комбінації резекційних хірургічних втручань і функціональних дисконекцій [8–11].

Найефективніші хірургічні втручання – резекційні операції, яким обов'язково мають передувати сучасні електрофізіологічні та нейровізуалізаційні дослідження, спрямовані на визначення локалізації та поширення епілептичного фокуса, шляхів поширення епілептичної активності, а також визначення співвідношення епілептичного вогнища та функціонально важливих ділянок головного мозку. Ці дослідження можна здійснити з використанням сучасних електрофізіологічних і нейровізуалізаційних діагностичних технологій. Останнім часом набувають популярності комбіновані операції, що поєднують резекційні втручання та малоінвазивні нейрохірургічні технології, зокрема нейростимулювальні операції та абляції різних видів (радіочастотна, радіохірургічна, лазерна, ультразвукова) [12–15].

Мета роботи

Оцінювання результатів хірургічного лікування мультифокальної епілепсії шляхом диференційованого підходу до вибору хірургічного втручання залежно від клінічних проявів захворювання та структурно-функціональних змін головного мозку.

Мета роботи

Оцінювання результатів хірургічного лікування мультифокальної епілепсії шляхом диференційованого підходу до вибору хірургічного втручання залежно від клінічних проявів захворювання та структурно-функціональних змін головного мозку.

Матеріали і методи дослідження

У дослідження залучили 48 хворих на мультифокальну фармакорезистентну епілепсію: 37 (77 %) дітей і 11 (23 %) дорослих. Вік пацієнтів – від 2 до 44 років (у середньому – 12,7 року). Хворі здебільшого мали тяжкий

Таблиця 1. Клінічна характеристика хворих

Показник	Види операцій				
	СК, n = 12	МК, n = 18	МЛР, n = 6	ФГ, n = 12	Загалом, n = 48
Діти	5	17	4	11	37
Дорослі	7	1	2	1	11
Середній вік, роки	18,9	8,0	19,7	9,4	12,7
Середня тривалість епілепсії, роки (M ± m)	12,3	6,6	11,3	6,1	8,9 ± 2,3
Епілептичний статус в анамнезі	6	15	6	11	38 (79,2 %)
Середня кількість ПЕП, (M ± m)	4,6	5,2	5,0	5,1	5,1 ± 2,5

Таблиця 2. Етіологія епілепсії

Етіологія	Види операцій				
	СК, n = 12	МК, n = 18	МЛР, n = 6	ФГ, n = 12	Загалом, n = 48
Перинатальна гіпоксично-ішемічна енцефалопатія	4	4	1	2	11
Наслідки внутрішньомозкового крововиливу	3	3	1	2	9
Наслідки менінгоенцефаліту	3	4	0	0	7
Енцефаліт Расмуссена	0		2	4	6
Кортикальна дисплазія	1	2	2	3	8
Пухлина головного мозку	1		0	1	2
Гемімегаалоенцефалія	0	2	0	0	2
Мікролісенцефалія	0	1	0	0	1
Синдром Штурге-Вебера	0	2	0	0	2

Таблиця 3. Результати операцій

Результати операцій	Види операцій				
	СК, n = 12	МК, n = 18	МЛР, n = 6	ФГ, n = 12	Загалом, n = 48, (%)
Енгель I	3	5	4	11	23 (47,9 %)
Енгель II	5	9	2	1	17 (35,4 %)
Енгель III	2	3	0	0	5 (10,4 %)
Енгель IV	2	1	0	0	3 (6,3 %)
Операційні ускладнення	0	2	0	1	3 (6,3 %)
Післяопераційна летальність	0	0	0	1	1 (2,1 %)

перебіг захворювання з частими, серійними нападами (36 випадків – 75,0 %), повторними епілептичними статусами (38 спостережень – 79,2 %), психоемоційними розладами, що прогресують (34 пацієнти – 70,8 %). У переважної більшості хворих (n = 46, 95,8 %) напади були щодня. До хірургічного втручання хворі отримували від 2 до 11 (у середньому – 5,1 ± 2,5) ПЕП як моно- або політерапію (табл. 1).

Передопераційна діагностика включала оцінювання психоневрологічного статусу хворих, ЕЕГ-відеомоніторинг, магнітно-резонансну томографію (МРТ) головного мозку за протоколом «Епілепсія», за необхідності – комп'ютерну томографію (КТ) головного мозку, церебральну ангіографію. Однофотонну емісійну КТ (ОФЕКТ) виконали 14 (21,2 %) хворим, позитронну емісійну томографію (ПЕТ) – 6 (12,5 %), субтракційну іктальну ОФЕКТ, кореєстровану з даними МРТ, (SISCOM) – 3 (6,3 %), функціональну МРТ – 3 (6,3 %) випадки.

Здійснили нейрохірургічні втручання: стереотаксичну калозотомію (СК) – 12 (25,0 %), мікрохірургічну калозотомію (МК) – 18 (37,5 %), мультилобарні резекції (МЛР) – 6 (12,5 %), функціональну гемісферотомію (ФГ) – 12 (25,0 %) випадків. СК виконали методом ра-

діючастотної деструкції коліна та передньої половини стовбура мозолистого тіла 10 (83,3 %) хворим, тотальну СК здійснили у 2 (16,7 %) випадках. Тотальну МК виконали 11 (61,1 %) пацієнтам, передню розширену МК – 7 (38,9 %), під час котрої зробили розтин коліна, передніх 2/3 стовбура мозолистого тіла. У двох із цих хворих напади відновилися, тому через 1 рік їм виконали повторну розширену МК, що включала розтин задньої 1/3 стовбура та потовщення мозолистого тіла.

Модифіковану функціональну періінсулярну гемісферотомію виконали 12 хворим. Операція передбачала передню скроневу лобектомію з резекцією амігдало-гіпокампулярного комплексу, трансекцією променистого вінця (corona radiata) шляхом розтину мозкової речовини від кори до епендими нижнього рогу бокового шлуночка ззаду з продовженням розтину вперед уздовж переднього рогу іпсилатерального бокового шлуночка. Надалі виконували калозотомію під перикалозними артеріями від коліна та дзьоба мозолистого тіла назад до вільного краю серпоподібного паростка з візуалізацією тенноріуму мозочка. Потім виконували задню дисконекцію тім'яно-потиличної кори шляхом розтину білої речовини вздовж намету від місця сполучення фальксу з наметом мозочка до задніх відділів скроневої частки і з'єднання розтину з нижнім рогом бокового шлуночка. Наступний етап – лобова дисконекція шляхом трансекції лобової частки мозку субпіальною резекцією у напрямку медіальної міжгемісферної речовини мозку. На останньому етапі операції здійснюють резекцію кори острівця (insula).

Післяопераційний катанез простежили у строки від 6 місяців до 11 років (у середньому – 5,5 ± 2,1 року). Хворим здійснили обстеження через 6 і 12 місяців після хірургічного втручання, надалі – щорічні контрольні обстеження. Протягом перших 6 місяців протиепілептичну терапію не змінювали. Ефективність хірургічного втручання оцінювали за шкалою Енгеля (Engel scale) [16].

Статистичне опрацювання даних виконали, використавши традиційні методи параметричної статистики. Розраховували середнє арифметичне значення, похибку середнього арифметичного значення та середньоквадратичне відхилення. Критичне значення статистичного рівня значущості – <0,05 (5 %).

Результати

Хірургічне лікування одним етапом здійснили 45 (93,6 %) хворим. У 2 (6,4 %) випадках тотальну калозотомію виконали у два етапи: спочатку передню, потім задню. Термін між операціями в обох випадках – менше ніж 1 рік. Ще одній пацієнтці з енцефалітом Расмуссена спочатку здійснили резекцію передніх відділів лобової частки, через 2 роки виконали функціональну гемісферотомію.

У 25 (52 %) спостереженнях множинні епілептичні фокуси або дифузні структурні, електрофізіологічні зміни виявили в межах однієї півкулі, у 19 (40 %) випадках структурні ураження головного мозку двобічні, у 4 (8 %) хворих діагностували МРТ-негативну епілепсію з двобічною епілептиформною активністю. У більшості хворих причини епілепсії – перинатальна гіпоксично-ішемічна енцефалопатія, наслідки внутрішньомозкового крововиливу та менінгоенцефаліту, енцефаліт Расмуссена,

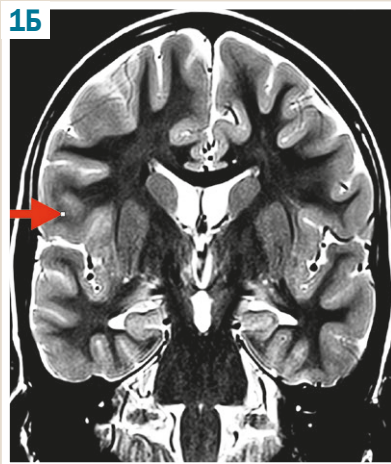


Рис. 1. Передопераційне МРТ хворої Т. Дифузна кортикальна дисплазія лобово-скронєво-тім'яної ділянки. **А:** аксіальний зріз; **Б:** коронарний зріз.

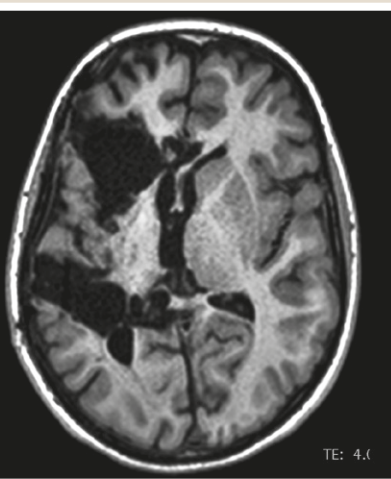
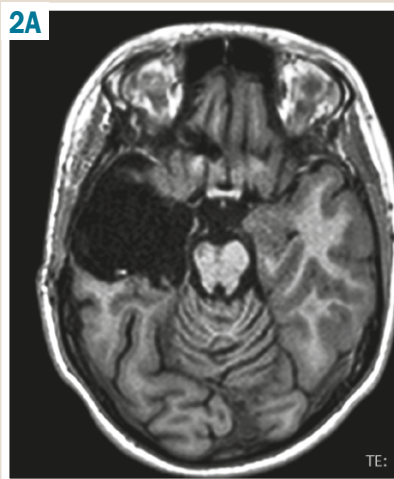


Рис. 2. МРТ хворої Т. через 12 місяців. Дифузна кортикальна дисплазія лобово-скронєво-тім'яної ділянки. **А:** аксіальний зріз; **Б:** коронарний зріз.

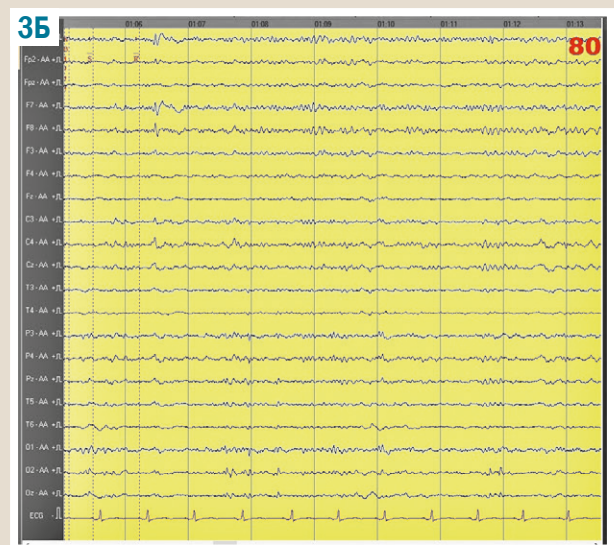


Рис. 3. **А:** передопераційна ЕЕГ вказує на міжіктальну епілептиформну активність правої гемісфери; **Б:** післяопераційна ЕЕГ показує суттєве зниження епілептиформної активності.

ураження внаслідок порушень нейрональної та гліальної проліферації (кортикальна дисплазія, гемімегаоенцефалія) (табл. 2).

Післяопераційний катамнез простежили в 48 (100 %) хворих. Після операції епілептичні напади припинилися у 23 (48 %) пацієнтів (IA клас за шкалою Енгеля 1A), у 8 (17 %) випадках спостерігали нечасті короткотривалі

аури або фокальні напади (II за Енгелем), у 6 (13 %) спостереження частота нападів зменшилася менше ніж на 75 % або суттєво не змінилася. Найкращі результати отримали після ФГ і МЛР (напади припинилися у 90 % хворих), а після СК контроль за епілептичними нападами спостерігали тільки у 25 % випадків (табл. 3). Після обох видів калозотомії генералізовані атонічні напади

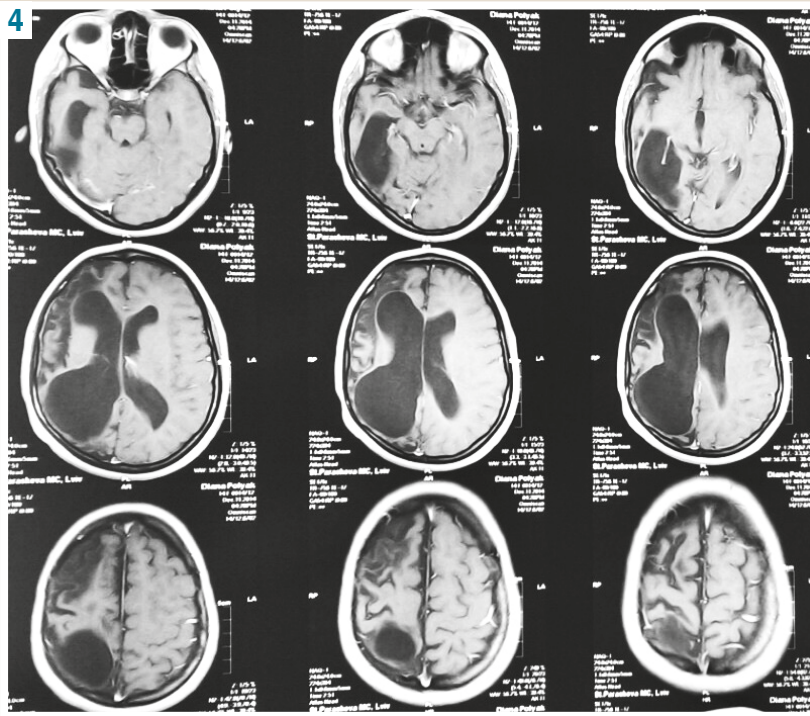
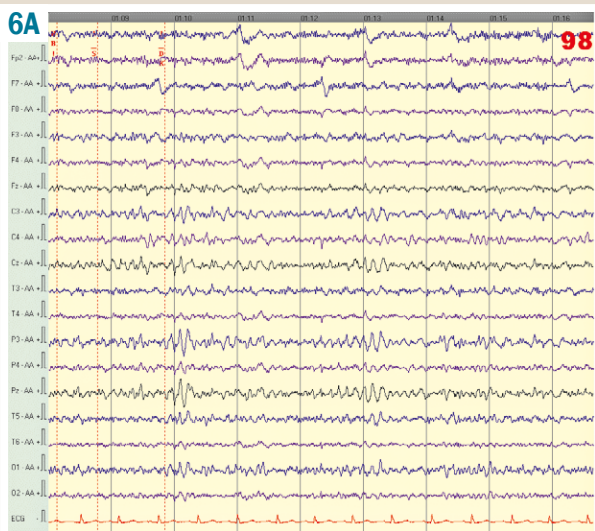
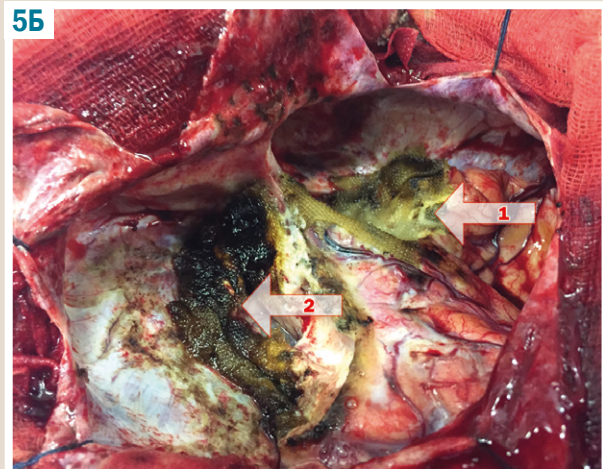
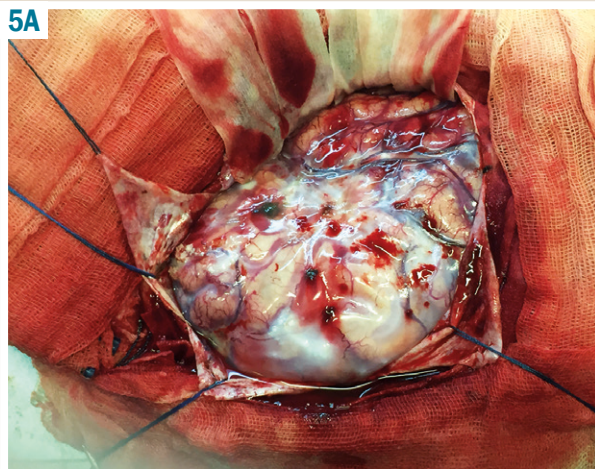


Рис. 4. Передопераційне МРТ. Рубцево-спайкові, атрофічні зміни правої гемісфери головного мозку.

Рис. 5. Інтраопераційні знімки. **А:** дифузне гліотично-спайкове ураження правої гемісфери головного мозку; **Б:** ділянки резекції: стрілка 1 – передня скронева лобектомія, амигдалогіпокампектомія, стрілка 2 – передня лобова лобектомія.

Рис. 6. А: передопераційна ЕЕГ вказує на інтеріктальну епілептиформну активність у правій лобово-скронево-тім'яній ділянці; **Б:** післяопераційна ЕЕГ (1 рік після операції) показує зниження пароксизмальної епілептиформної активності.



(дроп-атаки) припинилися у 21 із 26 (81 %) хворих, у котрих вони були до операції.

Операційні ускладнення виникли у 3 (6,3 %) випадках. В однієї дитини через 5 місяців після МК виявили хронічну субдуральну гематому, яку видалили. В іншій дівчинки віком 7 років після ФГ виникла гідроцефалія, що зумовила необхідність повторних лікворо-шунтувальних операцій. У третій дитини віком 4 роки на останніх етапах ФГ виник пневмоторакс, зупинилася серцева діяльність; невідкладні реанімаційні заходи дали змогу її відновити, однак розвинулися постгіпоксична ішемічна енцефалопатія та порушення гомеостазу, що призвели до смерті через 2 місяці після операції. Отже, післяопераційна летальність становила 2,1 %.

Клінічне спостереження 1. Хвора Т., 7 років. Діагноз: структурна вогнищева епілепсія з вогнищевими нападами, переходом у двобічні тоніко-клонічні, епілепсія partialis continua, фармакорезистентна форма, лівобічний спастичний геміпарез, дифузна кортикальна дисплазія лобово-скронево-тім'яної ділянки. Дебют епілепсії – у віці 1 року. Отримувала різні ПЕП (вальпроєву кислоту, карбамазепін, окскарбазепін, топіромат, леветирацетам), але захворювання прогресувало. Здійснили операцію – правобічну функціональну періінсулярну гемісферотомію, після якої епілептичні напади припинилися. Післяопераційний катамнез простежили протягом 3 років – епілептичні напади припинилися (ІА за шкалою Енгеля) (рис. 1–3).

Клінічне спостереження 2. Хвора П., 14 р. Діагноз: структурна вогнищева епілепсія з щоденними вогнищевими нападами, переходом у двобічні тоніко-клонічні, повторними епілептичними статусами, фармакорезистентна форма, рубцево-спайкове ураження правої гемісфери внаслідок перинатального внутрішньомозкового крововиливу. Дебют епілепсії – у віці 5 років. До хірургічного втручання отримувала різні ПЕП як моно- або політерапію: вальпроєву кислоту, карбамазепін, топіромат, леветирацетам, бензобарбітал, сінектен депо. Пацієнтці виконали мультилобарну резекцію: правобічну передню скронево лобектомію, амигдалогіпокампектомію, передню лобову лобектомію. Післяопераційний катамнез – 6 років; епілептичні напади припинилися, виникають поодинокі аури (ІВ за шкалою Енгеля) (рис. 4–6).

Обговорення

Питання щодо хірургічного лікування структурної мультифокальної фармакорезистентної епілепсії потребують посиленої уваги, враховуючи тяжкий перебіг захворювання, що характеризується травматичними нападами, психічними розладами, підвищеною летальністю порівняно з загальною популяцією. Показано, що смертність у хворих на епілепсію у 2–3 рази вища, ніж у загальній популяції людей, а ризик непередбачуваної смерті у хворих на епілепсію (Sudden Unexpected Death in Epilepsy) у 20 разів вищий [17]. До факторів, що підвищують ризик непередбачуваної смерті у хворих на епілепсію, належать фармакорезистентність, наявність структурного ураження головного мозку, ранній дебют і тривалий перебіг захворювання, тобто майже всі фактори, що виникають у хворих із мультифокальною епілепсією [18,19].

Запорука ефективного хірургічного лікування епілепсії – визначення локалізації епілептичного фокуса, його поширення на функціонально важливі ділянки кори головного мозку та з'ясування можливості його резекції або дисконекції від інших мозкових структур. У нашому дослідженні використовували весь арсенал доступних в Україні електрофізіологічних і нейровізуалізаційних методик, як-от тривалий ЕЕГ-відеомоніторинг, МРТ-трактографія, функціональна МРТ, МР-спектроскопія, ОФЕКТ, ПЕТ тощо. Нині в Україні недоступні інвазивний або інтракраніальний ЕЕГ-моніторинг із використанням субдуральних і глибинних електродів. Незважаючи на високу вартість і певний ризик, інвазивний моніторинг надзвичайно корисний у деяких випадках, як-от при поширених мультилобарних ураженнях, МРТ-негативній епілепсії, множинних ураженнях головного мозку (туберозний склероз, множинні вузлові гетеротопії, множинні каверноми тощо), «подвійній патології» («dual pathology»), прикладом якої може бути поєднання гіпокампулярного склерозу з позаскроневою гетеротопією або церебральною каверною [20,21].

У цій роботі описали сучасні хірургічні втручання для лікування фармакорезистентної мультифокальної епілепсії, визначили ефективність і доцільність інтеграції традиційних і новітніх діагностичних, нейрохірургічних технологій.

Когнітивні порушення відсутні або мінімальні у хворих, яким здійснили МЛР та ФГ, а в дітей, яким виконали калозотомію, діагностували суттєву затримку психомоторного розвитку. Підтвердження цього – 13 із 18 (72,2 %) осіб, яким виконали МК, мали епілептичну енцефалопатію. Беручи до уваги, що калозотомію здійснили хворим зі структурно-функціональними змінами в обох півкулях головного мозку, можна припустити: саме двобічне ураження головного мозку – один із провідних факторів ризику розвитку психічних розладів у хворих на епілепсію, особливо в пацієнтів дитячого віку.

У доступній фаховій літературі виявили невелику кількість публікацій, у яких наведено сучасні підходи до хірургічного лікування мультифокальної епілепсії. Але відбувається збільшення контингенту хворих і спектра нейрохірургічних втручань під час лікування цієї патології, що можна пояснити стрімким прогресом сучасних діагностичних і нейрохірургічних технологій. Зберігається принцип мультидисциплінарного та індивідуального підходів у визначенні показань і виду нейрохірургічного втручання [22].

У цій роботі наведені результати хірургічного лікування мультифокальної епілепсії. Показано, що найефективніший вид хірургічного лікування – поєднання резекції та дисконекції епілептичного фокуса. Таке завдання можна вирішити, виконавши МЛР і ФГ. Саме після таких операцій припинення або суттєвий регрес нападів (І і ІІ класи за шкалою Енгеля) спостерігали у 100 % хворих. Ці результати збігаються з сучасними закордонними даними [23–27]. Ізольована калозотомія менш ефективна. Це можна пояснити кількома факторами: неможливістю резекції епілептичного фокуса та наявністю двобічних структурно-електрофізіологічних змін головного мозку. Втім показали, що калозотомія ефективно усуває генералізовані атонічні напади (дроп-атаки), що сприяє істотному поліпшенню якості життя дітей.

Актуальними залишаються проблеми діагностичного спектра, як-от можливість виконання інвазивного ЕЕГ-моніторингу. На жаль, нині впровадження цього обстеження ускладнене недостатнім фінансуванням медицини в нашій державі.

Отже, оптимальна нейрохірургічна тактика лікування мультифокальної епілепсії полягає в дотриманні балансу між високою імовірністю контролю над епілептичними нападами та низьким ризиком неврологічних, психологічних післяопераційних ускладнень. Наші результати показали: МЛР, ФГ, комбіновані резекційні операції та калозотомії – ефективний і безпечний метод хірургічного лікування мультифокальної епілепсії. Мета функціональної дисконекції, а саме калозотомії, – блокування поширення епілептиформної активності у хворих, яким не показана резекційна операція. Контроль над епілептичними нападами, нормалізація електрофізіологічної активності головного мозку, запобігання вторинному епілептогенезу, зменшення негативної дії ПЕП шляхом зменшення дози поліпшують якість життя хворих, запобігають розвитку психічних і когнітивних розладів.

Висновки

1. Диференційований підхід до вибору виду хірургічного лікування – ключовий фактор, що впливає на покращення результатів хірургічного лікування, поліпшення якості життя та соціально-побутової адаптації хворих на мультифокальну епілепсію.

2. Поєднання резекційних операцій і дисконекції призводить до блокування пароксизмальної активності епілептичного фокуса, локалізованого в межах однієї півкулі.

3. У разі двобічного ураження головного мозку, коли спостерігають генералізовані атонічні та міоклонічні напади, операцією вибору в дітей є калозотомія.

Перспективи подальших досліджень. Наступні дослідження мають бути спрямовані на удосконалення передопераційного обстеження хворих на мультифокальну епілепсію з використанням сучасних нейровізуалізаційних та інвазивних електрофізіологічних технологій. Поєднання цих методів діагностики дасть змогу визначити точну локалізацію епілептичного фокуса, шляхи поширення епілептичної активності, а отже обрати оптимальну хірургічну тактику. Використання новітніх нейрохірургічних технологій, як-от нейронавігації, ультразвукової аспірації, інтраопераційного нейромоніторингу, кортикографії, сучасних мініінвазивних стереотаксичних втручань, сприятиме підвищенню ефективності та безпечності хірургічного лікування пацієнтів із тяжкими формами епілепсії.

Фінансування

Дослідження виконане в рамках НДР ДУ «Інститут нейрохірургії імені академіка А. П. Ромоданова НАМН України»: «Вивчити особливості перебігу мультифокальної симптоматичної епілепсії та розробити диференційовані підходи хірургічного лікування», № держреєстрації 0119U103958.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 02.09.2021

Після доопрацювання / Revised: 27.09.2021

Прийнято до друку / Accepted: 11.11.2021

Відомості про авторів:

Костюк К. Р., д-р мед. наук, зав. відділення функціональної нейрохірургії та нейромоделювання, старший дослідник, ДУ «Інститут нейрохірургії імені академіка А. П. Ромоданова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: [0000-0002-3277-5025](https://orcid.org/0000-0002-3277-5025)

Бунякін В. М., лікар-нейрохірург, аспірант відділення функціональної нейрохірургії та нейромоделювання, ДУ «Інститут нейрохірургії імені академіка А. П. Ромоданова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: [0000-0001-8643-1693](https://orcid.org/0000-0001-8643-1693)

Чебуракін В. В., канд. мед. наук, лікар-нейрохірург відділення функціональної нейрохірургії та нейромоделювання, ДУ «Інститут нейрохірургії імені академіка А. П. Ромоданова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: [0000-0002-6820-5673](https://orcid.org/0000-0002-6820-5673)

Шевельов М. М., канд. мед. наук, лікар-нейрохірург відділення функціональної нейрохірургії та нейромоделювання, ДУ «Інститут нейрохірургії імені академіка А. П. Ромоданова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: [0000-0002-1387-5725](https://orcid.org/0000-0002-1387-5725)

Медведєв Ю. М., канд. мед. наук, лікар-нейрохірург відділення функціональної нейрохірургії та нейромоделювання, ДУ «Інститут нейрохірургії імені академіка А. П. Ромоданова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: [0000-0002-9999-8813](https://orcid.org/0000-0002-9999-8813)

Попов А. О., лікар-нейрохірург відділення функціональної нейрохірургії та нейромоделювання, ДУ «Інститут нейрохірургії імені академіка А. П. Ромоданова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: [0000-0001-9741-2711](https://orcid.org/0000-0001-9741-2711)

Тевзадзе Д. А., інтерн, Національний університет охорони здоров'я України імені П. А. Шупика, м. Київ.

ORCID ID: [0000-0002-5298-2179](https://orcid.org/0000-0002-5298-2179)

Дічко С. М., лікар-анестезіолог відділення функціональної нейрохірургії та нейромоделювання, ДУ «Інститут нейрохірургії імені академіка А. П. Ромоданова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: [0000-0002-0794-2856](https://orcid.org/0000-0002-0794-2856)

Мусульєвська В. В., інтерн, Національний університет охорони здоров'я України імені П. А. Шупика, м. Київ.

ORCID ID: [0000-0001-9491-8848](https://orcid.org/0000-0001-9491-8848)

Канайкін О. М., лікар-нейрофізіолог відділення функціональної діагностики, ДУ «Інститут нейрохірургії імені академіка А. П. Ромоданова НАМН України», м. Київ.

ORCID ID: [0000-0003-1625-3742](https://orcid.org/0000-0003-1625-3742)

Information about authors:

Kostiuk K. R., MD, PhD, DSc, Chief of the Department of Functional Neurosurgery and Neuromodulation, Head Scientist, The State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute, National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv.

Buniakin V. M., MD, Neurosurgeon, Graduate Student of the Department of Functional Neurosurgery and Neuromodulation, The State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute, National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv.

Cheburakhin V. V., MD, PhD, Neurosurgeon of the Department of Functional Neurosurgery and Neuromodulation, The State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute, National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv.

Shevelov M. M., MD, PhD, Neurosurgeon of the Department of Functional Neurosurgery and Neuromodulation, The State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute, National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv.

Medvediev Yu. M., MD, PhD, Neurosurgeon of the Department of Functional Neurosurgery and Neuromodulation, The State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute, National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv.

Popov A. O., MD, Neurosurgeon of the Department of Functional Neurosurgery and Neuromodulation, The State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute, National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv.

Tevezadze D. A., MD, Neurosurgery Resident, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv.
 Dichko S. M., MD, Anesthesiologist of the Department of Functional Neurosurgery and Neuromodulation, The State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute, National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv.
 Musulievskaya V. V., MD, Neurosurgery Resident, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv.
 Kanaikin O. M., MD, Neurophysiologist of the Department of Functional Neurosurgery and Neuromodulation, The State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute, National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv.

Сведения об авторах:

Костюк К. Р., д-р мед. наук, зав. отделением функциональной нейрохирургии и нейромодуляции, старший исследователь, ГУ «Институт нейрохирургии имени академика А. П. Ромоданова НАМН Украины», г. Киев.
 Бунякин В. Н., врач-нейрохирург, аспирант отделения функциональной нейрохирургии и нейромодуляции, ГУ «Институт нейрохирургии имени академика А. П. Ромоданова НАМН Украины», г. Киев.
 Чебурахин В. В., канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения функциональной нейрохирургии и нейромодуляции, ГУ «Институт нейрохирургии имени академика А. П. Ромоданова НАМН Украины», г. Киев.
 Шевелев М. Н., канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения функциональной нейрохирургии и нейромодуляции, ГУ «Институт нейрохирургии имени академика А. П. Ромоданова НАМН Украины», г. Киев.
 Медведев Ю. М., канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения функциональной нейрохирургии и нейромодуляции, ГУ «Институт нейрохирургии имени академика А. П. Ромоданова НАМН Украины», г. Киев.
 Попов А. А., врач-нейрохирург отделения функциональной нейрохирургии и нейромодуляции, ГУ «Институт нейрохирургии имени академика А. П. Ромоданова НАМН Украины», г. Киев.
 Тевзадзе Д. А., интерн, Национальный университет здравоохранения Украины имени П. Л. Шупика, г. Киев.
 Дичко С. Н., врач-анестезиолог отделения функциональной нейрохирургии и нейромодуляции, ГУ «Институт нейрохирургии имени академика А. П. Ромоданова НАМН Украины», г. Киев.
 Мусулевская В. В., интерн, Национальный университет здравоохранения Украины имени П. Л. Шупика, г. Киев.
 Канаikin А. М., врач-нейрофизиолог отделения функциональной диагностики, ГУ «Институт нейрохирургии имени академика А. П. Ромоданова НАМН Украины», г. Киев.

Список літератури

- Engel J. Jr. What can we do for people with drug-resistant epilepsy? The 2016 Wartenberg Lecture. *Neurology*. 2016. Vol. 87. Issue 23. P. 2483-2489. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003407>
- Kwan P., Brodie M. J. Refractory epilepsy: A progressive, intractable but preventable condition? *Seizure*. 2002. Vol. 11. Issue 2. P. 77-84. <https://doi.org/10.1053/seiz.2002.0593>
- French J. A., Delanty N. *Therapeutic Strategies in Epilepsy*. Clinical Publishing, 2009. 341 p.
- Disconnection of the pathological connectome for multifocal epilepsy surgery / K. Kamada et al. *Journal of Neurosurgery*. 2018. Vol. 129. Issue 5. P. 1182-1194. <https://doi.org/10.3171/2017.6.JNS17452>
- Drug Resistance in Epilepsy: Clinical Impact, Potential Mechanisms, and New Innovative Treatment Options / W. Löscher et al. *Pharmacological Reviews*. 2020. Vol. 72. Issue 3. P. 606-638. <https://doi.org/10.1124/pr.120.019539>
- Jobst B. C. Treatment algorithms in refractory partial epilepsy. *Epilepsia*. 2009. Vol. 50. Issue S8. P. 51-56. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2009.02236.x>
- Kayyalil H. R., Abdelmoity A., Baeesa S. The Role of Epilepsy Surgery in the Treatment of Childhood Epileptic Encephalopathy. *Epileptic Encephalopathies in Childre*. 2013. Vol. 2013. P. 983049. <https://doi.org/10.1155/2013/983049>
- Téllez-Zenteno J. F., Dhar R., Wiebe S. Long-term seizure outcomes following epilepsy surgery: a systematic review and meta-analysis. *Brain*. 2005. Vol. 128. Part 5. P. 1188-1198. <https://doi.org/10.1093/brain/awh449>
- Spencer S., Huh L. Outcomes of epilepsy surgery in adults and children. *The Lancet Neurology*. 2008. Vol. 7. Issue 6. P. 525-537. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(08\)70109-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(08)70109-1)

- Epilepsy surgery trends in the United States, 1990-2008 / D. J. Englot et al. *Neurology*. 2012. Vol. 78. Issue 16. P. 1200-1206. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e318250d7ea>
- Seizure outcomes following multilobar epilepsy surgery / R. A. Sarkis et al. *Epilepsia*. 2011. Vol. 53. Issue 1. P. 44-50. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2011.03274.x>
- Brain stimulation for the treatment of epilepsy / B. C. Jobst, T. M. Darcey, V. M. Thadani, D. W. Roberts. *Epilepsia*. 2010. Vol. 51. Issue S3. P. 88-92. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2010.02618.x>
- Morrell M. J. Responsive cortical stimulation for the treatment of medically intractable partial epilepsy. *Neurology*. 2011. Vol. 77. Issue 13. P. 1295-1304. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182302056>
- Long-term treatment with responsive brain stimulation in adults with refractory partial seizures / G. K. Bergey et al. *Neurology*. 2015. Vol. 84. Issue 8. P. 810-817. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000001280>
- Stereotactic Laser Ablation for Mesial Temporal Lobe Epilepsy: A prospective, multicenter, single-arm study / M. R. Sperling et al. *Epilepsia*. 2020. Vol. 61. Issue 6. P. 1183-1189. <https://doi.org/10.1111/epi.16529>
- Surgical Treatment of the Epilepsies / ed. J. Engel. 2nd ed. New York : Raven Press, 1993. 786 p.
- Sudden Unexpected Death in Epilepsy: A Personalized Prediction Tool / A. Jha et al. *Neurology*. 2021. Vol. 96. Issue 21. P. e2627-e2638. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000011849>
- Sudden unexpected death in epilepsy: Risk factors, biomarkers, and prevention / C. M. DeGiorgio, A. Curtis, D. Hertling, B. D. Moseley. *Acta Neurologica Scandinavica*. 2018. Vol. 139. Issue 3. P. 220-230. <https://doi.org/10.1111/ane.13049>
- Prevention of sudden unexpected death in epilepsy: current status and future perspectives / M. C. Pensele et al. *Expert Review of Neurotherapeutics*. 2020. Vol. 20. Issue 5. P. 497-508. <https://doi.org/10.1080/14737175.2020.1754195>
- Surgical outcome in PET-positive, MRI-negative patients with temporal lobe epilepsy / C. LoPinto-Khoury et al. *Epilepsia*. 2011. Vol. 53. Issue 2. P. 342-348. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2011.03359.x>
- Practice guideline summary: Use of fMRI in the presurgical evaluation of patients with epilepsy: Report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology / J. P. Szafarski et al. *Neurology*. 2017. Vol. 88. Issue 4. P. 395-402. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003532>
- Pediatric Epilepsy Surgery: Preoperative Assessment and Surgical Treatment / eds. G. I. Jallo, Oğuz Çataltepe. 2nd ed. New York : Thieme, 2019. 696 p.
- Cerebral hemispherectomy in pediatric patients with epilepsy: comparison of three techniques by pathological substrate in 115 patients / S. W. Cook et al. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2004. Vol. 100. Issue 2. P. 125-141. <https://doi.org/10.3171/ped.2004.100.2.0125>
- Hemispherectomy for the Control of Intractable Epilepsy in Childhood: Comparison of 2 Surgical Techniques in a Single Institution / A. Kwan et al. *Operative Neurosurgery*. 2010. Vol. 67. Issue 2. P. 429-436. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3181f743dc>
- Pediatric functional hemispherectomy: outcome in 92 patients / J. Schramm et al. *Acta Neurochirurgica*. 2012. Vol. 154. Issue 11. P. 2017-2028. <https://doi.org/10.1007/s00701-012-1481-3>
- Beier A. D., Rutka J. T. Hemispherectomy: historical review and recent technical advances. *Neurosurgical Focus*. 2013. Vol. 34. Issue 6. P. E11. <https://doi.org/10.3171/2013.3.FOCUS1341>
- Schusse C. M., Smith K., Drees C. Outcomes after hemispherectomy in adult patients with intractable epilepsy: institutional experience and systematic review of the literature. *Journal of Neurosurgery*. 2018. Vol. 128. Issue 3. P. 853-861. <https://doi.org/10.3171/2016.9.JNS151778>

References

- Engel, J., Jr. (2016). What can we do for people with drug-resistant epilepsy? The 2016 Wartenberg Lecture. *Neurology*, 87(23), 2483-2489. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003407>
- Kwan, P., & Brodie, M. J. (2002). Refractory epilepsy: A progressive, intractable but preventable condition? *Seizure*, 11(2), 77-84. <https://doi.org/10.1053/seiz.2002.0593>
- French, J. A., & Delanty, N. (2009). *Therapeutic Strategies in Epilepsy*. Clinical Publishing.
- Kamada, K., Ogawa, H., Kapeller, C., Prueckl, R., Hiroshima, S., Tamura, Y., Takeuchi, F., & Guger, C. (2018). Disconnection of the pathological connectome for multifocal epilepsy surgery. *Journal of Neurosurgery*, 129(5), 1182-1194. <https://doi.org/10.3171/2017.6.JNS17452>
- Löscher, W., Potschka, H., Sisodiya, S. M., & Vezzani, A. (2020). Drug Resistance in Epilepsy: Clinical Impact, Potential Mechanisms, and New Innovative Treatment Options. *Pharmacological Reviews*, 72(3), 606-638. <https://doi.org/10.1124/pr.120.019539>
- Jobst, B. C. (2009). Treatment algorithms in refractory partial epilepsy. *Epilepsia*, 50(S8), 51-56. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2009.02236.x>

- [7] Kayyali, H. R., Abdelmoity, A., & Baeesa, S. (2013). The Role of Epilepsy Surgery in the Treatment of Childhood Epileptic Encephalopathy. *Epileptic Encephalopathies in Children*, 2013, Article 983049. <https://doi.org/10.1155/2013/983049>
- [8] Téllez-Zenteno, J. F., Dhar, R., & Wiebe, S. (2005). Long-term seizure outcomes following epilepsy surgery: a systematic review and meta-analysis. *Brain*, 128(Pt. 5), 1188-1198. <https://doi.org/10.1093/brain/awh449>
- [9] Spencer, S., & Huh, L. (2008). Outcomes of epilepsy surgery in adults and children. *The Lancet Neurology*, 7(6), 525-537. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(08\)70109-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(08)70109-1)
- [10] Englot, D. J., Ouyang, D., Garcia, P. A., Barbaro, N. M., & Chang, E. F. (2012). Epilepsy surgery trends in the United States, 1990-2008. *Neurology*, 78(16), 1200-1206. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e318250d7ea>
- [11] Sarkis, R.A., Jehi, L., Najm, I. M., Kotagal, P., & Bingaman, W. E. (2012). Seizure outcomes following multilobar epilepsy surgery. *Epilepsia*, 53(1), 44-50. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2011.03274.x>
- [12] Jobst, B. C., Darcey, T. M., Thadani, V. M., & Roberts, D. W. (2010). Brain stimulation for the treatment of epilepsy. *Epilepsia*, 51(S3), 88-92. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2010.02618.x>
- [13] Morrell, M. J., & RNS System in Epilepsy Study Group. (2011). Responsive cortical stimulation for the treatment of medically intractable partial epilepsy. *Neurology*, 77(13), 1295-1304. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182302056>
- [14] Bergey, G. K., Morrell, M. J., Mizrahi, E. M., Goldman, A., King-Stephens, D., Nair, D., Srinivasan, S., Jobst, B., Gross, R. E., Shields, D. C., Barkley, G., Salanova, V., Olejniczak, P., Cole, A., Cash, S. S., Noe, K., Wharen, R., Worrell, G., Murro, A. M., Edwards, J., ... Seale, C. G. (2015). Long-term treatment with responsive brain stimulation in adults with refractory partial seizures. *Neurology*, 84(8), 810-817. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000001280>
- [15] Sperling, M. R., Gross, R. E., Alvarez, G. E., McKhann, G. M., Salanova, V., & Gilmore, J. (2020). Stereotactic Laser Ablation for Mesial Temporal Lobe Epilepsy: A prospective, multicenter, single-arm study. *Epilepsia*, 61(6), 1183-1189. <https://doi.org/10.1111/epi.16529>
- [16] Engel, J. (Ed.). (1993). *Surgical Treatment of the Epilepsies* (2nd ed.). Raven Press.
- [17] Jha, A., Oh, C., Hesdorffer, D., Diehl, B., Devore, S., Brodie, M. J., Tomson, T., Sander, J. W., Walczak, T. S., & Devinsky, O. (2021). Sudden Unexpected Death in Epilepsy: A Personalized Prediction Tool. *Neurology*, 96(21), e2627-e2638. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000011849>
- [18] DeGiorgio, C. M., Curtis, A., Hertling, D., & Moseley, B. D. (2019). Sudden unexpected death in epilepsy: Risk factors, biomarkers, and prevention. *Acta Neurologica Scandinavica*, 139(3), 220-230. <https://doi.org/10.1111/ane.13049>
- [19] Pensel, M. C., Nass, R. D., Taubøll, E., Aurlieu, D., & Surges, R. (2020). Prevention of sudden unexpected death in epilepsy: current status and future perspectives. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 20(5), 497-508. <https://doi.org/10.1080/14737175.2020.1754195>
- [20] LoPinto-Khoury, C., Sperling, M. R., Skidmore, C., Nei, M., Evans, J., Sharan, A., & Mintzer, S. (2012). Surgical outcome in PET-positive, MRI-negative patients with temporal lobe epilepsy. *Epilepsia*, 53(2), 342-348. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2011.03359.x>
- [21] Szaflarski, J. P., Gloss, D., Binder, J. R., Gaillard, W. D., Golby, A. J., Holland, S. K., Ojemann, J., Spencer, D. C., Swanson, S. J., French, J. A., & Theodore, W. H. (2017). Practice guideline summary: Use of fMRI in the presurgical evaluation of patients with epilepsy: Report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*, 88(4), 395-402. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003532>
- [22] Jallo, G. I., & Oğuz Çataltepe. (Eds.). (2019). *Pediatric Epilepsy Surgery: Preoperative Assessment and Surgical Treatment* (2nd ed.). Thieme.
- [23] Cook, S. W., Nguyen, S. T., Hu, B., Yudovin, S., Shields, W. D., Vinters, H. V., Van de Wiele, B. M., Harrison, R. E., & Mathern, G. W. (2004). Cerebral hemispherectomy in pediatric patients with epilepsy: comparison of three techniques by pathological substrate in 115 patients. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 100(2), 125-141. <https://doi.org/10.3171/ped.2004.100.2.0125>
- [24] Kwan, A., Ng, W. H., Otsubo, H., Ochi, A., Snead, O. C., 3rd, Tamber, M. S., & Rutka, J. T. (2010). Hemispherectomy for the Control of Intractable Epilepsy in Childhood: Comparison of 2 Surgical Techniques in a Single Institution. *Operative Neurosurgery*, 67(2), 429-436. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3181f743dc>
- [25] Schramm, J., Kuczaty, S., Sassen, R., Elger, C. E., & von Lehe, M. (2012). Pediatric functional hemispherectomy: outcome in 92 patients. *Acta Neurochirurgica*, 154(11), 2017-2028. <https://doi.org/10.1007/s00701-012-1481-3>
- [26] Beier, A. D., & Rutka, J. T. (2013). Hemispherectomy: historical review and recent technical advances. *Neurosurgical Focus*, 34(6), Article E11. <https://doi.org/10.3171/2013.3.FOCUS1341>
- [27] Schusse, C. M., Smith, K., & Drees, C. (2018). Outcomes after hemispherectomy in adult patients with intractable epilepsy: institutional experience and systematic review of the literature. *Journal of Neurosurgery*, 128(3), 853-861. <https://doi.org/10.3171/2016.9.JNS151778>