Z. Epileptol. 2021 · 34:36–41

<https://doi.org/10.1007/s10309-020-00386-w>

Angenommen: 2. Dezember 2020

Online publiziert: 7. Januar 2021

© Der/die Autor(en) 2021

Karl Rössler¹ · Burkhard Kasper² · Matthias Tomschik¹ · Arnd Dörfler³ · Michael Buchfelder⁴ · Christian Dorfer¹¹ Neurochirurgische Klinik, Medizinische Universität Wien/AKH Wien, Wien, Österreich² Neurologische Klinik, Epilepsiezentrum Erlangen, Universitätsklinikum Erlangen, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Deutschland³ Neuroradiologische Abteilung, Universitätsklinikum Erlangen, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Deutschland⁴ Neurochirurgische Klinik, Epilepsiezentrum Erlangen, Universitätsklinikum Erlangen, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Deutschland

Neurochirurgische Operationsmöglichkeiten bei posteriorer Epilepsie

Die Ätiologie der Epilepsien des posterioren Kortex (PE [posteriore Epilepsien], TPO [temporoparietookzipitale Epilepsien]) ist vielfältig, die Diagnostik komplex und die Indikationsstellung zu einem neurochirurgischen Eingriff dementsprechend schwierig. Deshalb spielt die Implantation von Subduralelektroden oder Tiefenelektroden zur invasiven Diagnostik bei PE zur weiteren Abklärung eine besondere Rolle. Als Resektionsverfahren stehen die Läsionektomie bzw. erweiterte, maßgeschneiderte Läsionektomie bis hin zu großen Resektions- bzw. Diskonnektionsverfahren (posteriore Quadrantenresektion/-diskonnektion) zur Verfügung.

Im Falle von mehr fokalen Pathologien wie LEATS („long term epilepsy associated tumors“: Gangliogliome [GG] oder dysembryoplastische neuroepitheliale Tumoren [DNETs]), vaskulären Malformationen (AVMs, Kavernome), fokale kortikale Dysplasien (FCDs) oder posttraumatischen, postentzündlichen oder postischämischen kortikal/subkortikalen Narbenbildungen kommen Läsionektomien bzw. erweiterte maßgeschneiderte Läsionektomien nach invasivem Monitoring oder intraoperativer Elektrokortikographie zum Einsatz. Liegen ausgedehntere pathologische Veränderungen wie posteriore Heterotopien, Polymikrogyrien, posteriore Quadrantendysplasien, posterior betonte Rasmussen-Enzephalitis oder Sturge-

Weber-Syndrom vor, sind große Resektions- oder Diskonnektionsverfahren des posterioren Quadranten (TPO-Resektion bzw. Diskonnektion) die adäquaten Operationsverfahren.

Die epilepsiechirurgische Erfolgsrate ist am höchsten bei Resektion fokaler Veränderungen mit bis zu 80–90 % anfallsfreier Patienten (Engel Grad I). In den letzten Jahren hat sich allerdings gezeigt, dass auch mit posterioren Diskonnektionsverfahren ähnlich hohe Raten an Anfallsfreiheit erreicht werden können.

Invasives Monitoring

Aufgrund der oft sehr schwer interpretierbaren und wenig fokalen Anfallssemiologie von TPO-Läsionen bzw. bei Verdacht auf MRT-negative fokale TPO-Epilepsien ist speziell im letzten Fall ein invasives Monitoring der nächste logische Schritt zur Abklärung der Operabilität bzw. zur Definition des notwendigen Resektionsverfahrens bzw. Ausmaßes (der voraussichtlichen epileptogenen Zone) [1]. Zurzeit entwickelt sich die invasive Abklärung von MRT-negativen Epilepsien speziell im Falle von ausgedehnter klinischer Anfallssemiologie wie im Falle von TPO-Epilepsien dynamischer für SEEG mit Tiefenelektroden als für die Implantation von Subduralelektroden [2, 3], wenngleich beide Verfahren Vor- und Nachteile zeigen und aus eigener Erfah-

rung nach Tiefenelektrodenmonitoring im TPO-Bereich auch oft eine zweite invasive Phase I mit Subduralelektroden notwendig werden kann.

Patienten mit Verdacht auf LEATs (DNETs oder Gangliogliome) sollten bei inkongruenter Anfallssemiologie auch für ein invasives Monitoring, dann meist mit Subduralelektroden und/oder intraoperativer Elektrokortikographie (ECoG), erwogen werden, um Sattellitenläsionen (DNET) bzw. ausgedehntes subpiales Wachstum (GG), ausgedehnte fokale kortikale Dysplasien (FCDs) oder Hämosiderinansammlungen bei Kavernomen in die Resektion mit einzu beziehen, da nur eine komplette Resektion dieser Läsionen ein Anfallsoutcome von bis zu 80 % Engel I garantiert [4, 5]. Zusätzlich ermöglicht ein invasives extraoperatives Monitoring bei TPO-Läsionen in hocheloquenter Lage kombiniert mit extraoperativem Stimulationsmapping die Lokalisation angrenzender Funktionsareale (Sensorik, Motorik, Wernicke, Calcarina), deren Lage und Ausdehnung dann in die Resektion mittels funktioneller Neuronavigation [6, 7] mit einbezogen werden können.

Läsionektomien

Auch im Falle von umschriebenen therapierefraktären epileptogenen okzipitalen oder parietalen Läsionen wie LEATs, FCDs, vaskuläre Pathologien (AVMs, Ka-

Abb. 1 ▲ Fall 1: a–d MRT, F-MRT, implantierte subdurale Streifen/Platte, e–h intraoperative Neuronavigation, i–l intraoperative MRT Bilder, m–n postoperative MRT

vernahme) oder fokalen Narbenepilepsien können Anfallssemiologie als auch die EEG-Befunde sehr vielgestaltig und fehlleitend sein, sodass der Läsionektomie der Literatur nach in bis zur Hälfte der Abklärungen auch ein invasives Monitoring vorausgeht [1].

Läsionektomien sind die chirurgische Therapie der ersten Wahl bei posteriorer Epilepsie mit umschriebenen Pathologien, d.h. die Läsion wird mit mehr oder weniger umgebendem gliotischem Gewebe entfernt entsprechend den Zusatzbefunden (Neuroradiologie, intraoperative Elektrokortikographie,

Stimulations-Mapping-Befunde zu eloquenten umgebenden Arealen).

Intraoperativ können mithilfe der Neuronavigation [7] in weiterer Folge Läsionsausmaß und Mapping-Daten der eloquenten Areale auf den intraoperativen Situs übertragen werden und die vorgeplanten Resektionsgrenzen für

die Läsionektomie definiert werden (maßgeschneiderte Läsionektomie). Mit intraoperativer MR-Bildgebung [7] oder intraoperativem Ultraschall [8] lässt sich in weiterer Folge das Ausmaß der Resektion überprüfen und ermöglicht im Falle von Rest- oder Sattelitenläsionen die Vervollständigung der Resektion innerhalb der gleichen Narkose (intraoperative Second-Look-Surgery) und erspart dem Patienten einen neuerlichen Eingriff bzw. das Schicksal, nicht anfallsfrei zu werden. Speziell für die Resektion von Kavernomen, Gangliogliomen, fokale kortikale Dysplasien oder multiätiologischen Narbenläsionen hat sich diese Vorgehensweise in unseren Händen als praktikabel erwiesen [9–11].

Fall 1

Eine 33-jährige Patientin leidet seit ihrer Kindheit an Parietallappenepilepsie mit außergewöhnlicher Semiotik, im MRT Verdacht auf DNET links parietal postzentral (sagittale und axiale FLAIR, **Abb. 1a, b**) mit Nahebeziehung zu Motorkortex, Pyramidenbahn und sprachrelevantem Kortex in der fMRT (**Abb. 1c**). Deshalb Entschluss zum invasiven subduralen Streifen- und Gitterelektroden-Monitoring (**Abb. 1d**). Über den Grid wurde auch ein Stimulations-Mapping zur Lokalisationsdiagnostik von Wernicke- und Motor-Kortex durchgeführt. Die Läsionsausdehnung und die eloquenten Areale wurden als Tumorkonturen ins Mikroskop während der Operation eingespiegelt und bildeten die Leitstrukturen für die schonende Resektion (**Abb. 1e–h**). Mit intraoperativem MRT wurde festgestellt, dass eine Sattelitenläsion verblieben ist und diese gezielt annavigiert und entfernt (**Abb. 1i–l**).

Die Patientin ist seit der Operation 2014 anfallsfrei (Engel 1a) und ohne neurologisches Defizit, im MRT 1 Jahr nach der Operation die Läsion komplett entfernt (**Abb. 1m, n**), DNET histologisch verifiziert.

Fall 2

Eine 22-jährige Patientin leidet seit 7 Jahren an einer medikamentös refraktären

Epilepsie mit Déjà-vu-Auren. Im MRT zeigt sich der Verdacht auf ein Gangliogliom im basalen Praecuneus rechts (**Abb. 2a, b**). Aufgrund der tiefen und eloquenten Lage erfolgt eine aufwendige präoperative Funktionsdiagnostik mit fMRT und DTI-Bildgebung. Motor-Kortex (lila), Calcarina (grün) als auch Pyramidenbahn (lila) und Sehbahn (blau) werden visualisiert und in die intraoperative Neuronavigation ins Mikroskop eingespiegelt (**Abb. 2c–f**). Der Zugang erfolgt über den Interhemisphärenspalt. Ein intraoperatives MRT zeigt, dass die Läsion komplett entfernt ist und die eloquenten Regionen unversehrt sind (**Abb. 2g–j**).

Patientin seit der Operation 2016 anfallsfrei (Engel 1a), GG histologisch gesichert.

Fall 3

Ein 21-jähriger Patient mit täglichen fokalen asymmetrisch tonischen Anfällen. Im MRT kleine strichförmige zentral-postzentrale Läsion (**Abb. 3a**), Bestätigung durch Voxel-based-Morphometrie (intraoperative MRT 1 zeigt die unvollständige Resektion (**Abb. 3b**), aufgrund dessen Nachreseziert wird („second look“, rote Kontur im MRT und türkise Kontur im Mikroskop (**Abb. 3d**) markiert die Restläsion und ist im Mikroskop sichtbar), MRT 2 (**Abb. 3c**) zeigt die vollständige Resektion). Die histologische Untersuchung ergab den Befund einer FCD 2b. Der Patient ist postoperativ jetzt das 5. Jahr anfallsfrei (Engel 1a). Aus [10], mit freundlicher Genehmigung von Elsevier.

Posteriore Resektion/Diskonnektion

Da TPO-Epilepsien aufgrund ausgedehnter Läsionen (posteriore Heterotopien, Polymikrogyrien, posteriore Quadrantendysplasien, posterior betonte Rasmussen-Enzephalitis oder Sturge-Weber-Syndrom) häufig weitläufige epileptogene Zonen aufweisen und auch größerflächige Pathologien im TPO-Bereich speziell bei Kindern häufiger vorkommen, spielt die Resektion/Diskonnektion der TOP-Region bzw.

Z. Epileptol. 2021 · 34:36–41
<https://doi.org/10.1007/s10309-020-00386-w>
 © Der/die Autor(en) 2021

K. Rössler · B. Kasper · M. Tomschik · A. Dörfler · M. Buchfelder · C. Dorfer

Neurochirurgische Operationsmöglichkeiten bei posteriorer Epilepsie

Zusammenfassung

Hintergrund. Die chirurgische Therapie der posterioren Epilepsie stellt innerhalb der epilepsiechirurgischen Eingriffe eine besondere Herausforderung dar.

Fragestellung. Die Arten der Eingriffe zur chirurgischen Therapie der posterioren Epilepsie

Material und Methode. Darstellung der verschiedenen Eingriffsarten auf Basis der historischen und rezenten technischen Entwicklungen.

Ergebnisse. Elektrodenimplantation, resektive und diskonnektive Verfahren sowie neue Methoden tragen dazu bei, das Anfallsoutcome der posterioren Epilepsie zu verbessern.

Schlüsselwörter

Läsionektomie · Maßgeschneiderte Läsionektomie · ECoG · Posteriore Diskonnektion · Epilepsiechirurgie

Neurosurgical operative options for posterior epilepsy

Abstract

Background. The surgical treatment of posterior epilepsy within the spectrum of epilepsy surgery represents a particular challenge.

Objective. To present the different surgical options for epilepsy surgery of posterior epilepsies.

Material and methods. The different surgical procedures are illustrated in the light of the historical development and recent technical developments.

Results. Invasive monitoring (implantation of electrodes), resective and disconnective procedures in combination with new technical developments led to an improvement in seizure outcome in the surgical treatment of posterior epilepsies.

Keywords

Lesioneectomy · Tailored lesionectomy · ECoG · Posterior disconnection · Epilepsy surgery

Abb. 2 ◀ Fall 2:
a, b Präoperative MRT T1 nach Kontrast, die den teils soliden, teils zystischen Tumor im Interhemisphärenspalt an der Basis des Präkuneus zeigen. c–f Präoperative Planung für die Neuronavigation mit funktionellen Bilddaten: in blau die Sehbahn, in lila die Pyramidenbahn, grün die Sehrinde. Die Läsion ist in orange dargestellt. g–j Intraoperative MRT Bilder, die die komplette Resektion ohne Resttumor beweisen. Kein Hinweis auf Nachblutung oder andere Adverse Events

des „posterioren Quadranten“ bei dieser Epilepsieform insbesondere bei Kindern eine große Rolle [12, 13].

Wurden früher für hauptsächlich große TPO-Mehrlappen Resektionen durchgeführt [14], haben sich in den letzten Jahren minimal-invasive Diskonnektionen durchgesetzt [15–18]. Diese Entwicklung ist mit der Umstellung der Hemisphärektomie (Entfernung der Hemisphäre bis auf die Stammganglien) in Richtung Hemisphärotomie (nur Diskonnektion der Hemisphäre) bei Hemisphärenpathologien mit therapierefraktärer multifokaler unilateraler Epilepsie vergleichbar [19, 20].

Der wesentliche Vorteil der Diskonnektion (Isolierung der epileptogenen Zone anstatt operative Entfernung) ist die Notwendigkeit einer wesentlich kleineren Trepanation, der geringere Blutverlust und die geringere Wahrscheinlichkeit von Liquorzirkulationsstörungen mit postoperativer Liquorshuntpflichtigkeit. Intraoperative Neuronavigation, intraoperative Elektrophysiologie mit kontinuierlichem MEP und SEP-Monitoring und eine minimal-invasive Technik haben Diskonnektionseingriffe sehr sicher gemacht [15].

Dem gegenüber steht das Risiko, bei der reinen Diskonnektion intakte Faserverbindungen zurückzulassen und damit ein schlechteres Epilepsieoutcome zu erreichen. Allerdings kann durch Verwendung von intraoperativer Neuronavigation, intraoperativem elektrophysiologischem Monitoring und jüngst an unserer Klinik auch der intraoperativen MR-Tomographie diese Komplikation vermieden werden [15]. In der 2013 publizierte Diskonnektionsserie bei PE der Neurochirurgischen Klinik der MedUni Wien/AKH Wien waren 8 der 10 publizierten Patienten Kinder, und es konnte ein Anfallsoutcome von 90 % Wieser 1a (anfallsfrei seit Operation) erreicht werden [15].

Diese gute Erfolgsrate konnte in einer retrospektiven Serie aus dem Klinikum Bethel (Kalbhenn et al. 2019) an Patienten mit reiner TPO-Epilepsie bestätigt werden (84,6 % ILAE 1-Outcome) [16]. Dabei handelte es sich auch größtenteils um Kinder. Eine Metaanalyse von Ha-

Abb. 3 ▲ a Präoperatives MRT, b erstes intraoperatives MRT, c zweites intraoperatives MRT, d intraoperative Sicht auf die FCD in Form der türkisen vorgeplanten Kontur

Abb. 4 ▲ Fall 4: a Grafik zur Demonstration der geplanten Diskonnektion. b Knochenöffnung, Ausmaß der Trepanation. c, d Postoperative Bilder, die die Diskonnektionslinie zeigt

ward et al. bestätigte das gute Anfallsoutcome v. a. bei Kindern [21].

Fall 4

Ein 7-jähriges Mädchen leidet seit seinem 5 Lebensjahr an einer pharmakoresistenten Epilepsie, welche sich mit einer Angstsymptomatik sowie Äußerungen mit Halluzinationen von Tieren und Monstern äußerte. Im MRT zeigte sich eine ausgeprägte Gyrierungsstörung rechts parietotemporal und passend dazu eine Min-

derspeicherung im FDG-PET. Die Indikation zur TPO-Diskonnektion wurde gestellt. Die **Abb. 3a** zeigt schematisch das geplante Ausmaß der Diskonnektion und die Größe der dafür notwendigen Kraniotomie (**Abb. 3b**). Das postoperative MRT zeigt eine komplette hintere Quadrantendiskonnektion (**Abb. 3c, d**). Der histologische Befund ergab eine FCD Typ 1a. Das Kind ist seit der Operation 2013 anfallsfrei und ohne Medikation. Die **Abb. 4a–d**: aus [15].

Zukunftsaspekte

Durch die Einführung neuer Techniken in der Epilepsiechirurgie wie Laserablation oder fokussierter Ultraschall stehen noch mehr minimal-invasive oder perkutane Verfahren zur Verfügung, die für die Zerstörung von Läsionen oder eine Diskonnektion genutzt werden können. Damit sind neue Operationsverfahren für die Anwendung für posteriore Epilepsien zu erwarten [8].

Technische Hilfsmittel für die Epilepsiechirurgie von TPO-Epilepsien [8].

- Elektrophysiologie (IOM: intraoperatives Monitoring von Bahnsystemen und Stimulation)
- Neuronavigation (intraoperatives Einblenden von Bildmaterial und Definition von Resektionsgrenzen)
- Intraoperativer Ultraschall (Detektion von Restläsionen – LEATS, FCDs, Kavernome, AVMs)
- Intraoperative MRT-Bildgebung (Detektion von Restläsionen – LEATS, FCDs, Kavernome, AVMs)
- „Laser interstitial thermal therapy“ (LITT): Destruktion von Läsionen oder Diskonnektion von Bahnen mittels Lasertechnologie
- „High-intensity MRI guided focused ultrasound“ (transkutanes Verfahren zur Destruktion von Läsionen bzw. Diskonnektion von Bahnen)

Fazit für die Praxis

- Epilepsien des posterioren Kortex stellen für die Epilepsiechirurgie eine große Herausforderung dar.
- In der Diagnostik spielt das invasive Monitoring (IM, Phase 2) d. h. die Implantation von Subduralelektroden oder Tiefenelektroden, eine große Rolle.
- Läsionektomien (bzw. erweiterte Läsionektomien nach IM oder ECoG) sind die Therapie der Wahl für mehr fokale Pathologien (LEATs, DNET, GG, Kavernome, AVMs, FCDs, post-entzündliche, posttraumatische und postischämische Läsionen).
- Posteriore Diskonnektionen sind die Therapie der Wahl für mehr großflächige Pathologien (posteriore Heterotopien, Polymikrogyrien, posteriore Quadrantendysplasien, posteriore betonte Rasmussen-Enzephalitis oder Sturge-Weber-Syndrom).

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Karl Rössler
Neurochirurgische Klinik,
Medizinische Universität
Wien/AKH Wien
Währinger Gürtel 18–20,
1090 Wien, Österreich
Karl.roessler@meduniwien.ac.at

Funding. Open access funding provided by Medical University of Vienna.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. K. Rössler, M. Tomschik, B. Kasper, M. Buchfelder und C. Dorfer geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten

Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Appel S, Sharan AD, Tracy JI, Evans J, Sperling MR (2015) A comparison of occipital and temporal lobe epilepsies. *Acta Neurol Scand* 132:284–290
2. Chauvel P, Gonzalez-Martinez J, Bulacio J (2019) Presurgical intracranial investigations in epilepsy surgery. *Handb Clin Neurol* 161:45–71
3. Lhatoo S, Lacuey N, Ryvlin P (2016) Principles of stereotactic electroencephalography in epilepsy surgery. *J Clin Neurophysiol* 33:478–482
4. Yang J, Kim SK, Kim KJ et al (2019) Satellite lesions of DNET: implications for seizure and tumor control after resection. *J Neurooncol* 143:437–445
5. Englot DJ, Berger MS, Barbaro NM, Chang EF (2012) Factors associated with seizure freedom in the surgical resection of glioneuronal tumors. *Epilepsia* 53:51–57
6. Sommer B, Grummich P, Coras R et al (2013) Integration of functional neuronavigation and intraoperative MRI in surgery for drug-resistant extratemporal epilepsy close to eloquent brain areas. *Neurosurg Focus* 34:E4
7. Roessler K, Hofmann A, Sommer B et al (2016) Resective surgery for medically refractory epilepsy using intraoperative MRI and functional neuronavigation: the Erlangen experience of 415 patients. *Neurosurg Focus* 40:E15
8. Dorfer C, Rydenhag B, Baltuch G et al (2020) How technology is driving the landscape of epilepsy surgery. *Epilepsia* 61:841–855
9. Sommer B, Kasper BS, Coras R et al (2013) Surgical management of epilepsy due to cerebral cavernomas using neuronavigation and intraoperative MR imaging. *Neurol Res* 35:1076–1083
10. Roessler K, Kasper BS, Heynold E et al (2018) Intraoperative magnetic-resonance tomography and neuronavigation during resection of focal cortical dysplasia type II in adult epilepsy surgery offers better seizure outcomes. *World Neurosurg* 109:e43–e49
11. Sommer B, Wimmer C, Coras R et al (2015) Resection of cerebral gangliogliomas causing drug-resistant epilepsy: short- and long-term outcomes using intraoperative MRI and neuronavigation. *Neurosurg Focus* 38:E5
12. Tamburrini G, Battaglia D, Albamonte E et al (2014) Surgery for posterior quadrant cortical dysplasia. A review. *Childs Nerv Syst* 30:1859–1868
13. Sierra-Marcos A, Fournier-Del Castillo MC, Álvarez-Linera J, Budke M, García-Fernández M, Pérez-Jiménez MA (2017) Functional surgery in pediatric drug-resistant posterior cortex epilepsy: electroclinical findings, cognitive and seizure outcome. *Seizure* 52:46–52
14. Daniel RT, Meagher-Villemure K, Farmer JP, Andermann F, Villemure JG (2007) Posterior quadrant epilepsy surgery: technical variants, surgical anatomy, and case series. *Epilepsia* 48:1429–1437
15. Dorfer C, Czech T, Mühlechner-Fahrngruber A et al (2013) Disconnective surgery in posterior quadrant epilepsy: experience in a consecutive series of 10 patients. *Neurosurg Focus* 34:E10
16. Kalbhenn T, Cloppenburg T, Wormann FG et al (2019) Operative posterior disconnection in epilepsy surgery: experience with 29 patients. *Epilepsia* 60:1973–1983
17. Sugano H, Nakanishi H, Nakajima M et al (2014) Posterior quadrant disconnection surgery for Sturge-Weber syndrome. *Epilepsia* 55:683–689
18. Rizzi M, Revay M, d'Orto P et al (2019) Tailored multilobar disconnective epilepsy surgery in the posterior quadrant. *J Neurosurg.* <https://doi.org/10.3171/2019.1.JNS183103>
19. Delalande O, Bulteau C, Dellatolas G et al (2007) Vertical parasagittal hemispherotomy: surgical procedures and clinical long-term outcomes in a population of 83 children. *Neurosurgery* 60:ONS19–ONS32 (discussion ONS32)
20. Schramm J, Kuczaty S, Sassen R, Elger CE, von Lehe M (2012) Pediatric functional hemispherectomy: outcome in 92 patients. *Acta Neurochir (Wien)* 154:2017–2028
21. Harward SC, Chen WC, Rolston JD, Haglund MM, Englot DJ (2018) Seizure outcomes in occipital lobe and posterior quadrant epilepsy surgery: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgery* 82:350–358