

Revisão Narrativa Sobre Cirurgia de Epilepsia na Pediatria

Autora: Laura Reis Vilela

Orientadora: Renata Brasileiro Reis Pereira

Resumo

Epilepsia é a condição neurológica crônica mais comum na população pediátrica. Na maioria dos casos, ela é tratada efetivamente com os fármacos anticrise (FACs), no entanto, cerca de 1/3 dos pacientes serão refratários ao tratamento medicamentoso. O tratamento neurocirúrgico é uma alternativa que aumenta as chances de melhor controle das crises epiléticas ou ausência de crises. Antes do procedimento, todo paciente deverá passar por uma avaliação pré-operatória detalhada que inclui desde avaliação neuropsicológica até métodos invasivos detalhados para casos específicos. Quanto às técnicas cirúrgicas, existem uma ampla variedade, a escolha irá depender do perfil clínico de cada paciente e da investigação pré-operatória. Apesar de ser ainda subutilizada, a cirurgia para epilepsia na população pediátrica tem benefícios comprovados em diversas áreas, desde a redução total ou parcial das crises epiléticas até benefícios neurocognitivos. Dessa forma sua indicação para centros de referência deve ser precoce.

Palavras-chave: Epilepsia; Neurocirurgia; Epilepsia refratária; Pediatria

Abstract

Epilepsy is the most common chronic neurological condition in the pediatric population. In most cases, it is effectively controlled with anti-seizure medications (ASMs); however, approximately one third of patients are refractory to pharmacological

treatment. Neurosurgical treatment represents an alternative that increases the likelihood of improved seizure control or seizure freedom. Prior to surgery, all patients must undergo a comprehensive preoperative evaluation, ranging from neuropsychological assessment to detailed invasive investigations in selected cases. A wide variety of surgical techniques is available, and the choice depends on the individual clinical profile and the results of the preoperative workup. Although still underutilized, epilepsy surgery in the pediatric population has well-established benefits across multiple domains, including partial or complete seizure reduction as well as neurocognitive improvement. Therefore, early referral to specialized centers is recommended.

Keywords: Epilepsy; Neurosurgery; Drug-resistant epilepsy

1. INTRODUÇÃO

Epilepsia é a condição neurológica crônica mais comum na população pediátrica. As crises epiléticas resultam de alterações primárias na atividade eletrofisiológica cerebral e são decorrentes de causas variadas, incluindo estruturais, genéticas, metabólicas e imunológicas. A prevalência global da epilepsia varia de acordo com a faixa etária, com picos bimodais na faixa de 5 a 9 anos (374,8 casos [IC 95% 280,1–490,0] por 100.000 habitantes) e em indivíduos com mais de 80 anos (545,1 [444,2–652,0] casos por 100.000 habitantes). A incidência de epilepsia na infância varia de 41 a 187 casos por 100.000 habitantes, tendo incidências mais elevadas observadas em países de renda média-baixa. Na maioria dos casos, a epilepsia é tratada efetivamente com os fármacos anti- crise (FACs), tradicionalmente denominados fármacos antiepiléticos; entretanto, cerca de um terço dos pacientes serão refratários ao tratamento medicamentoso.^{1,2}

Pela definição operacional da Liga Internacional contra Epilepsia (*International League Against Epilepsy* ILAE), adotada desde 2010, “a epilepsia farmacorresistente é caracterizada pela falha de dois esquemas de medicamentos antiepiléticos tolerados, adequadamente escolhidos e utilizados de forma apropriada (seja em monoterapia ou em combinação) em alcançar a liberdade sustentada de crises. A justificativa para essa definição, segundo a ILAE, é que após a falha de dois medicamentos antiepiléticos adequados, a probabilidade de alcançar liberdade de crises com manipulações subsequentes do tratamento medicamentoso é relativamente baixa. O tratamento neurocirúrgico é uma alternativa que aumenta as chances de melhor controle das crises epiléticas ou ausência de crises. (3,4)

A epilepsia farmacorresistente na população pediátrica é mais complexa quando comparada à população adulta. Nessa população ela pode ter diversas etiologias sobrepostas, como displasia cortical, variabilidade na semiologia das crises e eletroencefalográficas. Além disso, as crianças possuem uma maior capacidade de neuroplasticidade do que nos adultos, a epilepsia farmacorresistente, quando identificada e tratada precocemente, reduz a possibilidade de consequências a longo prazo. A epilepsia

farmacorresistente pode causar prejuízos na função cognitiva e na aprendizagem, além de um maior risco de morte em comparação a população geral. (5)

Diante desse contexto, o objetivo desta revisão narrativa é sintetizar a literatura disponível sobre a neurocirurgia no tratamento da epilepsia farmacorresistente na população pediátrica.

Objetivos:

- i. Definir o manejo atual da epilepsia farmacorresistente na população pediátrica;
- ii. Descrever as indicações para a neurocirurgia na epilepsia farmacorresistente pediátrica;
- iii. Destacar possíveis barreiras à cirurgia de epilepsia em crianças.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão narrativa sobre cirurgia de epilepsia na população pediátrica com foco em indicações cirúrgicas, avaliação pré-operatória, principais técnicas cirúrgicas e desfechos pós-operatórios. Foi conduzida através de uma busca bibliográfica nas bases PubMed/MEDLINE e Cochrane Library, sendo contemplados estudos na língua inglesa publicados entre 2010 e 2026 (incluindo artigos clássicos anteriores para contextualização histórica), priorizando aqueles mais atualizados. Priorizou-se diretrizes, revisões sistemáticas e estudos observacionais relevantes.

Os descritores e combinações de termos (MeSH e termos livres), utilizados foram: *drug-resistant epilepsy, refractory epilepsy, pediatric, children, epilepsy surgery, neurosurgery*. Critérios de inclusão foram: diretrizes/consensos, revisões sistemáticas e meta-análises, estudos observacionais relevantes (preferencialmente multicêntricos), ensaios clínicos quando disponíveis e revisões narrativas de alto impacto, desde que abordassem cirurgia de epilepsia em crianças e adolescentes ou que incluíssem subanálises pediátricas pertinentes. Critérios de exclusão foram: relatos de casos, estudos exclusivamente em adultos sem aplicabilidade pediátrica e textos com dados insuficientes para síntese temática.

A seleção foi realizada por leitura de títulos/resumos e, quando indicado, leitura do texto completo. A síntese foi estruturada por eixos temáticos, com priorização hierárquica considerando o nível de evidência, destacando pontos de consenso e lacunas da literatura. Por se tratar de revisão narrativa, não foi realizada avaliação formal de risco de viés nem meta-análise.

Itens	Especificação
Período da busca	Dezembro a janeiro de 2025
Bases de dados e outras fontes pesquisadas	PubMed, Cochrane Database
Termos de busca utilizados	'epilepsia farmacorresistente', 'epilepsia refratária ao tratamento', 'neurocirurgia', 'epilepsia', 'falha terapêutica' e 'pediatria'
Crítérios de inclusão	Diretrizes/consensos, revisões sistemáticas e meta-análises, estudos observacionais relevantes (preferencialmente multicêntricos), ensaios clínicos quando disponíveis e revisões narrativas de alto impacto. Abordagem de cirurgia de epilepsia em crianças e adolescentes ou com subanálises pediátricas pertinentes.

3. DISCUSSÃO

3.1. CONTEXTO HISTÓRICO

A cirurgia para epilepsia pediátrica remonta do final do século XIX, quando neurocirurgiões como Victor Horsley, William Macewen e Fedor Krause estabeleceram o papel potencial da cirurgia. Em 1886, o Dr. Victor Horsley realizou uma craniotomia em um paciente de 22 anos com crises epilépticas. Em 1879 o Dr. Macewen foi pioneiro ao relatar cirurgia para epilepsia em crianças, demonstrando a viabilidade da abordagem cirúrgica pediátrica. Em 1893, Fedor Krause descreveu o primeiro uso de estimulação elétrica durante a cirurgia e expandiu a cirurgia de epilepsia para incluir casos de epilepsia não lesional. (5, 6, 7)

Wilder Penfield, na década de 1920, utilizou o trabalho de neurologistas proeminentes usando EEG para planejar cirurgias baseadas em eletrocorticografia. Na década de 1930, Penfield juntamente com o Instituto Neurológico de Montreal, foram os primeiros a utilizar eletrodos invasivos para monitorização prolongada por

eletroencefalograma, pavimentando o caminho para a técnica denominada estereoeletroencefalografia (SEEG), posteriormente descrita por Jean Talairach. A eletrocorticografia intraoperatória com grades subdurais foi introduzida por Penfield na década de 1950. (5, 8)

Em 1949, Penfield descreveu a técnica padrão de lobectomia temporal, e a compreensão da epilepsia do lobo temporal foi aprofundada por Murray Falconer ao definir a esclerose mesial temporal como a entidade mais comum na epilepsia do lobo temporal. A defesa de Falconer pela cirurgia de epilepsia pediátrica e suas séries de casos publicadas destacaram o benefício dessa cirurgia também em crianças, os achados confirmam aqueles já estabelecidos em adultos: benefícios não apenas em relação ao controle das crises, mas também ao comportamento. Esses resultados abriram caminho para outros, incluindo o Dr. Theodore Rasmussen, que em 1974 desenvolveu a hemisferectomia funcional, na qual uma grande ressecção e uma lobectomia temporal estendida alcançaram a cura da epilepsia. (5, 8, 9, 10)

Embora a cirurgia para epilepsia tenha surgido como opção terapêutica para crianças na década de 1960, foi apenas com o advento da ressonância magnética e o desenvolvimento de técnicas avançadas de avaliação pré-cirúrgica que a cirurgia de epilepsia ficou disponível para um maior número de pacientes pediátricos. Em 1998, a Liga Internacional contra a Epilepsia (ILAE) formulou um conjunto de diretrizes e recomendações para epilepsia na população pediátrica. E, em 2006, o Grupo de Trabalho de Cirurgia de Epilepsia Pediátrica da ILAE destacou que a cirurgia em crianças com epilepsia farmacorresistente deveria ser considerada precocemente no curso da doença para potencializar os resultados relacionados ao neurodesenvolvimento e a qualidade de vida, embora os dados que sustentavam essa premissa fossem relativamente escassos na época. Desde então, com o aumento do número de centros especializados, mais dados vêm sendo disponibilizados sobre a avaliação pré-cirúrgica ideal, os critérios para centros e os preditores de desfecho. (5,11,12)

3.2. INDICAÇÕES DE CIRURGIA PARA EPILEPSIA

Epilepsia farmacorresistente é definida pela Liga Internacional contra a Epilepsia (ILAE) como a falha de dois esquemas adequados de fármacos anticonvulsivos tolerados e corretamente utilizados, seja em monoterapia ou combinação, sem obtenção de liberdade sustentada de crises. O encaminhamento para avaliação cirúrgica é recomendado nesses casos, independentemente do tipo de epilepsia, da idade ou da etiologia. Além disso, ele deve ser realizado precocemente, especialmente em crianças, em casos de crises incapacitantes, de efeitos adversos intoleráveis dos medicamentos, ou da presença de lesão estrutural unilateral. (3,13,14,15)

O consenso da Subcomissão da ILAE para Cirurgia da Epilepsia Pediátrica, publicado em 2006, também reconheceu que determinadas patologias estão especificamente associadas à epilepsia resistente a fármacos na população pediátrica e, conseqüentemente, deveriam ser consideradas precocemente para avaliação pré-operatória. Entre essas condições estão englobadas as malformações do desenvolvimento cortical (displasia cortical focal [DCF], síndromes hemisféricas como a hemimegalencefalia ou displasias hemisféricas e a polimicrogiria), as síndromes neurocutâneas (complexo da esclerose tuberosa, síndrome de Sturge-Weber), a encefalite de Rasmussen e o hamartoma hipotalâmico. (2,16)

Existem também algumas indicações de cirurgia para epilepsia que são mais específicas para patologias mais comuns na faixa etária pediátrica, sendo estas:

- a. Lesões epileptogênicas focais que podem estar associadas a regressão do desenvolvimento, como o hamartoma hipotalâmico e tumores glioneurais.
- b. Ressecção personalizada da lesão epileptogênica em lesões multifocais ou multilobares, como ocorre na esclerose tuberosa, na síndrome de Sturge-Weber e na displasia cortical multifocal.
- c. Hemidesconexão, visando controle de crises e prevenção de comorbidades (especialmente o déficit cognitivo), como nos casos de hemimegalencefalia, hemipolimicrogiria, síndrome de Sturge-Weber e síndrome de Rasmussen.
- d. Tratamento cirúrgico com o objetivo principal de restaurar o progresso cognitivo em situações específicas, como no estado de mal epilético elétrico durante o sono (ESES) que causa regressão cognitiva. (13)

Nas últimas décadas, as indicações para cirurgia de epilepsia vêm se ampliando, incluindo casos mais complexos, como: epilepsias extratemporais (epilepsias do córtex frontal, insular ou posterior); epilepsias causadas por lesões múltiplas, bilaterais e extensas; e epilepsias não lesionais ou com ressonância magnética sem alterações. O aumento da complexidade dos pacientes é evidenciado através de publicações que demonstram o crescimento do número de cirurgias pediátricas, assim como do número de exames realizados no período pré-operatório. (11)

Um consenso global da ILAE de 2020, utilizando o método Delphi foi publicado recentemente, destacando os requisitos para dois níveis de centros de cirurgia de epilepsia pediátrica, de acordo com a complexidade do paciente e das investigações necessárias. (17)

Deve-se considerar que algumas crianças podem apresentar remissão espontânea da epilepsia ao longo do crescimento, enquanto outras, como aquelas com epilepsia lesional, síndrome de West ou síndrome de Lennox-Gastaut, podem se beneficiar de um encaminhamento cirúrgico mais precoce. (11)

Apesar da prevalência da epilepsia fármaco resistente, a grande maioria dos pacientes não é encaminhada para cirurgia. A falta de encaminhamento cirúrgico pode refletir uma compreensão inadequada da cirurgia em comparação aos riscos da persistência da epilepsia resistente a medicamentos. (11)

3.3. AVALIAÇÃO PRÉ-OPERATÓRIA:

A investigação pré-operatória na cirurgia para epilepsia possui três objetivos principais: localizar a lesão primariamente responsável pelo início da crise epiléptica; definir a zona epiléptica; e mapear as áreas funcionais a fim de serem preservadas durante a cirurgia. O Grupo de Cirurgia para Epilepsia Pediátrica da ILAE realizou uma revisão das evidências disponíveis relacionadas à investigação pré-cirúrgica, propondo um algoritmo dependendo da apresentação e possíveis causas. Foi reconhecido que em alguns casos uma avaliação mais limitada poderia providenciar informações suficientes para seguir com o tratamento, incluindo história clínica, ressonância magnética de 3 teslas,

registro ictal e avaliação quanto ao neurodesenvolvimento e à cognição. Testes adicionais serão necessários em aproximadamente 30% dos pacientes. Muitas das tecnologias avançadas, mesmo demonstrando seu valor experimentalmente, ainda permanecem com o uso limitado na prática clínica. (11,17)

A avaliação pré-operatória distingue os dois principais preditores de liberdade de crises: a presença de uma lesão bem delimitada e a extensão potencial da ressecção. A avaliação das crises, utilizando uma combinação de monitorização ictal e exames de imagem, deve ser realizada o mais precocemente possível. (15)

A ILAE sugere que todas as crianças com epilepsia farmacorresistente sejam avaliadas em um centro abrangente de epilepsia. A fim de otimizar o cuidado, os profissionais de saúde devem considerar todos os aspectos relacionados à epilepsia da criança, incluindo: a etiologia, a semiologia e as particularidades individuais de cada paciente. Também é importante avaliar sempre os seguintes fatores: se há dosagem sub terapêutica dos medicamentos anti- crise, diagnóstico impreciso das crises ou falta de adesão ao uso dos fármacos. (5)

A *National Association of Epilepsy Centers* recomenda que todos os centros que realizam cirurgia de epilepsia disponham de uma conferência pré-cirúrgica formal para avaliar e planejar cada paciente com a presença de uma equipe multidisciplinar composta por neurocirurgiões, neuropsicólogos, epileptologistas, tecnólogos em EEG, enfermeiros, neuroanestesiologistas, psiquiatras, neurofisiologistas, neurorradiologistas, gestores de casos e/ou defensores dos pacientes. Sendo mandatória a participação consistente de neurocirurgiões, neuropsicólogos, epileptologistas e neurorradiologistas em todas as conferências. Tais reuniões aprimoram a concordância interavaliadores quanto às recomendações cirúrgicas entre diferentes instituições e são fortemente recomendadas para possibilitar a adequada ponderação de todos os dados disponíveis antes da tomada de decisão cirúrgica, elas devem ser capazes de recomendar o procedimento mais apropriado para o controle da epilepsia do paciente, independentemente de este ser realizado ou não no próprio centro. (14, 18)

3.3.1. Semiologia das crises epiléticas

O primeiro passo na conceituação de um modelo de localização em epilepsia é uma história clínica detalhada, com foco na semiologia das crises epiléticas, incluindo evidências em vídeo do evento quando disponível. Caso não haja vídeo disponível, ele pode ser obtido posteriormente durante o estudo de vídeo-eletroencefalograma (vEEG). A análise das características semiológicas é essencial para diferenciar precocemente eventos epiléticos de não epiléticos e para estabelecer o diagnóstico inicial de epilepsia focal ou generalizada. A semiologia também é fundamental para delimitar a zona de crise do paciente. Certos padrões clínicos bem estudados possuem alto valor localizador, são alguns exemplos: o "*ictal pout*" (Chapeau de Gendarme) que implica envolvimento da região pré-frontal anterior; a postura de esgrimista ("*fencing posture*") que sugere envolvimento da área motora suplementar; e a hipersalivação ictal que é indicativa de envolvimento insulo-opercular. (14)

Estudos demonstram que a semiologia das crises possui alto valor lateralizador e localizador, comparável ao EEG de escalpo interictal/ictal e à ressonância magnética. Em uma análise de pacientes que alcançaram liberdade de crises após cirurgia ressectiva realizada em hospital dos estados unidos, a semiologia foi lateralizatória em 74% dos casos e localizatória em 77%. Encontrou-se que o valor lateralizador da semiologia das crises (74%) foi comparável ou superior ao de outros métodos diagnósticos: EEG interictal (60%), EEG ictal (87,5%) e ressonância magnética (78%). A localização baseada lobar baseada exclusivamente na semiologia das crises teve maior taxa na epilepsia do lobo temporal (90%), seguida pela do lobo frontal (78%), do lobo occipital (62,5%) e a menor taxa para do lobo parietal (37,5%). (19)

3.3.2. Vídeo-eletroencefalograma

A monitorização contínua por vídeo-eletroencefalograma (vídeo-EEG) prolongado em regime de internação representa uma ferramenta diagnóstica essencial no diagnóstico da epilepsia. As indicações para a monitorização por tal exame incluem: diagnóstico diferencial de eventos paroxísticos (incluindo crises epiléticas, crises orgânicas não epiléticas e crises psicogênicas não epiléticas); classificação e caracterização dos tipos de crises e síndromes eletroclínicas; quantificação das crises, bem como quantificação de

descargas epileptiformes interictais e ictais; e, por último, a avaliação pré-cirúrgica em pacientes com epilepsia refratária. (20)

O EEG, incluindo o registro durante o sono, é obrigatório para a avaliação pré-cirúrgica, e o registro de vídeo-EEG para eventos ictais é fortemente recomendado em todas as crianças. O vídeo-EEG deve ser realizado utilizando técnicas padrão e aceitáveis (por exemplo, as diretrizes da *American Clinical Neurophysiology Society*). (13)

Os objetivos da monitorização por vídeo-eletroencefalograma durante a avaliação pré-cirúrgica da epilepsia incluem:

1. documentação da semiologia clínica das crises;
2. amostragem representativa do eletroencefalograma interictal, incluindo anormalidades inespecíficas e descargas epileptiformes em todos os estágios do ciclo sono-vigília;
3. documentação das alterações do eletroencefalograma ictal e sua correlação com a semiologia clínica das crises. (21)

Embora informações relevantes sobre a zona irritativa possam ser obtidas a partir de descargas epileptiformes interictais, a zona irritativa e a zona de início das crises podem ser discordantes. Portanto, o registro do início ictal por vídeo-eletroencefalograma (vEEG) é essencial na avaliação pré-cirúrgica da epilepsia para confirmar a localização da zona de início das crises. Normalmente, é necessária monitorização prolongada em uma unidade de monitorização de epilepsia; recomenda-se pelo menos 3 dias de EEG contínuo. Duração menor pode ser suficiente em pacientes particularmente refratários com crises diárias, mas, em casos que o paciente apresente múltiplos tipos de crises, todos devem ser caracterizados antes do planejamento cirúrgico, pois podem originar-se de zonas de início independentes. (14)

3.3.3. Avaliação da imagem

A avaliação da imagem através da ressonância magnética do crânio é tipicamente um dos primeiros passos na avaliação para a cirurgia para epilepsia, sendo recomendada para todos os potenciais candidatos ao procedimento. Sua interpretação no contexto dos

dados clínicos e eletroencefalograma é um pré-requisito se houver uma lesão estrutural relevante que seja concordante com os resultados do vídeo eletroencefalograma e não esteja próxima ao córtex eloquente, o paciente pode ser recomendado para cirurgia. A visualização da lesão epileptogênica por ressonância magnética tem implicações prognósticas – crianças com ressecção completa de lesões definidas por ressonância magnética têm chances significativamente maiores de liberdade de crises. (14, 21)

O padrão para imagem em epilepsia é uma intensidade de campo magnético de 3 Tesla (3T), uma vez que fornece resolução superior e assim pode levar à identificação de lesões adicionais. A ressonância magnética de 7T é uma tecnologia emergente que ainda não está amplamente disponível na prática, mas demonstrou utilidade adicional em relação ao 3T, podendo ser futuramente aplicada. Algumas lesões epileptogênicas, como as displasias corticais focais, podem ser sutis na imagem, dessa forma, protocolos de ressonância magnética de alta resolução para epilepsia são necessários para uma avaliação minuciosa. O Grupo de Trabalho de Neuroimagem da Liga Internacional contra a Epilepsia (ILAE) recomenda a inclusão padrão das seguintes sequências: uma sequência tridimensional ponderada em T1 com resolução milimétrica (tamanho de voxel de $1 \times 1 \times 1 \text{ mm}^3$), como *magnetization-prepared rapid gradient echo*; uma sequência tridimensional FLAIR (fluid-attenuated inversion recovery) com resolução milimétrica; e uma sequência bidimensional coronal ponderada em T2 (como *turbo spin echo*) com resolução submilimétrica de voxel ($0,4 \times 0,4 \times 2 \text{ mm}^3$) para avaliar a anatomia do hipocampo. (14, 21)

O contraste com gadolínio deve ser considerado em casos em que há suspeita de lesão tumoral, malformações vasculares ou infecções. O contraste também pode auxiliar no mapeamento dos trajetos vasculares para o planejamento cirúrgico. Se estiver planejada uma ressecção próxima à radiação óptica ou ao trato corticoespinal, recomenda-se imagem por difusão e tractografia para otimizar a abordagem cirúrgica e minimizar os riscos do procedimento. (14, 21)

3.3.4. Avaliação neuropsicológica

O Grupo de Trabalho de Neuropsicologia da Liga Internacional contra a Epilepsia (ILAE) recomenda fortemente a avaliações neuropsicológicas abrangentes nas fases pré e

pós-operatórias para todos os pacientes. A avaliação neuropsicológica desempenha múltiplas funções essenciais antes da cirurgia de epilepsia:

- i. estabelece uma linha de base funcional em diversos domínios cognitivos e comportamentais, possibilitando uma comparação objetiva dos resultados pós-cirúrgicos;
- ii. auxilia na identificação de domínios de fragilidade pré-operatória que podem não sofrer déficits adicionais significativos mesmo com ressecção de córtex eloquente, assim como domínios de força que devem ser preservados sempre que possível;
- iii. déficits cognitivos lateralizados observados durante o teste podem contribuir para a identificação da zona de déficit funcional;
- iv. o aconselhamento pós-avaliação com o neuropsicólogo orienta pacientes e familiares sobre os riscos operatórios para domínios funcionais, impactando o processo de tomada de decisão. (14)

Uma avaliação neuropsicológica abrangente fornece uma linha de base contra a qual mudanças na função pós-operatória podem ser identificadas e as expectativas de mudança pós-operatória podem ser gerenciadas. A avaliação pré-cirúrgica deve incluir a avaliação da função nos domínios centrais da cognição utilizando testes padronizados. No contexto cirúrgico, além dos escores formais dos testes neuropsicológicos, medidas comportamentais da função cognitiva e avaliações subjetivas das dificuldades do paciente em cada domínio cognitivo, são úteis. (22)

A literatura recomenda que a avaliação neuropsicológica pré-operatória seja realizada com instrumentos validados e adaptados culturalmente, considerando fatores como escolaridade, idioma e contexto sociocultural, para garantir maior precisão diagnóstica e comparabilidade dos resultados pós-operatórios. A avaliação comportamental e subjetiva é fundamental para o planejamento cirúrgico, pois auxilia na identificação de domínios vulneráveis e na orientação de estratégias de reabilitação e acompanhamento pós-operatório. (14, 22)

A avaliação neuropsicológica pós-cirúrgica em pacientes submetidos à cirurgia de epilepsia deve ser realizada por meio de protocolos neuropsicológicos abrangentes,

repetindo os domínios cognitivos e comportamentais avaliados previamente. Para identificar mudanças reais, é fundamental utilizar métodos confiáveis, como índices de mudança confiável (RCI) e normas de regressão padronizada, que distinguem alterações genuínas de variações por prática ou erro de medida. (22)

No entanto, a avaliação neuropsicológica de crianças, tanto antes quanto após a cirurgia, é complicada pelo fato de que a epilepsia e a ressecção cirúrgica afetam um cérebro em desenvolvimento, e não um cérebro maduro, impactando, assim, sistemas cognitivos e comportamentais ainda em formação. Em crianças pequenas, especialmente aquelas com atraso significativo no neurodesenvolvimento, a avaliação pode precisar ser focada no desenvolvimento da linguagem, função motora e função adaptativa. Como os padrões de lateralização cerebral da função podem emergir apenas após um período de desenvolvimento (por exemplo, linguagem), o início precoce das crises em qualquer hemisfério pode impactar negativamente o desenvolvimento dessas funções ou resultar em uma representação atípica. Além disso, foi demonstrado que os fenótipos cognitivos são semelhantes em algumas síndromes epiléticas da infância, e que também pode haver sobreposição de comprometimento cognitivo entre epilepsias sintomáticas originadas no lobo temporal ou frontal. Assim, o perfil neuropsicológico em casos pediátricos, especialmente em crianças mais jovens, pode não apresentar sinais lateralizatórios ou localizatórios. Em adolescentes com focos epileptogênicos no lobo temporal, os padrões são mais semelhantes aos descritos em adultos, e, portanto, abordagens semelhantes para interpretação e análise de risco são apropriadas. (22)

3.3.5. Monitorização invasiva

A monitorização invasiva deve ser considerada em crianças em duas situações: quando a ressonância magnética e outras medidas não invasivas não conseguem demarcar claramente a zona epileptogênica ou quando é necessária uma definição precisa do córtex eloquente. Tal situação acontece tipicamente em contextos de displasia cortical focal, esclerose mesial temporal, epilepsias multilobares, bi hemisféricas e extratemporais. A monitorização invasiva é realizada por meio de eletroencefalografia intracraniana (EEG-i) que compreende a estereoeletroencefalografia (SEEG), a colocação de eletrodos subdurais (ESD) e outros métodos raramente utilizados, como os eletrodos epidurais. Quando

utilizada adequadamente e em conjunto com o restante da investigação, eles oferecem a oportunidade de liberdade de crises em crianças que, de outra forma, não seriam candidatas à cirurgia de epilepsia. Em crianças com distúrbio de comportamento importante, a viabilidade da monitorização e sua relação risco/benefício devem ser avaliadas cuidadosamente. (16, 15, 23)

Eletrodos subdurais (ESD) permitem uma ampla cobertura cortical superficial. Indicados quando há necessidade de mapeamento funcional detalhado do córtex superficial, especialmente em casos em que a zona epileptogênica está próxima de áreas eloquentes ou quando se deseja uma ressecção guiada intra-operatória. As principais vantagens são a capacidade de realizar estimulação elétrica cortical para mapeamento funcional preciso e a possibilidade de amostragem densa da superfície cortical. As limitações desse método incluem: um maior risco de complicações (como hematomas subdurais e infecções) e não permitir acesso a estruturas profundas ou bilaterais. Os eletrodos utilizados são grids ou tiras; podendo ser combinados com eletrodos profundos. O grid é colocado sob anestesia geral após incisão de craniotomia, remoção do retalho ósseo e abertura da dura-máter. A craniotomia deve ser suficientemente ampla para acomodar os grids sobre a região desejada e as regiões exploradas são limitadas pelas possibilidades da craniotomia. A ressecção cortical, quando viável, é realizada durante a remoção do grid'. Já as tiras subdurais são menos invasivas do que os grids, uma vez que são inseridas por meio de um orifício de trépano; dessa forma, não requerem craniotomia, e não há necessidade de realizar cirurgia ressectiva imediata ao final do registro. (23, 24)

Estereoeletroencefalografia (SEEG) consiste na implantação estereotáxica de múltiplos eletrodos profundos, permitindo amostragem tridimensional de regiões corticais e subcorticais, inclusive áreas profundas e bilaterais. As vantagens incluem: menor morbidade (taxa de complicações significativamente menor do que eletrodos subdurais), possibilidade de amostragem tridimensional de áreas corticais e subcorticais, acesso bilateral e melhor tolerabilidade pelo paciente. A principal limitação é a menor capacidade de mapeamento funcional superficial, embora a estimulação elétrica seja possível e cada vez mais utilizada, exigindo interpretação diferenciada. A espessura óssea é o principal critério para determinar se um procedimento de estereoeletroencefalografia (SEEG) é viável em crianças mais jovens, pois o osso da calota craniana muito fino predispõe a

riscos tais como mobilização secundária do pino de fixação ou perfuração óssea pelos suportes do arco estereotáxico. No geral é um método bem tolerado, sendo a complicação mais comum na pediatria a hemorragia (0-3%). (23, 24)

3.3.7. Avaliação genética

Os testes genéticos têm um papel cada vez mais importante na avaliação diagnóstica da epilepsia, demonstrando utilidade em crianças e em adultos. Os resultados dos testes podem fornecer informações sobre mecanismo fisiopatológico ou prognóstico que influenciam a tomada de decisão cirúrgica. Como um diagnóstico genético pode levar a um manejo mais eficaz e a melhores desfechos, os testes devem ser realizados precocemente na avaliação diagnóstica. Atualmente, não há um consenso sobre a estratégia ideal de testagem genética. O rendimento diagnóstico dos testes genéticos é maior em casos de epilepsia farmacorresistente, em idades mais precoces de início das crises e em casos de encefalopatia epiléptica do desenvolvimento ou com transtornos do neurodesenvolvimento associados. Centros que implementam uma estratégia de testagem consistente têm maior probabilidade de beneficiar os pacientes do que aqueles que não dispõem de protocolos de testagem. (18)

3.4. Técnicas cirúrgicas

O espectro da cirurgia de epilepsia em crianças é mais amplo e distingue-se daquele observado nos adultos. Dados de 2004 coletados pela Subcomissão para Cirurgia de Epilepsia Pediátrica da ILAE demonstraram que a cirurgia mais comum foi a ressecção lobar e focal dos lobos frontal e temporal (41%), seguida pelas hemisferectomia cerebral (16%), estimulação do nervo vago (16%) e ressecções multilobares (13%). Também se observou um aumento relativo de procedimentos multilobares e extratemporais ao longo do tempo. Técnicas minimamente invasivas, em situações específicas têm sido cada vez mais utilizadas, como a termocoagulação guiada por estereo-EEG e a ablação a laser. (11, 25)

As opções cirúrgicas variam desde procedimentos de lesionectomia ou desconexão até a implantação de dispositivos de neuromodulação. Elas podem ser categorizadas em

terapias direcionadas para pacientes com epilepsia focal e em intervenções cirúrgicas não específicas para aqueles pacientes com epilepsia multifocal ou generalizada. (26)

3.4.1. Lesionectomy

A forma mais básica de cirurgia para epilepsia é a lesionectomy ou cirurgia ressectiva, a qual consiste na ressecção cirúrgica da lesão responsável pelas crises epiléticas. Para ser candidato à tal cirurgia, o paciente deve apresentar: epilepsia localizada em uma lesão relativamente bem definida e evidente radiologicamente e refratariedade a múltiplos (≥ 2) fármacos anti-crise. A seleção adequada do paciente depende de correlação clínica, eletroencefalográfica e de imagem, visando garantir que a ressecção da lesão resulte em controle das crises sem déficits neurológicos significativos. As etiologias que frequentemente se enquadram nesses critérios incluem as displasias corticais focais, os tumores de baixo grau, as malformações cavernosas e as malformações arteriovenosas. (2,5)

A ressecção completa da lesão está associada a maiores taxas de liberdade de crises, especialmente em crianças, e deve ser considerada precocemente em casos de epilepsia farmacorresistente. (5) Não há uma técnica cirúrgica única, uma vez que o procedimento depende do tipo e localização da lesão. Após a localização, a forma mais usada é a remoção total da lesão, na qual se remove toda lesão com ressecção mínima de outros tecidos do córtex. Alguns cirurgiões optam por adicionalmente ressecar também o córtex perilesional para uma maior chance de englobar o tecido epileptogênico, isso pode ser complicado em casos em que há proximidade com o córtex eloquente. (2)

3.4.2. Cirurgias para epilepsia do lobo temporal

Epilepsia do lobo temporal, comumente originada do hipocampo e da amígdala no lobo temporal mesial, é uma causa especialmente comum de epilepsia tanto em adultos quanto em crianças (estimada em 10–20% de todos os casos de epilepsia pediátrica). Embora a esclerose mesial temporal (EMT) represente a grande maioria dos casos de epilepsia do lobo temporal em adultos, ela é significativamente menos comum em

crianças. A patologia dupla é frequentemente encontrada em crianças. Algumas condições sindrômicas podem causar ELT, incluindo esclerose tuberosa e neurofibromatose. Os resultados cirúrgicos para ELT em crianças são geralmente favoráveis, com uma revisão sistemática recente mostrando liberdade completa de crises em 76% dos pacientes. (2,27)

Lobectomia temporal anterior. É a técnica mais comum de lobectomia temporal. Para iniciar a operação, a pele e o músculo temporal são abertos, uma craniotomia é realizada e a dura-máter é refletida. Uma incisão é feita no giro temporal médio (4–5 cm da ponta temporal no lado dominante e 5–6 cm da ponta temporal no lado não dominante). Essa incisão é estendida anteriormente até o giro temporal superior. A partir da abertura do giro temporal médio, uma corticectomia é realizada inferiormente até o giro fusiforme e o tecido anterolateral é então removido. A substância branca do pedúnculo temporal é então seguida até o ventrículo lateral, permitindo maior acesso ao lobo temporal mesial. Usando o ventrículo e o plexo coroide como pontos de referência, o hipocampo e a amígdala podem então ser removidos. (27)

Amigdaló-hipocampectomia seletiva. Múltiplos métodos de amigdaló-hipocampectomia seletiva (SelAH) foram descritos, incluindo abordagens transcortical, subtemporal e trans-silviana. A abordagem trans-silviana é descrita a seguir. O córtex é inicialmente acessado de forma semelhante à LTA. Após a abertura do crânio, a asa do esfenóide é aplainada para fornecer maior acessibilidade à fissura silviana. A fissura silviana é então dissecada e aberta para fornecer uma janela em direção ao corno temporal do ventrículo lateral. Após a dissecação completa da fissura, o sulco insular inferior é incisado para permitir a abertura do corno temporal. De dentro do ventrículo, a amígdala, o hipocampo anterior e o hipocampo posterior podem ser sucessivamente ressecados, e a vasculatura que supre diretamente essas estruturas é coagulada. (27)

Desconexão do lobo temporal. Não é tão comum. Envolve desconexões superior e posterior do lobo temporal, cada uma das quais pode ser subdividida em componentes medial e lateral. Além do giro temporal superior e da amígdala, que são ressecados, o restante do lobo temporal e o hipocampo são desconectados e deixados no lugar. (27)

3.4.3. Cirurgias para epilepsia extratemporal

Diferentemente dos adultos, nas crianças as epilepsias lobares extratemporais são mais comuns do que as epilepsias temporais. Tradicionalmente, elas são consideradas distintas da epilepsia temporal porque as lobectomias realizadas nesses casos tendem a ser parciais, devido à presença de córtex eloquente. Nesse contexto, o princípio de minimizar o dano às regiões neocorticais adjacentes é fundamental para preservar funções neurológicas. Como consequência, a recorrência das crises é mais frequente quando comparada às ressecções cirúrgicas do lobo temporal mesial. (24,5)

Diversas etiologias podem levar à epilepsia do lobo extratemporal como: neoplasias, esclerose tuberosa, displasia cortical, malformações arteriovenosas, cistos porencefálicos, gliose, heterotopia da substância cinzenta, trauma e insultos perinatais. Embora essas condições possam ocorrer em qualquer região do córtex, a epilepsia do lobo frontal é observada com mais frequência do que a epilepsia do lobo parietal ou occipital. (2)

A epilepsia do lobo extratemporal é ainda subdividida de acordo com o lobo acometido, incluindo os lobos frontal, parietal e occipital - em ordem decrescente de frequência. A investigação diagnóstica é especialmente importante nessas epilepsias para analisar o envolvimento do córtex eloquente, que na maioria das vezes limita as ressecções cirúrgicas. A ressonância magnética funcional e a tractografia podem ser de especial interesse nessa população. O eletrocorticograma intraoperatório (ECoG) é frequentemente um recurso útil adicional para ajudar a ajustar as ressecções com base nos registros de EEG interictal. (24)

Lobectomia frontal: Na epilepsia do lobo frontal clinicamente intratável, na ausência de lesão identificável, a lobectomia frontal pode ser considerada. O principal determinante é a dominância hemisférica, que indica a presença de função linguística. Os limites funcionais são o córtex motor primário posteriormente e, quando presente, o córtex da linguagem inferiormente. A tendência atual é realizar ressecções individualizadas ao invés das lobectomias padrão. Para esse fim, esses casos são comumente conduzidos com monitorização eletrográfica invasiva pré-ressecção. Déficits neurológicos transitórios são

frequentes após essas cirurgias, mas geralmente se resolvem nas semanas subsequentes. (24)

Ressecções do quadrante posterior. A ressecção do quadrante posterior consiste em uma ressecção parieto-occipital que pode ser estendida ao lobo temporal se necessário. Embora seja um procedimento incomum, a maioria das crianças submetidas a uma ressecção multilobar extensa tem menos de 2 anos de idade e apresenta uma lesão identificável, comumente displasia cortical focal, que poupa o lobo frontal. Essa ressecção preserva a área central e, na ausência de lesão vascular, não deve, portanto, levar à hemiparesia. Em contrapartida, uma hemianopsia completa é a regra, mas, frequentemente, já está presente antes da cirurgia em decorrência da doença subjacente. Em pacientes bem selecionados, a taxa de liberdade de crises pode alcançar até 75%. (24)

Insulectomia. A ínsula é um lobo profundo e fino, localizado sob a fissura de Sylvius, em uma junção entre os lobos frontal, temporal e parietal, por meio de suas regiões operculares. Seu acesso é difícil e coloca em risco as principais estruturas vasculares do cérebro. É comumente envolvida na epilepsia do sistema límbico. Seu envolvimento geral provavelmente é sub-reconhecido, uma vez que sua investigação é difícil. O eletroencefalograma de superfície raramente consegue distinguir a atividade insular da região opercular circundante, sendo frequentemente necessário métodos invasivos. Os eletrodos de profundidade são a técnica preferida, porém o direcionamento pode ser complexo em razão dos vasos. (23)

As falhas no tratamento da epilepsia do lobo temporal podem ser decorrentes de zonas de início das crises mais extensas, denominadas epilepsia do lobo temporal plus. Ela é caracterizada por uma rede epileptogênica complexa que inclui o lobo temporal e as estruturas vizinhas adjacentes, como a ínsula e o opérculo suprassilviano, o córtex orbitofrontal e a junção temporo-parieto-occipital. Pode estar relacionada à patologia dupla, especialmente em crianças, mas é mais frequentemente encontrada em pacientes com esclerose hipocampal ou com ressonância magnética negativa. A epilepsia temporoperisilviana é o tipo mais comum de epilepsia do lobo temporal. (24, 28)

3.4.4. Cirurgias hemisféricas

A hemisferectomia é uma técnica cirúrgica que consiste na desconexão funcional de um hemisfério cerebral inteiro, sendo indicada para pacientes com lesões hemisféricas extensas. Embora, sejam esperados déficits neurológicos, a taxa de liberdade de crises epiléticas naqueles pacientes adequadamente selecionados é elevada. Existem múltiplas abordagens cirúrgicas para a realização da hemisferectomia, e, em alguns casos, o procedimento pode ser realizado por meio de orifício de trépano ou por via endoscópica, técnica menos invasiva. As indicações para cirurgias hemisféricas podem ser divididas amplamente em: causas do desenvolvimento/congênicas (como displasia cortical multilobar e hemimegalencefalia), causas adquiridas (como acidente vascular perinatal, encefalite de Rasmussen e angiomas leptomeningeos) e causas progressivas. No caso da Encefalopatia de Rasmussen, a hemisferectomia ou desconexão hemisférica permanece como a única cura para epilepsia progressiva e deve ser considerada precocemente no curso da doença para prevenir comorbidades. (2, 16, 26).

Contraindicações para o procedimento de hemisferectomia incluem a presença de patologias bilaterais, como a lisencefalia e a heterotopia em banda, que podem ser visualizadas na ressonância magnética. A maioria dos pacientes candidatos apresenta crises focais, simples ou complexas. Embora o eletroencefalograma idealmente demonstre epileptogenicidade restrita a um hemisfério, a presença de atividade epilética no hemisfério contralateral não constitui contraindicação absoluta, desde que a lesão principal seja unilateral e haja correlação clínica e de imagem. Hemisferectomia pode ser considerada, em casos raros, para redução paliativa da carga de crises em epilepsias bilaterais, mas com expectativa de benefício reduzido. (2)

A maioria dos pacientes apresenta hemiparesia pré-operatória, porém geralmente mantém a capacidade de deambulação. O envolvimento da linguagem depende da lateralização hemisférica, sendo que déficits linguísticos são mais prováveis após hemisferectomia esquerda, especialmente em pacientes com lateralização esquerda da linguagem. Déficits nos domínios do desenvolvimento, cognitivo e comportamental também são comuns nesses pacientes. (2)

3.4.5. Cirurgias Paliativas

Há um grupo de pacientes para os quais não é possível indicar cirurgia de epilepsia com intenção curativa. Esse grupo inclui indivíduos com epilepsia cuja zona epileptogênica envolve regiões homotópicas em ambos os hemisférios; com epilepsia de início generalizado; sem um foco epileptogênico único e claramente identificável; ou com foco localizado em córtex eloquente, cuja ressecção é considerada insegura. Ainda assim, a abordagem cirúrgica direcionada aos tipos de crises mais incapacitantes pode ser benéfica. Nessas situações, as intervenções são classificadas como paliativas, pois têm como objetivo reduzir a carga das crises, sem necessariamente alcançar a completa liberdade de crises. Entretanto, esses pacientes podem apresentar atrasos ainda maiores no encaminhamento a um centro de cirurgia de epilepsia devido à concepção equivocada de que não se beneficiariam da intervenção cirúrgica. (24, 29)

As opções cirúrgicas paliativas incluem a implantação de neuroestimuladores [estimulação do nervo vago (VNS), neuroestimulação responsiva (RNS) e estimulação cerebral profunda (DBS)], procedimentos de desconexão [calosotomia do corpo caloso, hemisferotomia, transecção subpial múltipla] e lesionectomia, incluindo ressecções lobares ou sublobares. Procedimentos, usualmente considerados curativos, são classificados como paliativos quando os critérios supracitados para cirurgia definitiva não podem ser atendidos (como hemisferotomia, lobectomia e lesionectomia). (29)

É cada vez mais evidente que as modalidades de cirurgia paliativa para epilepsia, são eficazes em melhorar a frequência e a gravidade das crises a ponto de promover a melhora significativa na qualidade de vida tanto dos pacientes quanto de seus cuidadores. Uma análise multicêntrica, publicada em 2025, baseada em um banco de dados de Cirurgia de Epilepsia que reúne 20 centros especializados e consiste em um registro prospectivo de pacientes com idades entre 0 e 18 anos, demonstrou que a maioria dos pacientes submetidos à cirurgia paliativa apresentou redução da frequência de crises superior a 50% no seguimento, tanto nos grupos que receberam procedimentos tradicionalmente classificados como paliativos quanto naqueles submetidos a procedimentos tradicionalmente considerados definitivos. Observou-se, entretanto, que a

taxa de liberdade completa de crises foi significativamente menor quando comparada às cirurgias com intenção curativa (9% versus 41%). (29, 30)

Calosotomia:

A calosotomia do corpo caloso é um procedimento cirúrgico paliativo utilizado para prevenir a propagação inter-hemisférica de descargas epileptogênicas. A cirurgia é tipicamente realizada como um procedimento microcirúrgico por meio de uma abordagem inter-hemisférica frontal anterior. A calosotomia é realizada por meio da dissecação até a fenda entre as lâminas do septo pelúcido; o corpo caloso é então seccionado ao longo dessa fenda. Para limitar efeitos adversos indesejáveis, ela pode ser realizada de forma escalonada, inicialmente com a secção apenas dos dois terços anteriores ou posteriores do corpo caloso. Caso as crises persistam, uma segunda cirurgia pode ser realizada para seccionar o terço remanescente do corpo caloso. A terapia térmica intersticial a laser (LITT) para calosotomia também tem sido utilizada, com eficácia comparável e redução do tempo de internação em unidade de terapia intensiva e da perda sanguínea. Ao avaliar os pacientes quanto à redução das crises, estudos demonstraram que a secção completa é superior à secção apenas anterior ou posterior. (29, 5)

A indicação típica da calosotomia são as crises do tipo “*drop attacks*”, que estão associadas a crises tônicas e/ou atônicas, uma vez que elas apresentam alto risco de quedas com lesões graves e piora da qualidade de vida. Nesses pacientes, a resolução completa das quedas é de 42,6% dos pacientes submetidos à calosotomia parcial e de 63,3% daqueles submetidos à calosotomia completa. Outras condições que podem ser passíveis de calosotomia incluem as encefalopatias epiléticas da infância, como a síndrome de Lennox-Gastaut e a síndrome de West. E, em situações de sincronia bilateral rápida, a calosotomia também tem sido utilizada para lateralizar e localizar o início das crises, possibilitando ressecções bem-sucedidas em pacientes previamente considerados não candidatos à cirurgia curativa da epilepsia, inclusive em pacientes muito jovens (<1 ano de idade). (29)

Após a calosotomia, os pacientes podem apresentar um conjunto de sintomas adversos transitórios, conhecidos como Síndrome de Desconexão, que incluem síndrome da mão alienígena, dislexia e/ou alexia, apraxia, anomia tátil e/ou visual, agrafia e/ou

heminegligência. A maioria desses efeitos adversos é transitória e não incapacitante. A síndrome de desconexão é mais frequentemente associada a pacientes submetidos à calosotomia completa em comparação àqueles submetidos à secção parcial. (29)

Estimulação do Nervo Vago (VNS)

O estimulador do nervo vago (VNS, do inglês *vagus nerve stimulation*) é um dispositivo implantável extracraniano que consiste em uma unidade geradora, inserida subcutaneamente na região inferior à clavícula, conectada a um fio transmissor com dois eletrodos de estimulação enrolados ao redor da porção cervical do nervo vago. O dispositivo geralmente estimula o nervo vago esquerdo para minimizar efeitos adversos sobre o ritmo cardíaco (uma vez que o nervo vago direito inerva o nó sinoatrial). A estimulação do nervo vago ocorre de forma multimodal, com a possibilidade de ajuste da amplitude, frequência e largura de pulso para estimulação em circuito fechado, sob demanda (estimulação iniciada pelo próprio paciente ou cuidador por meio da passagem de um ímã sobre o gerador em resposta a uma crise) e em circuito aberto. (29, 5)

Atualmente, a VNS é aprovada para crianças a partir dos 4 anos de idade. Ela tem se mostrado eficaz em epilepsias de início focal, de início generalizado e em síndromes epiléticas mais específicas, como a síndrome de Lennox-Gastaut (LGS), o complexo de esclerose tuberosa, a síndrome de Dravet e a síndrome de Landau-Kleffner. (31)

A VNS é, em geral, bem tolerada, sendo que em grandes séries observacionais, foram relatados efeitos adversos em 9%. Os mais frequentes são tempo-dependentes e mecanicamente relacionados à estimulação incluindo: rouquidão, tosse, parestesia e dor local. Estes eventos adversos são frequentemente transitórios e podem ser controlados pela redução da largura do pulso ou da intensidade da corrente. Apneia obstrutiva do sono hipoventilação também têm sido frequentemente descritas e os sintomas devem ser rastreados tanto antes quanto após a implantação da VNS. A piora dos distúrbios respiratórios do sono ocorreu em 28–57% dos participantes, possivelmente relacionada à adução da corda vocal esquerda induzida pela estimulação, e geralmente é controlada pelo ajuste da terapia com VNS ou pelo tratamento dos distúrbios respiratórios do sono. (29, 31)

Estimulação Cerebral Profunda (DBS)

A estimulação cerebral profunda (DBS, do inglês *deep brain stimulation*) foi inicialmente desenvolvida para o tratamento de distúrbios do movimento, tendo como objetivo modular circuitos cerebrais por meio da estimulação de estruturas específicas, podendo exercer efeitos excitatórios ou inibitórios sobre a atividade neuronal. O interesse em tratar outras condições, como a epilepsia, surgiu rapidamente. O alvo mais comumente utilizado nesse circuito parece ser o núcleo anterior do tálamo. Outros alvos também têm sido testados, como o núcleo centro mediano do tálamo, o corpo mamilar e o hipocampo. O procedimento requer planejamento estereotáxico rigoroso, viabilizado pelo uso de arco estereotáxico ou sistemas robóticos, permitindo o direcionamento preciso dos eletrodos ao alvo. A utilização do arco estereotáxico em crianças menores de quatro anos apresenta desafios técnicos relacionados à espessura do crânio nessa faixa etária. Esse gerador pode posteriormente ser interrogado, e os parâmetros de corrente podem ser ajustados com o objetivo de otimizar o controle das crises epiléticas, geralmente ao longo de vários meses. Yan et al. conduziram uma revisão sistemática sobre DBS em epilepsia pediátrica, os principais achados foram que 85% dos pacientes apresentaram redução da frequência de crises epiléticas após DBS e 12,5% atingiram liberdade de crises. (5, 24, 32)

Neuroestimulação Responsiva (RNS)

A neuroestimulação responsiva (RNS, do inglês *responsive neurostimulation*) é um sistema de circuito fechado no qual 1 ou 2 eletrodos, são inseridos próximos ou no interior do foco epileptogênico e são conectados a um gerador. Esses eletrodos contêm contatos de detecção e, quando um padrão ictal é identificado, uma estimulação é induzida. A indicação desse procedimento é geralmente limitada a dois focos epileptogênicos, o que pode restringir a seleção de pacientes; com resultados para essa população selecionada satisfatórios. A neuroestimulação responsiva (RNS) atualmente é aprovada pela *Food and Drug Administration* (FDA) apenas para pacientes com mais de 18 anos de idade com diagnóstico de epilepsia focal resistente a medicamentos, e não possui aprovação regulatória em outros países. De forma semelhante à DBS, a maior parte dos dados de estudos ainda é proveniente da população adulta. Singh et al. avaliaram 56 pacientes pediátricos, com idade média de 14,9 anos, submetidos à neuroestimulação responsiva em um estudo multicêntrico do *Pediatric Epilepsy Research Consortium*, tendo demonstrado

que 65% dos pacientes apresentaram redução $\geq 50\%$ na frequência das crises e 10% atingiram liberdade de crises, com taxa de complicações de apenas 5,3%, sugerindo portanto que o RNS é uma opção paliativa segura e eficaz para crianças com epilepsia focal farmacorresistente não candidatas à ressecção cirúrgica, embora seu uso ainda seja off-label em menores de 18 anos. (24, 33)

3.4.6. Técnicas Minimamente Invasivas

As tecnologias neurocirúrgicas vêm evoluindo substancialmente, permitindo opções minimamente invasivas para pacientes pediátricos com epilepsias focais e generalizadas. As técnicas minimamente invasivas em cirurgia de epilepsia incluem: estereoeletroencefalografia (SEEG), termocoagulação por radiofrequência guiada por SEEG, cirurgias endoscópicas, ablação térmica intersticial por laser (LITT), neuroestimulação responsiva, estimulação cerebral profunda e ultrassom focalizado. Essas abordagens oferecem menor morbidade e recuperação mais rápida em comparação às ressecções abertas, embora as taxas de liberdade de crises sejam geralmente inferiores. (34)

Termocoagulação por radiofrequência guiada por estereoeletroencefalografia

A estereoeletroencefalografia (SEEG) não apenas possibilita a localização precisa da zona epileptogênica (ZE), como também oferece a oportunidade de intervenção terapêutica direcionada durante o mesmo procedimento. A termocoagulação por radiofrequência guiada por SEEG (do inglês *Radiofrequency thermal coagulation*, RFTC) constitui uma técnica verdadeiramente minimamente invasiva, na qual um gerador de radiofrequência produz lesões térmicas focais na zona epileptogênica diretamente por meio dos eletrodos de profundidade previamente implantados para monitorização. Essa abordagem apresenta vantagens significativas, incluindo a utilização dos registros intracranianos e do mapeamento funcional por estimulação elétrica realizados durante a investigação pré-cirúrgica, além da capacidade de produzir múltiplas lesões térmicas com o objetivo de interromper redes epileptogênicas extensas ou de difícil acesso cirúrgico. Adicionalmente, essa técnica pode ser realizada fora do centro cirúrgico, com o paciente acordado, o que permite ao médico monitorar continuamente os sintomas neurológicos. (34, 35)

Ablação por Laser Guiada por Ressonância Magnética (MRIgLITT)

Terapia térmica intersticial a laser guiada por ressonância magnética (MRIgLITT) é uma metodologia em desenvolvimento que proporciona a ablação térmica direcionada a focos epileptogênicos. Uma pequena craniotomia possibilita a colocação estereotática de um aplicador a laser, com subsequente confirmação do posicionamento através da ressonância magnética, bem como planejamento e aplicação do dano térmico. Como uma opção viável no manejo da esclerose mesial temporal (EMT), a LITT também demonstrou eficácia com redução de crises de até 78% nos pacientes, com maior sucesso quando a amígdala, a cabeça do hipocampo e o giro parahipocampal também são alvos do procedimento. Estudos realizados em múltiplos centros nos Estados Unidos descrevem essa técnica como uma alternativa segura e confiável à amigdalohipocampectomia seletiva convencional. A maioria dos pacientes alcançou liberdade de crises. (5)

3.5. Pós-operatório e desfechos

3.5.1. Manejo no pós-operatório

O curso pós-operatório imediato após cirurgia de epilepsia varia conforme ao tipo de intervenção cirúrgica realizada. Procedimentos cirúrgicos nos quais há lesão tecidual como parte da intervenção (como ablações, ressecções, desconexões) podem estar associados a novos déficits neurológicos, os quais são tipicamente mais acentuados nos primeiros 3 meses após o procedimento, com uma melhora progressiva ao longo dos 12 meses seguintes. Os déficits específicos dependem da função subjacente da área ressecada e do grau de lesão pré-existente daquela região. Por exemplo, em casos de hemisferectomia nos quais já existe déficit prévio decorrente de lesão unilateral (como acidente vascular cerebral perinatal), frequentemente observa-se déficit adicional mínimo após a cirurgia. Determinadas regiões cerebrais são passíveis de neuroplasticidade e recuperação funcional, como a área motora suplementar, ou de recuperação funcional por mecanismos compensatórios, como ocorre com a marcha, que é auxiliada por circuitos subcorticais. (26)

A cirurgia de calosotomia está associada a uma síndrome de desconexão que atinge seu pico nos primeiros 3 meses, manifestando-se por síndrome da mão alienígena, apraxia, anomia tátil/visual, agrafia, negligência e/ou dislexia. A longo prazo, a recuperação é tipicamente excelente, embora possam persistir diferenças cognitivas sutis. Já em relação aos dispositivos de neuromodulação, eles são tipicamente mantidos desligados durante um período inicial de cicatrização, sendo a estimulação ativada semanas após o procedimento em ambiente ambulatorial por um médico capacitado, com retornos frequentes ao longo dos meses subsequentes para ajustes dos parâmetros do dispositivo. (26)

A retirada pós-operatória de fármacos anti-crise pode ser realizada gradualmente nos pacientes que permanecem livres de crises após a cirurgia. A literatura demonstra que a retirada precoce dos medicamentos está associada a um risco aumentado de recidiva de crises no curto prazo, mas não afeta o desfecho de longo prazo em crianças. A decisão sobre o momento ideal para iniciar a retirada deve ser individualizada, considerando fatores como ausência de crises pós-operatórias, ausência de descargas epileptiformes no EEG, e ressecção completa da lesão. Segundo a diretriz da Academia Americana de Neurologia publicada em 2021, não parece haver diferença estatisticamente significativa quando medicamentos antiepilépticos são retirados em pacientes pediátricos que permaneceram livres de crises por 2 anos em comparação com 4 anos, quando os pacientes estiveram livres de crises por 18–24 meses durante os primeiros 4–6 anos de seguimento. A diretriz também destaca que há baixa confiança na evidência de que um eletroencefalograma epileptiforme aumenta o risco de recorrência de crises em crianças, embora a presença de atividade epileptiforme no EEG deva ser considerada como parte da decisão. Em crianças sem atividade epileptiforme no EEG, a retirada gradual dos ASMs é recomendada, com redução de 25% da dose a cada 10–14 dias. (12, 36, 37)

3.5.2. Desfechos relacionados à liberdade de crises

Uma revisão sistemática e meta-análise evidenciou que a cirurgia de epilepsia alcançou uma melhor liberdade de crises em quando comparada à terapia medicamentosa, essa melhora reduziu do 1º ao 10º ano após o procedimento cirúrgico - as taxas de liberdade de crises foram de 64,8% após 1 ano, 60,3% após 5 anos e 39,7% após 10 anos de seguimento pós-operatório. Além disso, demonstrou-se que os resultados cirúrgicos

não foram homogêneos, eles dependem de fatores como localização cirúrgica, patologias, epilepsias não lesionais e ressecção completa da lesão. As maiores taxas observadas foram em cirurgias hemisféricas, seguidas pelas cirurgias do lobo temporal e, por fim, pelas cirurgias extratemporais. A liberdade de crises foi mais elevada em pacientes com epilepsia associada a tumores e inferior naqueles com malformações do desenvolvimento cortical. Os desfechos foram menos favoráveis nos casos de epilepsia não lesional e de ressecções incompletas. Idade mais precoce no momento da cirurgia e início mais precoce das crises estiveram associados a melhores desfechos. (11, 38)

Atualmente dois sistemas de classificação para categorizar o controle de crises epiléticas no pós-operatório são amplamente empregados em estudos clínicos e na prática: a Escala de Desfecho Cirúrgico de Engel e a Classificação da Liga Internacional contra a Epilepsia (ILAE), sendo a primeira mais utilizado em crianças e adultos. (39, 30)

A Escala de Desfecho Cirúrgico de Engel organiza os resultados em quatro classes principais. A classe I corresponde aos pacientes livres de crises incapacitantes, abrangendo desde aqueles completamente livres de crises desde a cirurgia até indivíduos que apresentam apenas crises parciais simples não incapacitantes, crises generalizadas exclusivamente durante a retirada de fármacos antiepiléticos ou episódios incapacitantes isolados no período pós-operatório inicial, seguidos de mais de dois anos sem crises incapacitantes. A classe II inclui pacientes com crises incapacitantes raras, seja após um período inicial livre de crises, com ocorrência esporádica desde a cirurgia ou com crises ocasionais ao longo do seguimento, mas raras nos últimos dois anos. A classe III refere-se à melhora evidente, caracterizada por redução clara da frequência das crises ou por intervalos prolongados livres de crises que correspondem a mais de 50% do período de acompanhamento, embora inferiores a dois anos. Por fim, a classe IV representa a ausência de melhora evidente, englobando casos com redução significativa das crises sem impacto clínico relevante, ausência de alteração do padrão de crises ou piora do quadro. Essa classificação pode superestimar a proporção de pacientes realmente livres de crises, pois não distingue entre liberdade completa de crises (Engel IA) e outros subtipos (IB, IC, ID) que ainda apresentam algum grau de recorrência ou remissão tardia. Além disso, a Engel não considera o tempo até recorrência, a frequência anual de crises, nem a retirada de medicamentos antiepiléticos, o que pode gerar discrepâncias. (39, 40)

O sistema de classificação de desfechos da Liga Internacional contra Epilepsia (ILAE) foi criado para enfrentar os desafios discutidos em relação à classificação de Engel. Os pacientes completamente livres de crises são classificados separadamente; as crises são quantificadas em cada categoria e comparadas a uma frequência basal bem definida, e os resultados podem ser facilmente comparados aos ensaios com fármacos anti-crise. No entanto, poucos estudos relataram seus dados utilizando esse sistema, porque ele tende a ser difícil de memorizar e desafiador de aplicar na ausência de uma quantificação consistente da carga de crises. Alguns centros relataram seus desfechos utilizando sistemas de pontuação validados internamente e outros optaram por um período pré-especificado de liberdade de crises como reflexo de um desfecho favorável. (39, 40)

3.5.3. Desfechos cognitivos

Como regra geral, a cirurgia da epilepsia, quando alcança a liberdade de crises epiléticas, está associada à melhora das habilidades cognitivas (especialmente em crianças), do estado psiquiátrico, do funcionamento social e da qualidade de vida. No entanto, qualquer um desses desfechos pode se deteriorar em nível individual. Os principais preditores de desfecho cognitivo após cirurgia de epilepsia em crianças são a integridade do tecido cerebral remanescente, a ausência de anormalidades significativas no hemisfério contralateral, o nível de escolaridade dos pais e a retirada ou a descontinuação completa dos fármacos anti-crise. A preservação de tecido funcional e a plasticidade cerebral são fundamentais para melhores resultados cognitivos, enquanto lesões ou atrofia no hemisfério contralateral estão associadas a pior prognóstico. O nível educacional dos pais está relacionado a maior reserva cognitiva e melhores trajetórias de recuperação. A retirada completa dos fármacos após liberdade de crises está associada a ganhos adicionais em memória, velocidade de processamento e desempenho acadêmico, além de otimizar o desenvolvimento intelectual e comportamental. Outros fatores relevantes incluem menor dano basal, menor carga medicamentosa, idade mais jovem na avaliação, início mais tardio da epilepsia e duração mais curta da doença. Uma exceção para os desfechos cognitivos positivos é a redução na memória verbal que tende a ocorrer após cirurgias para epilepsias do lobo temporal do lado dominante. (12, 41)

Estudos observacionais de grande porte corroboram esses achados. Um estudo realizado no Centro de Epilepsia em Bonn na Alemanha, avaliou desfechos cognitivos e

comportamentais, através de uma série monocêntrica com 306 pacientes de 6 a 17 anos submetidos a cirurgia de epilepsia de 1988 a 2015, através da avaliação neuropsicológica formal antes e um ano após o procedimento. Antes da cirurgia, 85% apresentavam comprometimento em pelo menos um domínio cognitivo (considerando-se apenas as funções parciais de atenção, linguagem e memória) e 71% tinham alterações comportamentais, dados em concordância com outros estudos. Após a cirurgia, houve redução significativa no número de pacientes com déficits - entre 21% e 50% mudaram de status de comprometido para não comprometido, e ganhos individuais relevantes foram observados em 16% a 42%. A liberdade de crises foi alcançada em 81% dos casos, com redução significativa na carga de medicamentos anti- crise. Melhores resultados cognitivos e comportamentais foram associados à liberdade de crises, menor carga medicamentosa, idade mais jovem na avaliação, início mais tardio da epilepsia e menor dano basal. Em conjunto, esses dados reforçam que a cirurgia da epilepsia na infância constitui uma intervenção altamente eficaz, capaz de promover melhora funcional global, particularmente quando há preservação de tecido cerebral funcional, adequada plasticidade neural e controle efetivo das crises com redução da carga farmacológica. (42)

Uma coorte retrospectiva publicada em 2024 avaliou 882 crianças submetidas à cirurgia de epilepsia no Great Ormond Street Hospital entre 1990 e 2018, analisando funções neuropsicológicas (incluindo subdomínios de QI, memória de trabalho e velocidade de processamento) e desempenho acadêmico (leitura, aritmética e ortografia). O estudo demonstrou que crianças com epilepsia farmacorresistente apresentam declínio significativo em todos os domínios neuropsicológicos antes da cirurgia (com perdas médias de 1 a 4 pontos por ano) e prevalência elevada de deficiência intelectual na avaliação pré-operatória. No grupo total, não houve melhora global imediata após a cirurgia; entretanto, crianças que alcançaram liberdade de crises apresentaram desempenho neuropsicológico superior e melhora progressiva ao longo do seguimento, especialmente quando foi possível a suspensão dos fármacos anti- crise. A interrupção da medicação antiepiléptica após cirurgia esteve associada a ganhos adicionais em memória de trabalho, velocidade de processamento e habilidades acadêmicas. O estudo concluiu que a cirurgia pode não apenas interromper, mas também reverter o declínio neuropsicológico, reforçando a necessidade de encaminhamento precoce de crianças com

epilepsia focal farmacorresistente para avaliação cirúrgica, a fim de maximizar o potencial de recuperação cognitiva e funcional. (43)

3.5.4. Desfechos relacionados à qualidade de vida

A qualidade de vida relacionada à saúde (do inglês *health-related quality of life* – HRQOL) concentra-se na percepção do indivíduo sobre o impacto da saúde em sua capacidade de viver uma vida plena. O conceito abrange múltiplos domínios, representando uma variedade de fatores físicos e mentais. Tipicamente, esses domínios incluem atividade física, bem-estar emocional, comportamento, função cognitiva e atividade social. (44, 45)

A revisão de Smith M. L. avalia estudos que utilizaram questionários validados de HRQOL, muitos dos quais — especialmente os específicos para epilepsia — também contemplam domínios relacionados à preocupação com as crises e aos efeitos colaterais dos medicamentos anti- crise. Destaca-se que a qualidade de vida relacionada à saúde (HRQOL) melhora após a cirurgia de epilepsia pediátrica, especialmente em crianças com epilepsia refratária. Os principais fatores de risco para baixa HRQOL incluem comorbidades cognitivas, emocionais ou comportamentais, ansiedade e depressão parental, menor nível socioeconômico familiar, estresse familiar, variáveis relacionadas à epilepsia e uso de medicamentos anti- crise. Estudos de seguimento mostram que a melhora na HRQOL após a cirurgia é variável, dependendo de quais aspectos são avaliados e dos fatores individuais da criança, dos pais e da família. Além disso, o principal e mais consistente preditor de melhora na qualidade de vida é a liberdade de crises. (44, 45)

4. CONCLUSÃO

A cirurgia para epilepsia no paciente pediátrico deve ser considerada precocemente no curso da epilepsia refratária ao tratamento medicamentoso. A International League Against Epilepsy (ILAE) recomenda que o encaminhamento para avaliação cirúrgica seja oferecido a todo paciente com epilepsia farmacorresistente tão logo seja estabelecido o diagnóstico. A intervenção cirúrgica precoce está associada a melhores desfechos em controle de crises, desenvolvimento cognitivo e qualidade de vida, além de reduzir o risco de mortalidade prematura, incluindo morte súbita inesperada em epilepsia (SUDEP). A situação ainda é mais importante no grupo pediátrico, uma vez que o tempo mais curto para realizar a cirurgia pode prevenir um declínio cognitivo irreversível. (46)

Desde seu surgimento com as primeiras cirurgias no século XIX, a cirurgias para epilepsia na pediatria vêm cada vez se tornando mais utilizadas na prática clínica e se aprimorando - com o surgimento de novas tecnologias, como as técnicas minimamente invasivas e mapeamento funcional— que ampliaram as indicações e melhoraram a segurança e os resultados cirúrgicos. (5)

Apesar dos excelentes resultados, das baixas taxas de complicações, da ampliação das indicações e da expansão de centros especializados em cirurgia pediátrica, a cirurgia para epilepsia ainda é considerada subutilizada na população pediátrica. Apenas 1% a 11% das crianças com epilepsia farmacorresistente são submetidas ao tratamento cirúrgico, o que representa menos da metade dos pacientes potencialmente elegíveis. As principais barreiras incluem percepções equivocadas de pais e médicos sobre riscos e benefícios, falta de conhecimento sobre indicações cirúrgicas, acesso a centros especializados, disparidades socioeconômicas e raciais, e políticas de saúde inadequadas. (47, 48)

Tendo em vista a subutilização da cirurgia para epilepsia, especialmente na população, apesar de seus benefícios comprovados há muitos anos, torna-se essencial uma maior conscientização dos profissionais que cuidam de crianças com epilepsia. Além disso, a estruturação de mais centros de referência para epilepsia, especialmente no Brasil, onde ainda estão muito centralizados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Menon RN, Cross JH. Childhood epilepsy. *Lancet*. 2025;406(10503):636-649. doi:10.1016/S0140-6736(25)00773-1.
2. Dallas J, Englot DJ, Naftel RP. Neurosurgical approaches to pediatric epilepsy: indications, techniques, and outcomes of common surgical procedures. *Seizure*. 2020;77:76-85. doi:10.1016/j.seizure.2018.11.007.
3. Kwan P, Arzimanoglou A, Berg AT, et al. Definition of drug resistant epilepsy: consensus proposal by the ad hoc Task Force of the ILAE Commission on Therapeutic Strategies. *Epilepsia*. 2010;51(6):1069-1077. doi:10.1111/j.1528-1167.2009.02397.x.
4. Perucca E, Perucca P, White HS, Wirrell EC. Drug resistance in epilepsy. *Lancet Neurol*. 2023;22(8):723-734. doi:10.1016/S1474-4422(23)00151-5.
5. Koutsouras GW, Hall WA. Surgery for pediatric drug resistant epilepsy: a narrative review of its history, surgical implications, and treatment strategies. *Childs Nerv Syst*. 2023;39(10):2031-2045. doi:10.1007/s00381-023-06012-7.
6. Schijns OE, Hoogland G, Kubben PL, Koehler PJ. The start and development of epilepsy surgery in Europe: a historical review. *Neurosurg Rev*. 2015;38(3):447-461. doi:10.1007/s10143-015-0641-3.
7. Feindel W, Leblanc R, de Almeida AN. Epilepsy surgery: historical highlights 1909-2009. *Epilepsia*. 2009;50(Suppl 3):131-151. doi:10.1111/j.1528-1167.2009.02043.x.
8. Davidson S, Falconer MA. Outcome of surgery in 40 children with temporal-lobe epilepsy. *Lancet*. 1975;1(7919):1260-1263. doi:10.1016/S0140-6736(75)92549-0.
9. de Almeida AN, Teixeira MJ, Feindel WH. From lateral to mesial: the quest for a surgical cure for temporal lobe epilepsy. *Epilepsia*. 2008;49(1):98-107. doi:10.1111/j.1528-1167.2007.01321.x.
10. Bahuleyan B, Robinson S, Nair AR, Sivanandapanicker JL, Cohen AR. Anatomic hemispherectomy: historical perspective. *World Neurosurg*. 2013;80(3-4):396-398. doi:10.1016/j.wneu.2012.03.020.

11. Cross JH, Reilly C, Gutierrez Delicado E, Smith ML, Malmgren K. Epilepsy surgery for children and adolescents: evidence-based but underused. *Lancet Child Adolesc Health*. 2022;6(7):484-494. doi:10.1016/S2352-4642(22)00098-0.
12. Barkovich AJ, Berkovic SF, Cascino GD, et al.; Commission on Neuroimaging of the International League Against Epilepsy. Guidelines for neuroimaging evaluation of patients with uncontrolled epilepsy considered for surgery. *Epilepsia*. 1998;39(12):1375-1376. doi:10.1111/j.1528-1157.1998.tb01341.x.
13. Ryvlin P, Cross JH, Rheims S. Epilepsy surgery in children and adults. *Lancet Neurol*. 2014;13(11):1114-1126. doi:10.1016/S1474-4422(14)70156-5.
14. Mohanty D, Quach M. Pediatric epilepsy surgery: the noninvasive presurgical evaluation. *Pediatr Neurosurg*. 2025;Epub ahead of print. doi:10.1159/000548477.
15. Kwon CS, Subramaniam VR. Evidence in pediatric epilepsy surgery. In: *Pediatric Epilepsy Surgery Techniques*. Elsevier; p. 3-17.
16. Cross JH, Jayakar P, Nordli D, et al. Proposed criteria for referral and evaluation of children for epilepsy surgery. *Epilepsia*. 2006;47(6):952-959. doi:10.1111/j.1528-1167.2006.00569.x.
17. Gaillard WD, Jette N, Arnold ST, et al. Establishing criteria for pediatric epilepsy surgery center levels of care. *Epilepsia*. 2020;61(12):2629-2642. doi:10.1111/epi.16698.
18. Lado FA, Ahrens SM, Riker E, et al. Guidelines for specialized epilepsy centers. *Neurology*. 2024;102(4):e208087..
19. Elwan S, Alexopoulos A, Silveira DC, Kotagal P. Lateralizing and localizing value of seizure semiology: comparison with scalp EEG, MRI and PET in patients successfully treated with resective epilepsy surgery. *Seizure*. 2018;61:203-208. doi:10.1016/j.seizure.2018.08.026.
20. Baumgartner C, Pirker S. Video-electroencephalography. *Handb Clin Neurol*. 2019;160:171-183. doi:10.1016/B978-0-444-64032-1.00011-4.
21. Duncan JS, Winston GP, Koepp MJ, Ourselin S. Brain imaging in the assessment for epilepsy surgery. *Lancet Neurol*. 2016;15(4):420-433. doi:10.1016/S1474-4422(15)00383-X.

22. Baxendale S, Wilson SJ, Baker GA, et al. Indications and expectations for neuropsychological assessment in epilepsy surgery in children and adults. *Epileptic Disord.* 2019;21(3):221-234. doi:10.1684/epd.2019.1065.
23. Taussig D, Chipaux M, Fohlen M, et al. Invasive evaluation in children. *Seizure.* 2020;77:43-51. doi:10.1016/j.seizure.2018.11.008.
24. Joris V, Weil AG, Fallah A. Brain surgery for medically intractable epilepsy. *Adv Pediatr.* 2022;69(1):59-74.
25. Harvey AS, Cross JH, Shinnar S, Mathern GW. Defining the spectrum of international practice in pediatric epilepsy surgery patients. *Epilepsia.* 2008;49(1):146-155. doi:10.1111/j.1528-1167.2007.01421.x.
26. Dabrowski A, Armstrong C. A pediatrician's guide to epilepsy surgery. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care.* 2024;54(7):101578. doi:10.1016/j.cppeds.2024.101578.
27. Lee YJ, Lee JS. Temporal lobe epilepsy surgery in children versus adults. *J Korean Neurosurg Soc.* 2019;62(3):328-335. doi:10.3340/jkns.2019.0026.
28. Barba C, Minotti L, Job AS, Kahane P. The insula in temporal plus epilepsy. *J Clin Neurophysiol.* 2017;34(4):324-327. doi:10.1097/WNP.0000000000000389.
29. Matern TS, DeCarlo R, Ciliberto MA, Singh RK. Palliative epilepsy surgery procedures in children. *Semin Pediatr Neurol.* 2021;39:100912. doi:10.1016/j.spen.2021.100912.
30. Jeno M, Zimmerman MB, Shandley S, et al. Pediatric palliative epilepsy surgery. *Pediatr Neurol.* 2024;157:70-78. doi:10.1016/j.pediatrneurol.2024.04.028.
31. Ryvlin P, Rheims S, Hirsch LJ, et al. Neuromodulation in epilepsy. *Lancet Neurol.* 2021;20(12):1038-1047. doi:10.1016/S1474-4422(21)00300-8.
32. Yan H, Toyota E, Anderson M, et al. Deep brain stimulation for drug-resistant epilepsy in childhood. *J Neurosurg Pediatr.* 2019;23(3):274-284. doi:10.3171/2018.9.PEDS18417.
33. Singh RK, Eschbach K, Samanta D, et al. Responsive neurostimulation in drug-resistant pediatric epilepsy. *Pediatr Neurol.* 2023;143:106-112. doi:10.1016/j.pediatrneurol.2023.03.001.

34. Guglielmi G, Eschbach KL, Alexander AL. Recent advances in minimally invasive techniques in pediatric epilepsy surgery. *Semin Pediatr Neurol.* 2021;39:100913. doi:10.1016/j.spen.2021.100913.
35. Pichardo-Rojas PS, Pichardo-Rojas D, Zarate-Duran CA, et al. Stereoelectroencephalography-guided radiofrequency thermocoagulation for drug-resistant epilepsy. *Epilepsia.* 2025;66(10):3602-3620. doi:10.1111/epi.18524.
36. Gloss D, Pargeon K, Pack A, et al. Antiseizure medication withdrawal in seizure-free patients. *Neurology.* 2021;97(23):1072-1081. doi:10.1212/WNL.00000000000012944.
37. Wu Y, Zhang Z, Liang P, et al. Early antiseizure medication withdrawal after epilepsy surgery. *Epilepsy Behav.* 2024;150:109556. doi:10.1016/j.yebeh.2023.109556.
38. Widjaja E, Jain P, Demoe L, et al. Seizure outcome of pediatric epilepsy surgery. *Neurology.* 2020;94(7):311-321. doi:10.1212/WNL.0000000000008966.
39. Jehi L, Pilcher WH. Epilepsy surgery: outcomes and complications. In: Winn R, Youmans J, editors. *Youmans and Winn Neurological Surgery.* Vol. 101. Elsevier; 2023. p. 667-667.e25.
40. Chisolm PF, Warner JD, Hale AT, et al. Quantifying and reporting outcome measures in pediatric epilepsy surgery. *Epilepsia.* 2022;63(11):2754-2781. doi:10.1111/epi.17369.
41. Braun KPJ. Influence of epilepsy surgery on developmental outcomes in children. *Eur J Paediatr Neurol.* 2020;24:40-42. doi:10.1016/j.ejpn.2019.12.014.
42. Helmstaedter C, Beeres K, Elger CE, et al. Cognitive outcome of pediatric epilepsy surgery. *Seizure.* 2020;77:86-92. doi:10.1016/j.seizure.2019.07.021.
43. Eriksson MH, et al. Long-term neuropsychological trajectories in children with epilepsy: does surgery halt decline? *Brain.* 2024;147(8):2791-2805. doi:10.1093/brain/awae121.
44. Smith ML. Life after pediatric epilepsy surgery. *Epilepsy Behav.* 2024;160:110080. doi:10.1016/j.yebeh.2024.110080.
45. Jain P, Smith ML, Speechley K, et al. Seizure freedom improves health-related quality of life after epilepsy surgery in children. *Dev Med Child Neurol.* 2020;62(5):600-608. doi:10.1111/dmcn.14390.

46. Jehi L, Jette N, Kwon CS, et al. Timing of referral to evaluate for epilepsy surgery. *Epilepsia*. 2022;63(10):2491-2506. doi:10.1111/epi.17350.
47. Beatty CW, Lockrow JP, Gedela S, et al. The missed value of underutilizing pediatric epilepsy surgery. *Semin Pediatr Neurol*. 2021;39:100917. doi:10.1016/j.spen.2021.100917.
48. Das N, Mohamed AA, Katyayan A, Vessell M. Exploring disparities in pediatric epilepsy surgery. *Pediatr Neurosurg*. 2025;Epub ahead of print. doi:10.1159/000549985.