

# 帕金森病脑深部电刺激术的长期成本效益

## ——一项基于标准化经济指标的系统评价

赵灿学, 史艳莉\*, 田小霞, 成睿敏

武汉轻工大学医学与健康学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年3月13日; 录用日期: 2026年4月6日; 发布日期: 2026年4月14日

### 摘要

目的: 系统评价脑深部电刺激术(DBS)治疗帕金森病(PD)的长期成本效益, 为卫生决策提供循证依据。方法: 检索中英文数据库截至2025年5月的DBS经济学评价研究。采用PRISMA指南进行文献筛选, 应用ECOBIAS工具评估偏倚风险。通过GDP平减指数与购买力平价(PPP)将各研究增量成本效果比(ICER)标准化为2023年美元(USD), 并进行定性综合与多维度亚组分析。结果: 纳入22项研究, 方法学质量中等。成本效益结论高度依赖评估时限: 短期( $\leq 3$ 年)分析受高昂初始手术成本驱动, ICER通常超过支付意愿(WTP)阈值; 而在长期( $\geq 5$ 年)或终生视角下, 标准化ICER中位数约为25,000~45,000 USD/QALY, 成本效益显著。相较于常规药物治疗, DBS在长期模型中呈现较大经济优势。亚组分析显示, 高收入国家因节约护理成本而效益明显; 中高收入国家则因设备成本较高, 其ICER接近支付意愿阈值上限。结论: 长期视角下, DBS是晚期PD具有成本效益的治疗选择, 且优于药物治疗和其他疗法。决策者应关注长期卫生技术评估结果。

### 关键词

帕金森病, 脑深部电刺激术, 成本效益分析, 系统评价, 卫生经济学

# Long-Term Cost-Effectiveness of Deep Brain Stimulation for Parkinson's Disease

## —A Systematic Review Based on Standardized Economic Indicators

Canxue Zhao, Yanli Shi\*, Xiaoxia Tian, Ruimin Cheng

College of Medicine and Health Science, Wuhan Polytechnic University, Wuhan Hubei

Received: March 13, 2026; accepted: April 6, 2026; published: April 14, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 赵灿学, 史艳莉, 田小霞, 成睿敏. 帕金森病脑深部电刺激术的长期成本效益[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 2730-2739. DOI: 10.12677/acm.2026.1641527

## Abstract

**Objective:** To systematically evaluate the long-term cost-effectiveness of deep brain stimulation (DBS) for Parkinson's disease (PD) and provide evidence-based support for health policy decision-making. **Methods:** Chinese and international databases were searched for economic evaluations of DBS published up to May 2025. Literature screening was conducted in accordance with the PRISMA guidelines, and risk of bias was assessed using the ECOBIAS tool. Incremental cost-effectiveness ratios (ICERs) reported in the included studies were standardized to 2023 US dollars (USD) using GDP deflators and purchasing power parity (PPP). Qualitative synthesis and multidimensional subgroup analyses were then performed. **Results:** A total of 22 studies were included, with overall moderate methodological quality. Cost-effectiveness conclusions were highly dependent on the evaluation time horizon. In short-term analyses ( $\leq 3$  years), the high initial surgical costs of DBS typically resulted in ICERs exceeding willingness-to-pay (WTP) thresholds. In contrast, under long-term ( $\geq 5$  years) or lifetime perspectives, the median standardized ICER was approximately 25,000~45,000 USD per QALY, indicating favorable cost-effectiveness. Compared with other therapeutic strategies, DBS demonstrated greater economic advantages in long-term models. Subgroup analyses showed that in high-income countries, DBS produced substantial economic benefits mainly through reductions in long-term care costs; whereas in upper-middle-income countries, higher device costs resulted in ICERs approaching the upper limit of WTP thresholds. **Conclusion:** From a long-term perspective, DBS is a cost-effective treatment option for advanced PD and is superior to drug therapy and other treatments. Decision-makers should pay attention to the results of long-term health technology assessment.

## Keywords

Parkinson's Disease, Deep Brain Stimulation, Cost-Effectiveness Analysis, Systematic Review, Health Economics

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

帕金森病(Parkinson's disease, PD)是全球第二大神经退行性疾病,随着人口老龄化加剧,其患病率及疾病负担呈加速上升趋势。晚期 PD 患者常伴随严重的运动并发症(如异动症、运动波动)及非运动症状,导致生活质量显著下降及高昂的直接医疗支出与间接护理成本[1] [2]。脑深部电刺激术(Deep Brain Stimulation, DBS)作为调节神经环路的成熟技术,已被国际指南公认为晚期 PD 的标准手术方案。现有研究已证实, DBS 能显著改善患者运动功能、减少对左旋多巴的依赖并提升生存质量[3]。然而, DBS 面临的推广障碍是高昂的初始手术及设备成本,这使其长期成本效益成为卫生资源配置决策中的核心考量因素。卫生经济学评价是一种评估高值医疗耗材经济价值的核心手段。目前针对 DBS 的卫生经济学研究逐年增多,但由于研究视角、时间范围、模型构建方法的不同和地区经济差异等影响,目前尚缺乏普适性的循证定论。本研究旨在通过系统评价,识别并评估 DBS 相较于药物治疗(Medical Treatment, MT)或其他疗法的经济学证据。通过采用标准化经济指标进行综合分析,解决现有证据间的冲突,为 DBS 的长期经济性提供更具可比性的循证依据,以期为我国相关卫生政策的优化提供参考。

## 2. 资料与方法

本系统评价严格遵循首选报告项目指南(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, PRISMA) 2020 声明, 研究方案已在国际系统评价注册库(PROSPERO)注册(CRD420251040215) [4]。

### 2.1. 文献检索与筛选

研究基于 PICO 原则构建检索策略, 检索数据库包括: PubMed、Embase、Cochrane Library、Web of Science 以及中国知网(CNKI)。检索自建库至 2025 年 5 月关于脑深部电刺激术(DBS)治疗帕金森病(PD)的卫生经济学研究。纳入标准: ① 成年 PD 患者; ② 干预措施为 DBS, 对照组为药物治疗(MT)或其他疗法; ③ 研究类型为成本-效用分析(Cost-Utility Analysis, CUA)或成本-效果分析(Cost-Effectiveness Analysis, CEA)分析; ④ 报告增量成本效果比(Incremental Cost-Effectiveness Ratio, ICER)或相关经济指标。排除标准: 非原始研究、非 PD 适应症、对照不匹配或关键经济参数缺失。

### 2.2. 数据提取与处理

数据提取由两名评审员独立完成并交叉核对, 记录内容包括: 文献基本信息、方法学特征(研究类型、视角、时限)、干预对照方案及经济学指标(增量成本( $\Delta C$ )、增量效果( $\Delta E$ )及增量成本效果比(ICER))等。

成本标准化处理: 由于各国或地区在不同年份的医疗成本和通货膨胀率存在巨大差异, 为确保经济结果的可比性, 利用世界银行 GDP 平减指数将原始成本调整至 2023 年物价水平, 随后应用购买力平价(Purchasing Power Parity, PPP)指标统一折算为 2023 年美元(USD), 以消除跨国、跨年份汇率与通胀波动的影响, 从而计算出标准化的 ICER [5]。成本标准化公式如下:

$$\text{标准化成本}_{2023} = \text{原始成本} \times \frac{\text{GDP平减指数}_{2023}}{\text{GDP平减指数}_{\text{原始年份}}} \times \text{PPP}_{\text{原货币兑美元汇率}}$$

### 2.3. 质量评估

采用模型化经济学评价偏倚风险检查表(Economic Evaluations Bias, ECOBIAS)对纳入文献的方法学质量和偏倚风险进行评估。ECOBIAS 清单涵盖了结构假设、数据来源、参数设定、结果报告四个模块的 22 个条目[6]。质量评估结果分为低、中、高三个风险等级, 用于指导结果解释和敏感性分析。

### 2.4. 数据综合与分析

鉴于研究间在模型方法、地理位置及临床参数方面存在高度异质性, 且多数研究未提供关键指标的离散度量, 不具备统计学合并条件。本研究采用系统评价的方法, 对以下要素进行定性综合: ① 分析方法学特征对 ICER 的影响(重点考察时间范围偏倚); ② 横向比较标准化 ICER 的分布规律; ③ 评价结论的一致性与驱动因素。

为探究研究间潜在的异质性来源, 预设多维度亚组分析: ① 对照疗法对比: 参照帕金森病治疗指南, 对比 DBS 与 MT、注射疗法(左旋多巴肠凝胶(Levodopa-Carbidopa Intestinal Gel, LCIG)、皮下阿扑吗啡持续输注(Continuous Subcutaneous Apomorphine Infusion, CSAI))及介入疗法(磁共振引导聚焦超声(Magnetic Resonance-guided Focused Ultrasound, MRgFUS))在成本效果方面的差异[7]; ② 研究时间范围: 按研究时长, 分为短期分析( $\leq 3$ 年)与中长期分析( $\geq 5$ 年及终生模拟), 考察评估时间对 ICER 稳健性的影响; ③ 研究视角: 考察支付方与社会视角对核算边界的影响; ④ 地区经济水平: 参考世界银行标准, 将研究地域划分为高收入与中高收入的国家或地区, 对比其研究结论差异[8]。

成本效益判定标准: ① 原始判定: 参考原研究报告的所在地区特定支付意愿阈值(Willingness-to-Pay, WTP); ② 横向比较: 将标准化 ICER 与国际公认的 50,000 USD/QALY 基准对比[9]; ③ 绝对优势判定: 识别并报告 DBS 呈现“成本更低且效果更好”的研究, 此类研究直接判定为具有经济性。

### 3. 结果

最终纳入 22 项卫生经济学评价, 发表时间跨度为 2001 年至 2025 年。筛选流程见图 1。

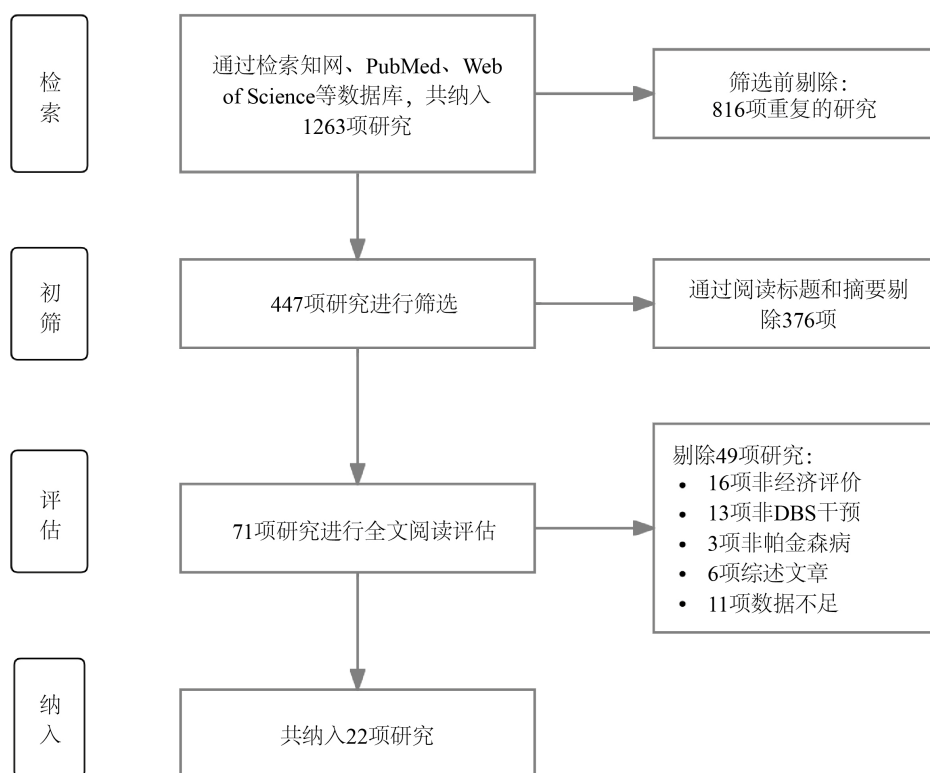


Figure 1. Flowchart of literature screening process  
图 1. 文献筛选流程图

#### 3.1. 纳入研究的基本特征

纳入研究的基本特征见表 1。其中, 大部分研究基于高收入国家或地区, 中高收入国家的研究仅 2 项(均来自于中国)。受试者平均 58~65 岁, 多为晚期 PD 患者, 部分研究关注早期运动并发症阶段。经济评价以成本-效用分析(CUA)为主。研究视角主要以支付方视角( $n = 13$ )和社会视角( $n = 8$ )为主, 以及少量的医疗服务提供方和患者视角。时间跨度从短期临床观察(1~3 年)到长期马尔科夫模型模拟(5~10 年及终生)。研究类型以模型研究和基于原始数据的观察型研究为主, 另有 3 项基于原始数据的试验型研究。2013 年后的研究多采用模型模拟长期经济结果, 部分研究结合真实世界数据提升了结论的可靠性[10]。绝大多数研究( $n = 17$ )采用质量调整生命年(QALY)作为健康产出效用指标进行经济学评价; 仅有少数早期研究(4 项)使用统一帕金森病评定量表(UPDRS)改善值这一临床效果指标, 另有 1 项研究使用左旋多巴等效日剂量(LED)减少值。研究的干预方式均涉及 DBS, 对照组以药物治疗(MT)为主( $n = 20$ ), 近年开始扩展至与其他疗法的比较研究, 其中包括左旋多巴肠凝胶(LCIG,  $n = 3$ )、皮下阿扑吗啡注射(CSAI,  $n = 3$ )以及磁共振引导聚焦超声(MRgFUS,  $n = 2$ )等疗法。

**Table 1.** Information table for included studies  
**表 1.** 纳入研究信息表

| 作者时间                | 研究类型 | 经济视角 | 时间范围  | 干预对照方案                  | ΔE                | ΔC (标准值)            | ICER (标准值)            |
|---------------------|------|------|-------|-------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Tomaszewski<br>2001 | 模型研究 | 社会视角 | 终生    | DBS vs MT               | 0.72 QALY         | \$47622.81          | \$66,143/QALY         |
| Spottke<br>2002     | 观察研究 | 供方视角 | 1 年   | DBS + MT vs<br>MT       | 21.13 UPDRS       | \$35357.37          | \$1673/UPDRS          |
| Meissner<br>2005    | 观察研究 | 支付视角 | 2 年   | DBS vs MT               | 5.2 UPDRS         | \$8291.33           | \$1594/UPDRS          |
| Fraix<br>2006       | 观察研究 | 支付视角 | 1 年   | DBS + MT vs<br>MT       | 29.8 UPDRS        | \$14950.93          | \$502/UPDRS           |
| Valdeoriola<br>2007 | 观察研究 | 社会视角 | 1 年   | DBS + MT vs<br>MT       | 0.221 QALY        | \$12151.6           | \$54,985/QALY         |
| Weaver<br>2012      | 试验研究 | 支付视角 | 0.5 年 | DBS vs MT               | 193 LEDD          | \$185.6             | \$0.96/mg             |
| Dams<br>2013        | 模型研究 | 供方视角 | 终生    | DBS vs MT               | 1.05 QALY         | \$10372.75          | \$9879/QALY           |
| Eggington<br>2013   | 模型研究 | 支付视角 | 5 年   | DBS + MT vs<br>MT       | 1.002 QALY        | \$38562.15          | \$38,485/QALY         |
| Zhu<br>2014 (1 年)   | 观察研究 | 支付视角 | 1 年   | DBS vs MT               | 0.203 QALY        | \$29442.17          | \$145,035/QALY        |
| Zhu<br>2014 (2 年)   |      |      | 2 年   |                         | 0.158 QALY        | \$11698.17          | \$74,039/QALY         |
| Walter<br>2014      | 模型研究 | 支付视角 | 终生    | DBS/CSAI/LCI<br>G vs MT | 0.12~0.13<br>QALY | \$19,576~<br>22,548 | \$150,592~<br>187,903 |
| Dams<br>2016        | 模型研究 | 支付视角 | 终生    | DBS + MT vs<br>MT       | 1.6 QALY          | \$52548.61          | \$32,843/QALY         |
| Fundament<br>2016   | 模型研究 | 支付视角 | 15 年  | DBS + MT vs<br>MT       | 1.35 QALY         | \$46866.08          | \$34,716/QALY         |
| Kawamoto<br>2016    | 模型研究 | 支付视角 | 10 年  | DBS + MT vs<br>MT       | 3.2 QALY          | \$97345.89          | \$30,421/QALY         |
| McIntosh<br>2016    | 试验研究 | 社会视角 | 1 年   | DBS + MT vs<br>MT       | 0.02 QALY         | \$17568.21          | \$878,411/QALY        |
| Pietzsch<br>2016    | 模型研究 | 支付视角 | 10 年  | DBS + MT vs<br>MT       | 1.69 QALY         | \$45147.69          | \$26,715/QALY         |
| Fann<br>2020 (3 年)  | 模型研究 | 社会视角 | 3 年   | DBS + MT vs<br>MT       | 0.519 QALY        | \$48915.64          | \$94,250/QALY         |
| Fann<br>2020 (10 年) |      |      | 10 年  |                         | 1.308 QALY        | \$58096.04          | \$44,416/QALY         |
| Mahajan<br>2020     | 观察研究 | 社会视角 | 2 年   | DBS vs<br>MRgFUS        | 0.048 QALY        | -\$3203.23          | -\$66,734/QALY        |
| Meng<br>2021        | 模型研究 | 支付视角 | 3 年   | DBS/MT vs<br>MRgFUS     | 0.15 QALY         | \$8213.55           | \$54,757/QALY         |

续表

|                |      |             |      |                                 |             |              |                 |
|----------------|------|-------------|------|---------------------------------|-------------|--------------|-----------------|
| Norlin<br>2021 | 模型研究 | 社会视角        | 5 年  | DBS/LCIG/CS<br>AI vs MT         | 1.22 QALY   | -\$54020.36  | -\$44,279/QALY  |
| Guo<br>2022    | 模型研究 | 患者视角        | 15 年 | DBS + MT vs<br>MT               | 1.508 QALY  | \$51663.41   | \$34,266/QALY   |
| 包彧雯<br>2023    | 观察研究 | 支付视角        | 1 年  | DBS + MT vs<br>MT               | 23.33 UPDRS | \$52778.75   | 2262/UPDRS      |
| Nyholm<br>2025 | 模型研究 | 支付&社会视<br>角 | 20 年 | DBS/LCIG/CS<br>AI + MT vs<br>MT | 2.10 QALY   | -\$275965.48 | -\$131,412/QALY |

### 3.2. 质量评价结果

基于 ECOBIAS 的偏倚风险评估显示,近 10 年基于马尔科夫模型的研究质量较高。高风险偏倚主要存在于早期试验伴随的评价,核心来源为:① 时间范围偏倚:短期观察高估了初始成本而忽略长期获益;② 视角偏倚:未纳入非医疗直接成本及生产力损失;③ 效益权重偏倚:效用值来源透明度不足。

### 3.3. 成本效益分析结果

经标准化处理后,纳入研究的增量成本效果比(ICER)表现出较大差异。基于长期模型视角的研究多显示 DBS 具有“成本节约”或高度经济性的特征;而个别短期评估的 ICER 却高达 878,411 USD/QALY,远超成本效益的接受边界[11]。这反映了 DBS 的成本与收益在时间维度上分布不均的特性。

#### 3.3.1. DBS vs. MT

如图 2 所示,现有研究表明,脑深部电刺激术(DBS)能够在术后显著减少帕金森病患者的药物使用

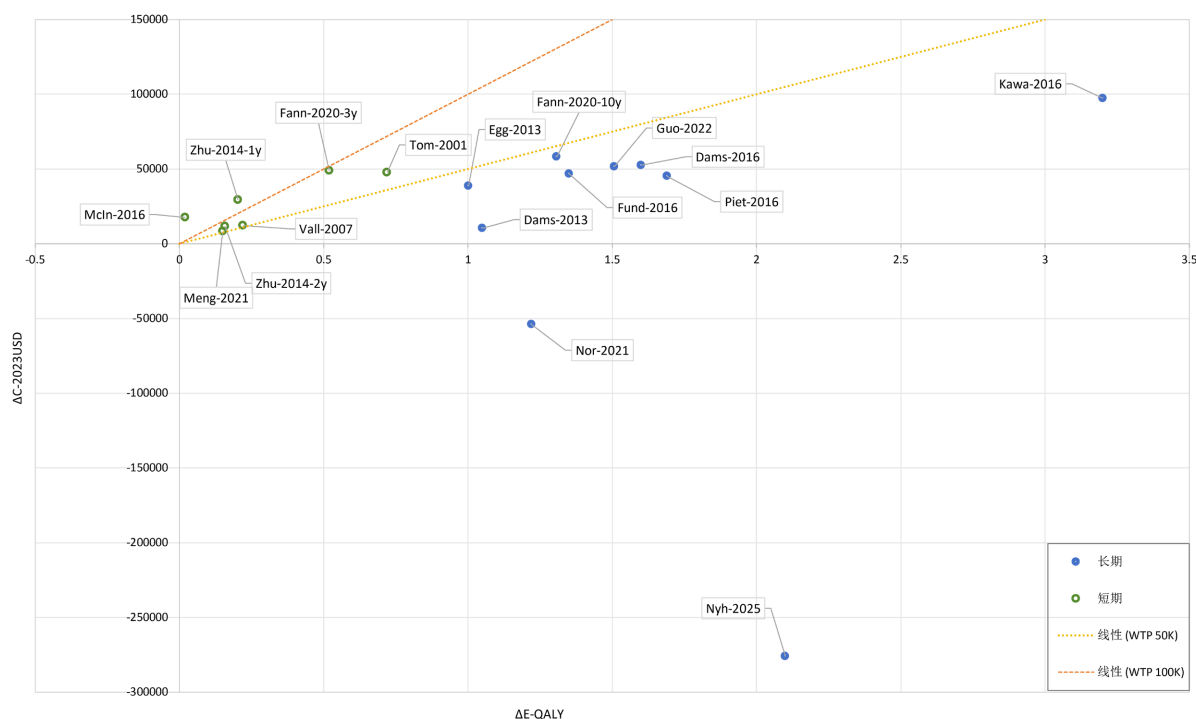


Figure 2. The cost-effectiveness plane diagram of DBS versus MT included in the study

图 2. 纳入研究中 DBS 对照 MT 的成本效益平面图

量,从而在一定程度上降低长期药物相关支出并产生潜在的经济效益[12]。然而,与常规药物治疗相比,DBS的成本效益结论在很大程度上取决于经济学评估的时间范围。短期研究( $\leq 3$ 年)中,DBS呈现出巨大的增量成本。Spotke和Meissner的研究显示,虽然DBS显著减少了药物费用(降幅达30%~50%),但这部分节约远不足以抵消植入手术和设备的高昂初始成本(约\$30,000~\$60,000)[13][14]。此外,包彧雯的研究也同时反映了DBS术后1年内总费用是药物组的数倍,这是导致ICER远超WTP阈值的关键[15]。因此,短期研究通常报告DBS不具有成本效益。然而这些短期研究也间接指出,一旦外推至5年或更长时间,DBS带来的生活质量改善和药物用量减少,使其转变为成本效益优势[16]-[18]。

基于模型模拟长期视角( $\geq 5$ 年及终生)下的研究显示,DBS的经济优势会随时间推移逐渐显现。多项10年以上的模型研究显示,累积的QALY获益以及每年持续节省的药物和护理费用,逐渐摊薄了初始手术成本[10][19]-[21]。如Fundament在英国视角下报告的ICER约为34,700 USD/QALY,和Pietzsch报告的ICER约为26,700 USD/QALY,均低于常规支付阈值[22][23]。总体而言,在时间范围大于5年的模型研究中,标准化ICER多数集中于约25,000~45,000 USD/QALY区间,支持DBS具有长期成本效益的结论[24]-[26]。

### 3.3.2. DBS与其他疗法对比

除常规药物治疗外,DBS与PD其他疗法的成本效益也逐渐被关注。其中,DBS在与持续输注疗法(LCIG/CSAI)的比较中也常表现出长期成本节约优势。Nyholm基于瑞典真实世界数据的研究发现,在长期(20年)模型中,DBS相较于LCIG/CSAI可获得更高的QALY且总成本更低[10]。Norlin的研究也支持这一趋势,并指出在治疗后的5年时间内,DBS的累积成本便低于LCIG疗法[27]。Walter在其研究中指出,其根本原因在于成本结构的差异:LCIG/CSAI的主要成本驱动因素是持续发生的昂贵药剂费用,而DBS的成本主要集中在前期手术[28]。

在与新兴介入疗法MRgFUS的比较中,现有证据提示DBS的成本效益地位依然稳固。Meng的分析显示,MRgFUS虽优于单纯药物治疗,但相对于DBS,其在除震颤主导型PD之外的优势便不再显著[29]。Mahajan的研究进一步指出,在当前疗效证据下,双侧DBS仍是目前最具成本效益的PD手术,而MRgFUS只有在疗效实现显著突破的情况下,其成本效益才有望超越DBS[30]。

### 3.3.3. 地区差异

在高收入国家(如瑞典、美国、德国等),由于人力成本较高,DBS减少护理需求所产生的经济价值更显著,因此更能显示出成本效益。多项发达国家的研究显示,在通过马尔科夫模型进行长期外推的情况下,DBS组实现了总成本下降,呈现明显的成本优势特征[10][27][30]。而在中高收入国家(如中国),由于设备定价高,而人力成本较低,ICER虽在长期模型中具有经济性,但更接近支付阈值。正如Guo的研究显示,DBS在15年模型分析中具有成本效益,但其ICER接近3倍人均GDP的参考阈值上限,经济优势并不显著[31]。但因中高收入国家的研究,样本数量较少,结果需谨慎解读。

### 3.3.4. 视角差异

卫生经济评价的视角选择决定了成本核算的边界,从而对ICER结果产生重要影响。纳入研究中,不同研究采用的视角主要包括社会视角、支付方视角或医疗服务提供方视角。其中,采用社会视角的研究(如Fann和Norlin)在核算成本时通常纳入直接医疗成本、非医疗成本及生产力损失,因此其报告的增量成本往往更高,导致ICER值相应增大[26][27]。这反映了干预措施对整个社会资源消耗的更全面估计。相反,从支付方视角(如医保系统)出发的研究(如Kawamoto和包彧雯)主要关注直接的医疗报销费用,其成本核算范围较窄,故得出的ICER通常低于社会视角下的结果[15][25]。这种差异解释了为何同一干预措施(如DBS+MT vs. MT)在不同研究中的经济性结论看似矛盾。由此可知,研究视角的选择是导致经济

评价结果产生差异的关键方法学因素。在解读和比较不同研究的 ICER 时, 必须首先明确其研究视角。

### 3.4. ICER 驱动因素敏感性分析

敏感性分析结果表明, 影响 ICER 结果的关键参数主要包括时间范围、设备更换相关成本以及健康效用增益等因素。其中, 时间范围是最显著的驱动因素之一。由于 DBS 治疗初期需要承担高昂的设备费用, 而其临床获益和成本节约需要较长时间才能体现, 因此短期研究往往会高估 ICER。此外, 脉冲发生器(IPG)的电池寿命及更换成本也是重要的成本驱动因素。Dams (2016)及 Pietzsch 等研究指出, 若设备更换周期延长或电池寿命提高, 可显著降低长期维护成本, 从而改善 DBS 的成本效果比[21] [23]。同时, 患者年龄和疾病严重程度会对健康效用增益产生较大影响。研究表明, 在疾病中期阶段(即出现早期运动并发症时)实施 DBS 通常能够获得更佳的长期临床和经济回报, 相较于晚期患者, 其成本效果表现更为优越[25] [31]。

## 4. 讨论

本系统评价综合 22 项研究的结果表明, 脑深部电刺激术(DBS)在晚期帕金森病治疗中呈现典型的“前期投资型”经济学特征。虽然手术及设备费用在治疗初期形成较高的直接医疗成本, 但随着时间延长, DBS 通过持续改善运动功能、减少药物依赖以及降低护理需求而逐渐体现出经济优势。多数基于长期模型( $\geq 5$  年或终生)的研究显示, DBS 的标准化 ICER 主要集中在 25,000~45,000 USD/QALY 范围内, 通常低于常用支付意愿阈值。这提示若仅依据短期临床试验或随访数据进行经济评价, 往往会高估其成本负担并低估长期价值。因此, 在卫生资源配置决策中, 应更加重视长期模型模拟和真实世界长期随访证据。

在不同治疗方案的横向比较中, DBS 相较于持续输注疗法(如 LCIG 和 CSAI)通常表现出更为有利的长期经济性。这主要源于两类疗法成本结构的差异: 持续输注疗法的主要成本驱动因素是长期持续的药物及耗材费用, 而 DBS 的主要成本集中于术前及植入阶段, 后续维护费用相对有限。因此随着时间推移, DBS 的累积成本优势逐渐显现。与 MRgFUS 等新兴神经介入疗法相比, DBS 虽然初始成本较高, 但目前仍拥有更充分的临床疗效证据和更广泛的适应症范围, 因此在多数经济学评价中仍被认为是当前证据最充分的外科治疗选择。

### 4.1. 关键临床与技术因素对成本效益的影响

除时间范围外, 患者临床特征及技术因素同样会对 DBS 的成本效益产生重要影响。多项研究提示, 在疾病中期阶段(即出现早期运动并发症时)实施 DBS 通常可获得更高的长期 QALY 收益。EARLYSTIM 研究相关的经济学分析显示, 较早实施 DBS 能够延缓功能恶化并减少长期药物负担, 从而在生命周期视角下获得更优的成本效果表现[22]。此外, 患者年龄及症状类型也可能影响经济学结果。较年轻或运动症状主导型患者往往具有更长的预期获益周期, 因此更有可能获得较好的成本效益表现[31]。

设备技术的进步同样是影响经济学评价的重要因素。传统非充电式脉冲发生器需要在电池耗尽后进行更换手术, 而可充电植入式脉冲发生器(rechargeable IPG, r-IPG)能够显著延长设备使用寿命, 从而减少重复手术及相关医疗成本。部分模型研究表明, 在长期时间范围内, r-IPG 可能通过减少设备更换费用而进一步改善 DBS 的成本效果比[23]。然而, 目前针对不同设备类型的经济学证据仍相对有限, 且真实世界数据不足, 未来研究应进一步系统评估不同技术路径在长期生命周期中的经济表现。

在区域层面, 本研究发现高收入国家与中高收入国家的经济学结果可能存在一定差异。在高收入国家, 由于护理及劳动力成本较高, DBS 通过减少护理需求所带来的社会经济收益更加明显。然而, 目前关于中高收入国家的证据数量较少且来源单一, 因此相关结论仍需更多来自不同地区的本土化经济学研究证实。

## 4.2. 局限性与未来研究方向

本研究仍存在一定局限性。首先, 纳入研究在模型结构、时间范围及参数来源方面存在较大异质性, 因此未进行定量 Meta 分析。其次, 现有经济学研究多集中于高收入国家, 而来自中高收入国家的证据仍然有限, 限制了对不同卫生体系背景下经济性的全面比较。此外, 关于不同患者亚组、设备技术(如可充电 IPG)以及真实世界长期结局的经济学证据仍不足。未来研究应结合多中心真实世界数据, 并在生命周期视角下系统评估不同患者特征和技术方案对 DBS 成本效益的影响, 以为卫生政策制定和临床决策提供更加可靠的依据。

## 5. 结论

长期视角下, DBS 是晚期 PD 具有成本效益的治疗选择, 且经济性优于药物、注射和介入疗法。尽管初始投入较高, 但通过减少药物依赖和提升生活质量, 其投入产出比优于药物治疗。决策者应基于长期价值进行资源配置。对于我国而言, 通过优化医保支付方式及降低耗材成本, 将有助于提升 DBS 的经济可及性, 实现其潜在的临床与社会价值。

## 参考文献

- [1] 王刚, 崔海伦. 帕金森病临床诊断和治疗现状及进展[J]. 重庆医科大学学报, 2019, 44(4): 464-467.
- [2] 刘佳, 段春礼, 杨慧. 帕金森病发病机制与治疗研究进展[J]. 生理科学进展, 2015, 46(3): 163-169.
- [3] 韩露, 吴璐, 王晓平. 帕金森病传统治疗失败后的其他治疗选择[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2013, 5(12): 8-12.
- [4] Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., *et al.* (2015) Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols (PRISMA-P) 2015 Statement. *Systematic Reviews*, **4**, Article No. 1. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- [5] Bagepally, B.S., Chaikledkaew, U., Chaiyakunapruk, N., Attia, J. and Thakkinstian, A. (2022) Meta-Analysis of Economic Evaluation Studies: Data Harmonisation and Methodological Issues. *BMC Health Services Research*, **22**, Article No. 202. <https://doi.org/10.1186/s12913-022-07595-1>
- [6] Adarkwah, C.C., van Gils, P.F., Hiligsmann, M. and Evers, S.M.A.A. (2015) Risk of Bias in Model-Based Economic Evaluations: The ECOBIAS Checklist. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, **16**, 513-523. <https://doi.org/10.1586/14737167.2015.1103185>
- [7] 庞文渊, 翟利杰, 刘依琳, 等. 全球帕金森病综合治疗指南的分析[J]. 中国临床药理学杂志, 2022, 38(21): 2638-2643.
- [8] World Bank (2023) World Bank Group Country Classifications by Income Level for FY24 (July 1, 2023-June 30, 2024).
- [9] Anderson, J.L., Heidenreich, P.A., Barnett, P.G., Creager, M.A., Fonarow, G.C., Gibbons, R.J., *et al.* (2014) ACC/AHA Statement on Cost/Value Methodology in Clinical Practice Guidelines and Performance Measures: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, **63**, 2304-2322. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.03.016>
- [10] Nyholm, D., Eggington, S. and Holm, A. (2025) Therapies for Advanced Parkinson's Disease in Sweden: A Cost-Effectiveness Analysis Using Real-World Data. *Neurology and Therapy*, **14**, 801-812. <https://doi.org/10.1007/s40120-025-00730-0>
- [11] McIntosh, E., Gray, A., Daniels, J., Gill, S., Ives, N., Jenkinson, C., *et al.* (2016) Cost-Utility Analysis of Deep Brain Stimulation Surgery Plus Best Medical Therapy versus Best Medical Therapy in Patients with Parkinson's: Economic Evaluation Alongside the PD SURG Trial. *Movement Disorders*, **31**, 1173-1182. <https://doi.org/10.1002/mds.26423>
- [12] Weaver, F.M., Stroupe, K.T., Cao, L., Holloway, R.G., Vickrey, B.G., Simuni, T., *et al.* (2012) Parkinson's Disease Medication Use and Costs Following Deep Brain Stimulation. *Movement Disorders*, **27**, 1398-1403. <https://doi.org/10.1002/mds.25164>
- [13] Spottke, E.A., Volkmann, J., Lorenz, D., Krack, P., Smala, A.M., Sturm, V., *et al.* (2002) Evaluation of Healthcare Utilization and Health Status of Patients with Parkinson's Disease Treated with Deep Brain Stimulation of the Subthalamic Nucleus. *Journal of Neurology*, **249**, 759-766. <https://doi.org/10.1007/s00415-002-0711-7>
- [14] Meissner, W., Schreiter, D., Volkmann, J., Trottenberg, T., Schneider, G., Sturm, V., *et al.* (2005) Deep Brain Stimulation

- in Late Stage Parkinson's Disease: A Retrospective Cost Analysis in Germany. *Journal of Neurology*, **252**, 218-223. <https://doi.org/10.1007/s00415-005-0640-3>
- [15] 包彧雯, 王滢鹏, 万彬, 等. 帕金森病脑深部电刺激术联合药物治疗的卫生经济学评估[J]. 现代医学, 2023, 51(10): 1448-1452.
- [16] Valldeoriola, F., Morsi, O., Tolosa, E., Rumià, J., Martí, M.J. and Martínez-Martín, P. (2007) Prospective Comparative Study on Cost-Effectiveness of Subthalamic Stimulation and Best Medical Treatment in Advanced Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, **22**, 2183-2191. <https://doi.org/10.1002/mds.21652>
- [17] Fraix, V., Houeto, J.L., Lagrange, C., et al. (2006) Clinical and Economic Results of Bilateral Subthalamic Nucleus Stimulation in Parkinson's Disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, **77**, 443-449. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2005.077677>
- [18] Zhu, X.L., Chan, D.T.M., Lau, C.K.Y., Poon, W.S., Mok, V.C.T., Chan, A.Y.Y., et al. (2014) *World Neurosurgery*, **82**, 987-993. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2014.08.051>
- [19] Tomaszewski, K.J. and Holloway, R.G. (2001) Deep Brain Stimulation in the Treatment of Parkinson's Disease: A Cost-Effectiveness Analysis. *Neurology*, **57**, 663-671. <https://doi.org/10.1212/wnl.57.4.663>
- [20] Dams, J., Siebert, U., Bornschein, B., Volkmann, J., Deuschl, G., Oertel, W.H., et al. (2013) Cost-Effectiveness of Deep Brain Stimulation in Patients with Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, **28**, 763-771. <https://doi.org/10.1002/mds.25407>
- [21] Dams, J., Balzer-Geldsetzer, M., Siebert, U., Deuschl, G., Schuepbach, W.M.M., Krack, P., et al. (2016) Cost-Effectiveness of Neurostimulation in Parkinson's Disease with Early Motor Complications. *Movement Disorders*, **31**, 1183-1191. <https://doi.org/10.1002/mds.26740>
- [22] Fundament, T., Eldridge, P.R., Green, A.L., Whone, A.L., Taylor, R.S., Williams, A.C., et al. (2016) Deep Brain Stimulation for Parkinson's Disease with Early Motor Complications: A UK Cost-Effectiveness Analysis. *PLOS ONE*, **11**, e0159340. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159340>
- [23] Pietzsch, J.B., Garner, A.M. and Marks, Jr, W.J. (2016) Cost-Effectiveness of Deep Brain Stimulation for Advanced Parkinson's Disease in the United States. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, **19**, 689-697. <https://doi.org/10.1111/ner.12474>
- [24] Eggington, S., Valldeoriola, F., Chaudhuri, K.R., Ashkan, K., Annoni, E. and Deuschl, G. (2013) The Cost-Effectiveness of Deep Brain Stimulation in Combination with Best Medical Therapy, versus Best Medical Therapy Alone, in Advanced Parkinson's Disease. *Journal of Neurology*, **261**, 106-116. <https://doi.org/10.1007/s00415-013-7148-z>
- [25] Kawamoto, Y., Mouri, M., Taira, T., Iseki, H. and Masamune, K. (2016) Cost-Effectiveness Analysis of Deep Brain Stimulation in Patients with Parkinson's Disease in Japan. *World Neurosurgery*, **89**, 628-635.e1. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.11.062>
- [26] Fann, J.C., Chang, K., Yen, A.M., Chen, S.L., Chiu, S.Y., Chen, H., et al. (2020) *World Neurosurgery*, **138**, e459-e468. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.02.150>
- [27] Norlin, J.M., Willis, M., Persson, U., Andersson, E., Pålhagen, S. and Odin, P. (2021) Swedish Guidelines for Device-aided Therapies in Parkinson's Disease—Economic Evaluation and Implementation. *Acta Neurologica Scandinavica*, **144**, 170-178. <https://doi.org/10.1111/ane.13434>
- [28] Walter, E. and Odin, P. (2014) Cost-Effectiveness of Continuous Subcutaneous Apomorphine in the Treatment of Parkinson's Disease in the UK and Germany. *Journal of Medical Economics*, **18**, 155-165. <https://doi.org/10.3111/13696998.2014.979937>
- [29] Meng, Y., Pople, C.B., Kalia, S.K., Kalia, L.V., Davidson, B., Bigioni, L., et al. (2020) Cost-Effectiveness Analysis of MR-Guided Focused Ultrasound Thalamotomy for Tremor-Dominant Parkinson's Disease. *Journal of Neurosurgery*, **135**, 273-278. <https://doi.org/10.3171/2020.5.jns20692>
- [30] Mahajan, U.V., Ravikumar, V.K., Kumar, K.K., Ku, S., Ojukwu, D.I., Kilbane, C., et al. (2020) Bilateral Deep Brain Stimulation Is the Procedure to Beat for Advanced Parkinson Disease: A Meta-Analytic, Cost-Effective Threshold Analysis for Focused Ultrasound. *Neurosurgery*, **88**, 487-496. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa485>
- [31] Guo, X., Feng, C., Pu, J., Jiang, H., Zhu, Z., Zheng, Z., et al. (2022) Deep Brain Stimulation for Advanced Parkinson Disease in Developing Countries: A Cost-Effectiveness Study from China. *Neurosurgery*, **92**, 812-819. <https://doi.org/10.1227/neu.0000000000002274>