

癫痫外科的成本效益研究进展

梁雅坤¹, 韦志荣²综述, 刘婷红²审校

摘要: 癫痫外科是药物难治性癫痫的主要治疗方法,但目前临床应用明显不足,医疗成本是造成治疗差距的重要原因,成本效益分析可帮助“弥合差距”。本研究就成本效益对癫痫外科治疗的影响、术前评估检查的成本效益、不同年龄和不同癫痫外科方法的成本效益进行分析,以期推动医疗资源向早期、广泛地为患者提供合理的癫痫治疗选择。术前检查评估、成人癫痫或儿童癫痫、切除性手术或神经调控手术都具有较好的成本效益,特别是长期的成本效益。毁损性治疗是否具有成本效益还需要进一步研究。

关键词: 癫痫; 癫痫外科; 成本效益

中图分类号: R742.1

文献标识码: A

Advances in cost-effectiveness research on epilepsy surgery LIANG Yakun, WEI Zhirong, LIU Tinghong. (School of Economics, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China)

Abstract: Epilepsy surgery is the main treatment method for medically intractable epilepsy, but at present, its clinical application is significantly limited by medical costs, which is also an important reason for the gap in treatment, and cost-effectiveness analysis can help to narrow this gap. This article analyzes the impact of cost-effectiveness on epilepsy surgery, the cost-effectiveness of preoperative evaluations, and cost-effectiveness across different age groups and surgical procedures, in order to promote the allocation of healthcare resources and provide appropriate surgical treatment options for patients. Preoperative evaluations, epilepsy surgery for both adults and children, and surgical methods such as resection or neuromodulation have shown favorable cost-effectiveness, particularly in the long term. However, further studies are needed to investigate the cost-effectiveness of ablative therapies.

Key words: Epilepsy; Epilepsy surgery; Cost-effectiveness

癫痫是一种常见的神经系统疾病,约30%的患者为药物难治性癫痫(drug-resistant epilepsy, DRE),需要考虑进行外科干预^[1]。目前癫痫外科是抗癫痫发作药物(anti-seizure medications, ASMs)难治性癫痫最主要的治疗方法,主要包括切除性手术、神经调控手术、毁损性手术和离断性手术等^[1]。神经调控手术包括迷走神经刺激(vagus nerve stimulation, VNS)、反馈式神经刺激(responsive neurostimulation, RNS)和脑深部电刺激(deep brain stimulation, DBS)等。毁损性手术主要包括热凝毁损和电离毁损,其中激光间质热疗(laser interstitial thermal therapy, LITT)和立体定向放射外科治疗是毁损性手术的代表性方法。离断性手术包括胼胝体切开和脑叶或大脑半球离断术,后者与切除性手术相当,本文主要分析胼胝体切开术。

1 成本效益对癫痫外科开展的影响

癫痫外科的有效性和安全性已经得到临床验证^[2,3]。然而,癫痫外科术后癫痫控制带来的医疗资源使用率减少和费用降低,是否可以抵消癫痫外科手术的高昂费用尚不确定。癫痫外科手术决策是一个复杂的过程。除了从医疗角度明确是否需要手术及进行何种手术之外,手术费用也是重要的影响因素^[4]。即使在高收入国家,癫痫外科干预措施的临床应用仍明显不足,在中低收入国家,高昂的医疗

成本与有限医疗资源间的矛盾更亟待解决^[5]。但总体中低收入国家癫痫外科术后无发作率和生活质量改善与高收入国家相当,同样可以开展癫痫外科手术^[6,7]。有说服力的成本效益数据可帮助“弥合差距”,推动医疗资源向早期、广泛地为患者提供合理的癫痫治疗选择^[8,9]。

成本效益分析通过量化手术的长期健康收益与医疗成本,成为优化临床决策与卫生资源配置的重要工具。成本效益对手术决策的影响体现在多个层面:医疗成本、质量调整生命年(quality-adjusted life year, QALY)增益、增量成本效益比(incremental cost-effectiveness ratio, ICER)等。QALY是衡量健康干预效果的指标,结合了生存时间与生活质量,一个QALY表示在完全健康状态下生活1年,或通过治疗将较低生活质量状态调整为更高质量状态后的等效健康年;ICER是评估新干预相较于旧方案每增加1 QALY所需的额外成本,不同地区的ICER会存在差异。具有成本效益就是ICER低于该设定的阈值,

收稿日期:2025-02-20;修订日期:2025-03-17

基金项目:中国抗癫痫协会患者管理基金(CQ-C-2021-01)

作者单位:(1. 首都经贸大学经济学院,北京 100070;2. 首都医科大学附属北京儿童医院功能神经外科,北京 100045)

通信作者:刘婷红, E-mail:liutinghong1@163.com

较低的 ICER 表示更高的成本效益,不同地区的 ICER 阈值不同,可能导致癫痫外科在一些地区具有成本效益,而另外一些地区不具备成本效益^[9,10]。

2 不同年龄癫痫外科的成本效益分析

开颅手术与 VNS 治疗不仅在癫痫控制方面显著优于单纯 ASM_s,治疗费用的下降也有明显优势^[11]。大多数研究都认为癫痫外科具有良好成本效益,每位术后癫痫无发作患者的 ICER 为 479 275 美元(90 874 美元/QALY),每年无癫痫发作患者的 ICER 为 4 202 美元,手术治疗 DRE 患者具有成本效益,从经济角度应努力提高 DRE 癫痫患者手术治疗机会^[10]。

2.1 成人癫痫外科

90% 研究表明手术和神经刺激器治疗与符合手术条件的 DRE 成年人 ASM_s 治疗相比,癫痫外科有更优的 ICER,具有成本效益。此外,神经调控治疗也是治疗 DRE 的潜在优化的成本效益疗法,支持对符合条件的 DRE 候选人尽早考虑手术干预和神经刺激装置。法国的队列研究显示手术组 1 年和 5 年癫痫无发作率均显著高于 ASM 治疗组($P<0.001$),且在入组后第 3 年的直接成本显著降低,手术组在入组后 9~10 年之间具有更优的成本效益,如果考虑到非医疗成本,则会在更早时间就具备成本效益优势^[12]。一项纳入 7 835 例成人局灶性 DRE 患者的 5 年回顾性随访研究结果显示,135 例接受癫痫外科手术的患者术后住院、急诊和门诊就诊率低于 ASM_s 治疗组,受试者的平均年成本降低,降低直接医疗费用和医疗资源利用率^[13]。一项来自加拿大的研究纳入 372 例癫痫外科和 258 例 ASM_s 治疗的 DRE 患者,手术组术前和术后短期的医疗成本高于 ASM_s 治疗组,但手术组患者术中长期的医疗成本较低,总体手术后的前 7 年,手术患者的累计成本高于 ASM_s 治疗患者,但从 8 年后开始,手术患者成本降低,证明了癫痫外科具体长期成本效益^[14]。

2.2 儿童癫痫外科

儿童癫痫外科的成本效益存在不同的认识。对于儿童 DRE 患者,癫痫外科比 ASM_s 治疗儿童患者的癫痫无发作率高,ICER 低于阈值,具有成本效益,所以,在适合手术的 DRE 儿童中,选择癫痫手术而不是继续单纯 ASM_s 治疗的临床成本效益更优^[15,16]。另外,有研究显示,尽管癫痫外科费用高昂,前两年的手术和 ASM_s 治疗的总体成本相似,相对于 ASM_s 治疗的 DRE 儿童,没有短期的成本效益优势,但如果评估超过 2~3 年,癫痫手术可能具有更优的成本效益,特别是癫痫外科术后癫痫无发作率高,癫痫无发作患者的癫痫外科成本更低^[17,18]。然而,另有研究通过决策分析模型评估癫痫手术相对于继续使用 ASM_s 治疗的 105 例儿童 DRE 成本效益,结果显示癫痫外科手术显著减少了癫痫发作,改善了生活质量,

但比单纯使用 ASM 治疗更昂贵。不过,将医疗保健视角之外的益处(包括就学、误工等)纳入考虑,可能会引发更具说服力的成本效益论证^[19]。

3 术前评估的经济效益分析

术前评估是癫痫外科最重要的部分,也是高昂医疗费用的重要组成部分。通过评估癫痫外科术前评估直接医疗成本和间接成本在生命周期内的成本效益,结果提示即使手术概率仅为 5%,难治性癫痫患者的术前评估也具有成本效益^[20]。

3.1 头皮 EEG

在中低收入国家,头皮脑电图作为一种术前评估手段具有成本效益高并安全的特点。一项由马来西亚大学医学中心的回顾性研究证实,48 h 视频脑电图结合术前检查期间 ASM_s 快速停药,对癫痫手术或进一步检查具有诊断价值,且相较于其他检查花费较低,可高效利用有限的医疗资源^[21]。Kitwitee 等在泰国 DRE 成人患者中,视频脑电图评估手术相对于非视频脑电图监测组增加了 1.5 个 QALYs,远低于成本效益阈值,具有良好的成果效益^[22]。

3.2 影像学

3.2.1 MRI 基于 69 例患者癫痫外科治疗的 DRE 患者资料,对比 MRI 与 EEG、PET 的成本效益和预测价值,结果显示 MRI 成本适中(费用为 EEG 3 倍或 PET 的 0.5 倍),并且对结构性病变检测价值最高,当其与 EEG 结合时,该组合的成本/阳性预测值比值优于单独 PET 检测^[23]。

3.2.2 SPECT SPECT 在癫痫手术决策中的成本效益高度依赖患者癫痫亚型,SPECT 在颞叶内侧癫痫(MTLE)中的定位率(77.3%)显著高于颞叶外癫痫(ETLE,46.2%)($P=0.006$),但对 MRI 阴性患者的诊断价值有限。因此,SPECT 更适合用于资源有限地区的癫痫外科病例筛选(如 MTLE 伴病灶性异常),而非广泛筛查^[24]。

3.2.3 PET ¹⁸F-FDG PET 在 MRI 与视频脑电图定位致痫区结果不一致时具有显著成本效益。O'Brien 等^[25]的研究纳入了 176 例 DRE 患者,比较 PET 和其他术前检查(VEEG、MRI、SPECT)的成本和效果。结果显示 PET 的癫痫灶定位率高达 75%,高于 SPECT、MRI 和 VEEG。在 VEEG/MRI 检查结果不明确的情况下,增加 PET 与 SPECT 的 ICER 分别为 84,703 和 104,078 美元,PET 具有成本效益。此外,在 MRI 和 VEEG 结果矛盾时,联合 PET 与侵入性 EEG,可提高手术成功率(63.8%),且长期评估时更具成本效益^[26]。

3.3 脑磁图

Berrigan 等^[27]在 DRE 患者中使用脑磁图指导颅内电极植入的成本效益分析显示,尽管脑磁图的检查费用较高,但在长期随访中,脑磁图的 ICER 为 14 300 加元/QALY,低于预设阈值。并且,其精确定

位能力(减少电极数量)和手术成功率提升(47%无发作率)使其成为合理选择,尤其在MRI阴性或复杂网络癫痫中,MEG可避免盲目植入,间接降低并发症风险。总体来说,针对需要颅内电极植入的DRE患者,脑磁图的使用具有成本效益。

3.4 颅内电极脑电图

颅内电极脑电图分为立体定向脑电图(stereo-electroencephalography, SEEG)和硬膜下脑电图(subdural electroencephalogram, SDEEG)。一项来自匈牙利的研究显示,SEEG和SDEEG的ICER均低于匈牙利的成本效益阈值,表明这两种颅内电极脑电图在匈牙利医疗体系中具有成本效益^[28]。通过决策分析模型比较了SEEG和SDEEG的成本效益,两者在并发症率和总费用等方面无明显差异,但在75%~88%的情况下具有成本效益,SEEG相较于SDEEG的ICER为12 630美元/阳性结果,并且在癫痫灶定位和手术效果方面表现更优,表明SEEG是一种具有成本效益的技术^[29,30]。尽管SEEG需要两次住院,而SDEEG仅需一次住院,但在儿科DRE患者中总围手术期费用无明显差异,且SEEG患者的平均ICU停留时间和手术室时间显著更短^[31]。机器人辅助SEEG的手术时间缩短36%,且电极定位精度提高,所以,尽管直接成本增加10%,但其效率优势在大型医疗中心可能抵消额外支出^[32]。

4 不同手术方式的成本效益分析

4.1 切除性手术的经济效益分析

美国87 368例难治性癫痫患者中2.5%(2 199例)进行了切除性手术,经济原因是影响开颅手术主要的因素^[33]。癫痫切除手术当年医疗费用中位数为140 322美元,但与癫痫切除手术前5年相比,手术后5年的每人每年医疗费用大幅下降($P<0.0001$)。而且,这种下降可见于所有切除性癫痫手术亚组:儿童或成人、颞叶或颞叶外、硬膜下脑电图监测或立体脑电图监测或无颅内监测。研究显示在美国的私人保险患者中,切除性癫痫手术患者在随后几年大大降低了医疗资源利用率,有助于控制癫痫领域的成本^[33]。

4.1.1 前颞叶切除术 前颞叶切除术(anterior temporal lobectomy, ATL)是癫痫外科中最常见的切除性手术方式。一项印度的研究对比了119例ATL和79例单纯ASM难治性颞叶癫痫患者的对比,发现单纯ASM治疗患者长期药物治疗费用达到5 000美元,手术组术后无发作率为70%,术后无发作患者的一次性手术支出费用为1 200美元,并且有更多的机会就业和获得收入,提示ATL对难治性前颞叶癫痫患者具有更好的成本效益^[34]。美国学者应用半马尔可夫模型来评估ATL手术的医疗成本在生命周期内的成本效益,结果发现与仅ASM治疗的难治性颞叶癫痫患者相比,癫痫手术具有成本效益,长

远分析可显著节省医疗费用,而且多获得3个QALY。从社会角度来看,手术在3年内变得具有更好的成本效益,所以,手术治疗具有明显的长期成本效益。另外,ATL与骨科膝关节置换术或心脏科的冠状动脉球囊血管成形术的ICER相当,也说明ATL具有成本效益^[20]。

4.1.2 半球性手术 半球性癫痫在儿童癫痫中并不少见,大脑半球切除或离断性手术术后无发作率高,日益得到重视和推广应用。Lin等^[35]统计分析了荷兰552家医院半球性癫痫外科手术情况,发现随时间进展半球性癫痫外科手术数量($P=0.05$)和医疗费用($P=0.015$)均有显著增加。Sánchez Fernández等^[33]报道半球切除术当年DRE患者医疗费用达到260 983美元,但与半球切除术前的5年相比,术后5年的医疗费用大幅下降。

4.2 神经调控手术的经济效益分析

对于不适合切除手术的患者,神经调控手术成为重要选择。与常规治疗相比神经调控整体呈潜在经济性,但长期证据仍显不足,尤其是DBS的疗效稳定性与RNS的成本效益数据亟待补充^[36]。基于荷兰的马尔可夫模型揭示,VNS与DBS的ICER均接近该国支付意愿阈值,但假设失访者均为治疗无效者,DBS的ICER将明显突破成本效益边界,换言之,患者定期随访和疗效持续性对于保持DBS的成本效益结论至关重要^[37]。神经调控手术对于难治性癫痫患者的意义除了成本效益外,更体现在对患者临床结局和生活质量的改善上,这种较高的疗效直接转化为患者QALY的提升,改善患者参与日常生活和社会活动的能力^[37]。

4.2.1 VNS VNS治疗的包括Lennox-Gastaut综合征儿童在内的DRE患者进行2~5年随访,术后年均癫痫直接医疗成本较术前下降超过50%($P=0.018$),术后康复费用、照护成本等非医疗成本也明显下降,且住院时间和门诊就诊次数减少,住院费用下降(减少急诊和住院天数),且可在两年左右抵消植入手术的成本。同时提升生活质量,不仅减少发作,还改善患者的心理状态、认知能力,提高社会参与度,QALY提升,使其成为经济可接受的干预措施^[38,39]。Kuba等^[40]在非病灶性颞叶外癫痫患者中比较了VNS或切除性手术与继续ASM治疗的成本效益,显示VNS和手术均能降低癫痫相关医疗成本,提示VNS可作为手术禁忌患者的可行替代方案。

4.2.2 DBS与RNS Ganguli等^[5]报道DBS治疗的DRE患者在1年随访时平均发作减少40%,3年随访时67%的患者发作减少50%以上,完全无发作率达到13%($n=110$),并可以提高患者生活质量,但其初始设备成本较高,长期随访需关注设备维护费用。Youngerman等^[41]基于9年的RNS数据进行了决策模型分析,发现RNS相较于持续ASM治疗的

ICER 为 28 825~46 596 美元,多数低于 ICER 阈值,提示 RNS 具有成本效益。

美国大型医疗理赔数据库的真实世界数据显示,VNS 术后两年的总医疗成本较 RNS 和 DBS 低 41%~50%,主要源于植入手术时住院费用的大幅减少(VNS 多门诊植入,而 RNS/DBS 需住院),另外,VNS 治疗的患者在随访期间的住院次数明显少于接受 RNS/DBS 治疗的患者^[42]。这表明 VNS 不仅降低了医疗费用,也反映出患者临床状况的改善(如癫痫发作减少或减轻,导致较少的住院治疗)。基于目前经济学证据,癫痫患者应优先考虑 VNS,同时推动 DBS 的成本效益研究,整合生活质量与经济评价工具,制定个体化治疗决策。

4.3 毁损性手术

毁损性手术是局灶性 DRE 患者的补充治疗手术,在颅内小病灶相关的 DRE 的治疗方法有微创优势,特别是 LITT 治疗目前在美国和我国均呈逐年增加的趋势。

4.3.1 LITT Sacino 等^[43]分析了 12 例 LITT 患儿(8 例无癫痫发作)的成本效益,QALY 提升 2.11,而 ICER 为 22 211 美元/QALY。与颞叶癫痫 ATL 相比,LITT 住院时间更短,并发症更少,从而降低治疗费用,具有较好的成本效益,可以成为传统 ATL 手术的替代治疗^[43-45]。但有也研究显示 LITT 较 ATL 提高 0.08 个 QALY,而 ICER 为 94 350 美元/QALY,所以 LITT 的成本效益还需更多研究确定^[46]。

4.3.2 立体定向放射外科 立体定向放射外科治疗前颞叶癫痫的短期随访中,立体定向放射治疗的疗效差于 ATL,且相较于术前 ASMs 治疗费用,放射治疗后 18 个月内费用增加,随后下降,费用增加主要与放射治疗后第 2 年的手术并发症住院治疗相关^[47,48]。长期随访显示其治疗后无伴意识障碍癫痫发作的比较低于 ATL,但总体治疗和随访费用与 ATL 相当^[47]。

4.4 胼胝体切开术

Abel 等^[30]对比了 VNS 与胼胝体切开术在 Lennox-Gastaut 综合征的成本效益,胼胝体切开术在降低癫痫发作方面优于 VNS,但胼胝体切开术的额外成本高,VNS 在 1 年随访内更具成本效益,而胼胝体切开术长期更有优势。LITT 还可以替代开颅手术完成胼胝体切开,两种手术方法在癫痫控制方面无显著差异,LITT 患者的住院时间更短、出血更少,但花费更大,可及性低^[49]。

5 结论

癫痫外科作为 DRE 的主要治疗方案,成本效益分析是优化癫痫外科临床决策的重要工具。无论是在术前检查评估、成人癫痫或儿童癫痫、切除性手术或神经调控手术都具有较好的成本效益,特别是长

期的成本效益。对于考虑神经调控治疗的 DRE 患者,VNS 具有更好的成本效益。但立体定向放射外科和 LITT 等毁损性治疗是否具有成本效益还需要进一步研究。

利益冲突声明:所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:梁雅坤、韦志荣负责文献收集、论文撰写、论文修改;刘婷红负责论文设计、论文修改、拟定写作思路、指导撰写论文并最后定稿。

[参考文献]

- [1] 中国抗癫痫协会. 临床诊疗指南——癫痫分册(2023 修订版)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2023.
- [2] Liu S, Yu T, Guan Y, et al. Resective epilepsy surgery in tuberous sclerosis complex: a nationwide multicentre retrospective study from China[J]. Brain, 2020, 143(2): 570-581.
- [3] Liu T, Li Z, Xu J, et al. Vagus nerve stimulation and fast parameter programming protocol in children with febrile infection-related epilepsy syndrome in ICU [J]. Neurotherapeutics, 2025 (2): e00551.
- [4] Sadanand V. Economics of epilepsy surgery[J]. Ann Indian Acad Neurol, 2014, 17(S1): S120-S123.
- [5] Ganguli MP, Upton ARM, Kamath MV. Deep brain stimulation as a treatment for refractory epilepsy: review of the current state-of-the-art[J]. J Long Term Eff Med Implants, 2017, 27(1): 37-58.
- [6] Sen A, Newton CR, Ngwende G. Epilepsy in low- to middle-income countries[J]. Curr Opin Neurol, 2025, 38(2): 121-127.
- [7] Mansouri A, Ibrahim GM. Providing surgery for medically intractable epilepsy in low- and middle-income countries: shifting the focus from if to how[J]. JAMA Neurol, 2018, 75(9): 1041-1042.
- [8] 畅卓媛, 孙林琳, 姚丽芬. 癫痫疾病经济负担研究进展[J]. 中馈与神经疾病杂志, 2024, 41(6): 511-514.
- [9] Chen J, Lei D. Surgery: a cost-effective option for drug-resistant epilepsy in China[J]. World Neurosurg, 2014, 82(1/2): e375-e376.
- [10] Kitschen A, Aleknonytė -Resch M, Sakalytė G, et al. Cost-effectiveness of surgical treatment compared to medical treatment in patients with drug-refractory epilepsy: A systematic review[J]. Eur J Neurol, 2023, 30(3): 749-761.
- [11] Boon P, D' Havé M, Van Walleghe P, et al. Direct medical costs of refractory epilepsy incurred by three different treatment modalities: a prospective assessment[J]. Epilepsia, 2002, 43(1): 96-102.
- [12] Picot MC, Jaussent A, Neveu D, et al. Cost-effectiveness analysis of epilepsy surgery in a controlled cohort of adult patients with intractable partial epilepsy: A 5-year follow-up study[J]. Epilepsia, 2016, 57(10): 1669-1679.
- [13] Schiltz NK, Kaiboriboon K, Koroukian SM, et al. Long-term reduction of health care costs and utilization after epilepsy surgery[J]. Epilepsia, 2016, 57(2): 316-324.
- [14] Widjaja E, Demoe L, Yossofzai O, et al. Health care system costs associated with surgery and medical therapy for children with drug-resistant epilepsy in Ontario [J]. Neurology, 2022, 98(12): e1204-e1215.
- [15] Bowen JM, Carter Snead O, Chandra K, et al. Epilepsy care in Ontario: an economic analysis of increasing access to epilepsy surgery[J]. Ont Health Technol Assess Ser, 2012, 12(18): 1-41.
- [16] Widjaja E, Li B, Schinkel CD, et al. Cost-effectiveness of pediatric epilepsy surgery compared to medical treatment in children with intractable epilepsy[J]. Epilepsy Res, 2011, 94(1/2): 61-68.

- [17] Anurat K, Khongkhatithum C, Pattanaprateep O, et al. Cost-effectiveness analysis of epilepsy surgery in children and adolescents with drug resistant focal epilepsy at three years in a tertiary care epilepsy center in Thailand[J]. *J Clin Neurosci*, 2020, 79: 163-168.
- [18] Oldham MS, Horn PS, Tsevat J, et al. Costs and clinical outcomes of epilepsy surgery in children with drug-resistant epilepsy[J]. *Pediatr Neurol*, 2015, 53(3): 216-220.
- [19] Catchpool M, Dalziel K, Mahadya RTK, et al. Cost-effectiveness of epileptic surgery compared with medical treatment in children with drug-resistant epilepsy[J]. *Epilepsy Behav*, 2019, 97: 253-259.
- [20] Sheikh SR, Kattan MW, Steinmetz M, et al. Cost-effectiveness of surgery for drug-resistant temporal lobe epilepsy in the US[J]. *Neurology*, 2020, 95(10): e1404-e1416.
- [21] Lim KS, Fong SL, Le MT, et al. 48-hour video-EEG monitoring for epilepsy presurgical evaluation is cost-effective and safe in resource-limited setting[J]. *Epilepsy Res*, 2020, 162: 106298.
- [22] Kitwitee P, Unnwongse K, Srikiyvilailuk T, et al. Cost-utility of video-electroencephalography monitoring followed by surgery in adults with drug-resistant focal epilepsy in Thailand[J]. *World Neurosurg*, 2017, 98: 750-760, e3.
- [23] DellaBadia J Jr, Bell WL, Keyes JW Jr, et al. Assessment and cost comparison of sleep-deprived EEG, MRI and PET in the prediction of surgical treatment for epilepsy[J]. *Seizure*, 2002, 11(5): 303-309.
- [24] Rathore C, Kesavadas C, Ajith J, et al. Cost-effective utilization of single photon emission computed tomography (SPECT) in decision making for epilepsy surgery[J]. *Seizure*, 2011, 20(2): 107-114.
- [25] O'Brien TJ, Miles K, Ware R, et al. The cost-effective use of 18F-FDG PET in the presurgical evaluation of medically refractory focal epilepsy[J]. *J Nucl Med*, 2008, 49(6): 931-937.
- [26] Hinde S, Soares M, Burch J, et al. The added clinical and economic value of diagnostic testing for epilepsy surgery[J]. *Epilepsy Res*, 2014, 108(4): 775-781.
- [27] Berrigan P, Bardouille T, MacLellan M, et al. Cost-utility analysis of magnetoencephalography used to inform intracranial electrode placement in patients with drug resistant epilepsy: a model based analysis[J]. *J Eval Clin Pract*, 2016, 22(6): 938-945.
- [28] Kovács S, Tóth M, Janszky J, et al. Cost-effectiveness analysis of invasive EEG monitoring in drug-resistant epilepsy[J]. *Epilepsy Behav*, 2021, 114: 107488.
- [29] Garcia-Lorenzo B, Del Pino-Sedeño T, Rocamora R, et al. Stereoelectroencephalography for refractory epileptic patients considered for surgery: systematic review, meta-analysis, and economic evaluation[J]. *Neurosurgery*, 2019, 84(2): 326-338.
- [30] Abel TJ, Muthiah N, Hect JL, et al. Cost-effectiveness of invasive monitoring strategies in epilepsy surgery[J]. *J Neurosurg*, 2022, 139(1): 222-228.
- [31] Salehi A, Yang PH, Smyth MD. Single-center cost comparison analysis of stereoelectroencephalography with subdural grid and strip implantation[J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2022, 29(5): 568-574.
- [32] Kim LH, Feng AY, Ho AL, et al. Robot-assisted versus manual navigated stereoelectroencephalography in adult medically-refractory epilepsy patients[J]. *Epilepsy Res*, 2020, 159: 106253.
- [33] Sánchez Fernández I, Amengual-Gual M, Barcia Aguilar C, et al. Health care resource utilization and costs before and after epilepsy surgery[J]. *Seizure*, 2023, 104: 22-31.
- [34] Rao MB, Radhakrishnan K. Is epilepsy surgery possible in countries with limited resources?[J]. *Epilepsia*, 2000, 41(Suppl 4): S31-S34.
- [35] Lin Y, Harris DA, Curry DJ, et al. Trends in outcomes, complications, and hospitalization costs for hemispherectomy in the United States for the years 2000-2009[J]. *Epilepsia*, 2015, 56(1): 139-146.
- [36] Ngan Kee N, Foster E, Marquina C, et al. Systematic review of cost-effectiveness analysis for surgical and neurostimulation treatments for drug-resistant epilepsy in adults[J]. *Neurology*, 2023, 100(18): e1866-e1877.
- [37] Chan HY, Wijnen BFM, Majoie MHJM, et al. Economic evaluation of deep brain stimulation compared with vagus nerve stimulation and usual care for patients with refractory epilepsy: A lifetime decision analytic model[J]. *Epilepsia*, 2022, 63(3): 641-651.
- [38] Majoie HJ, Berfelo MW, Aldenkamp AP, et al. Vagus nerve stimulation in children with therapy-resistant epilepsy diagnosed as Lennox-Gastaut syndrome: clinical results, neuropsychological effects, and cost-effectiveness[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2001, 18(5): 419-428.
- [39] Raspin C, Shankar R, Barion F, et al. An economic evaluation of vagus nerve stimulation as an adjunctive treatment to anti-seizure medications for the treatment of drug-resistant epilepsy in England[J]. *J Med Econ*, 2021, 24(1): 1037-1051.
- [40] Kuba R, Novák Z, Chrástina J, et al. Comparing the effects of cortical resection and vagus nerve stimulation in patients with nonlesional extratemporal epilepsy[J]. *Epilepsy Behav*, 2013, 28(3): 474-480.
- [41] Youngerman BE, Mahajan UV, Dyster TG, et al. Cost-effectiveness analysis of responsive neurostimulation for drug-resistant focal onset epilepsy[J]. *Epilepsia*, 2021, 62(11): 2804-2813.
- [42] Vincent T, Li Q, Zhang L, et al. Comparison of utilization and cost of healthcare services and pharmacotherapy following implantation of vagus nerve stimulation vs responsive neurostimulation or deep brain stimulation for the treatment of drug-resistant epilepsy: analyses of a large United States healthcare claims database[J]. *J Med Econ*, 2022, 25(1): 1218-1230.
- [43] Sacino M, Huang SS, Alexander H, et al. An initial cost-effectiveness analysis of magnetic resonance-guided laser interstitial thermal therapy in pediatric epilepsy surgery[J]. *Pediatr Neurol*, 2020, 55(3): 141-148.
- [44] Brandel MG, Kunwar N, Alattar AA, et al. A cost analysis of MR-guided laser interstitial thermal therapy for adult refractory epilepsy[J]. *Epilepsia*, 2023, 64(9): 2286-2296.
- [45] Hines K, Stefanelli A, Haddad T, et al. Costs associated with laser interstitial thermal therapy are lower than anterior temporal lobectomy for treatment of temporal lobe epilepsy[J]. *World Neurosurg*, 2022, 157: e215-e222.
- [46] Widjaja E, Papastavros T, Sander B, et al. Early economic evaluation of MRI-guided laser interstitial thermal therapy (MRgLITT) and epilepsy surgery for mesial temporal lobe epilepsy[J]. *PLoS One*, 2019, 14(11): e0224571.
- [47] Langfitt JT, Quigg M, Yan G, et al. Direct and indirect costs associated with stereotactic radiosurgery or open surgery for medial temporal lobe epilepsy: Results from the ROSE trial[J]. *Epilepsia*, 2019, 60(7): 1453-1461.
- [48] Han ZT, Chen QX. Curative effect and costs of surgical and gamma knife treatments on intractable epilepsy caused by temporal-hippocampal sclerosis[J]. *Genet Mol Res*, 2015, 14(3): 8555-8562.
- [49] Laricipretti ALL, Gomes FC, Udoma-Udofa OC, et al. Magnetic resonance-guided laser interstitial thermal therapy versus open surgical corpus callosotomy for pediatric refractory epilepsy: A systematic review and meta-analysis[J]. *Seizure*, 2024, 122: 45-51.

引证本文: 梁雅坤, 韦志荣, 刘婷红. 癫痫外科的成本效益研究进展[J]. 中风与神经疾病杂志, 2025, 42(4): 380-384.