

# 基于决策树模型减重手术患者 围术期迷你中长和中等导管的成本效果分析

杨小惠, 盛婉婷, 曹秀珠, 赵林芳

(浙江大学医学院附属邵逸夫医院 静脉治疗专科, 浙江 杭州 310020)

**【摘要】** 目的 通过对前期 1 项随机对照试验数据进行二次分析, 评价迷你中长导管和中等长度静脉导管在减重手术患者围术期的经济性和有效性。方法 2022 年 8—12 月, 选取在浙江省某三级甲等医院进行减重手术的 124 例住院患者为研究对象, 采用 TreeAge Pro 软件构建迷你中长导管和中等长度静脉导管在减重手术患者围术期应用的决策树模型, 并通过敏感性分析验证结果的稳健性。结果 中等长度静脉导管组相比迷你中长导管组的增量成本效果比为 2868.51 元。单因素敏感性分析结果显示, 迷你中长导管和中等长度静脉导管的并发症发生率对增量成本效果比值影响较大; 概率性敏感性分析显示, 中等长度静脉导管相对于迷你中长导管具有经济性概率为 62.3%。结论 假定以 2022 年中国人均可支配收入为患者的个人意愿支付价格, 减重手术患者围术期使用中等长度静脉导管比迷你中长导管更具经济性。

**【关键词】** 迷你中长导管; 中等长度静脉导管; 减重手术; 决策树模型; 成本效果分析

doi: 10.3969/j.issn.2097-1826.2025.08.009

**【中图分类号】** R473 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2097-1826(2025)08-0037-04

## A Cost-Effectiveness Analysis of Mini-Midline and Midline Catheters in Perioperative Patients Undergoing Bariatric Surgery Based on Decision Tree Modeling

YANG Xiaohui, SHENG Wanting, CAO Xiuzhu, ZHAO Linfang (Intravenous Therapy Department, Sir Run Run Shaw Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310020, Zhejiang Province, China)

Corresponding author: ZHAO Linfang, Tel: 0571-86006829

**【Abstract】 Objective** A secondary analysis of data was conducted from a previous randomized controlled trial to evaluate the cost-effectiveness of mini-midline versus midline catheters in bariatric surgery patients during the perioperative period. **Methods** From August to December 2022, 124 hospitalized patients undergoing bariatric surgery at a tertiary A hospital in Zhejiang province were selected. A decision tree model was constructed using TreeAge Pro software to compare mini-midline and midline catheters, with sensitivity analyses performed to verify result robustness. **Results** The incremental cost-effectiveness ratio (ICER) for midline catheters versus mini-midline catheters was 2,868.51 CNY. Univariate sensitivity analysis revealed that complication rates significantly influenced ICER values. Probabilistic sensitivity analysis showed a 62.3% probability of midline catheters being more cost-effective. **Conclusions** With the 2022 per capita disposable income in China as the willingness-to-pay threshold, midline catheters demonstrate better cost-effectiveness than mini-midline ones for perioperative use in bariatric surgery patients.

**【Key words】** mini-midline catheter; midline catheter; bariatric surgery; decision tree model; cost-effectiveness analysis

[Mil Nurs, 2025, 42(08): 37-40]

减重手术被视为治疗重度肥胖及相关代谢性疾病最有效的方法<sup>[1]</sup>。国际减重与代谢病外科联盟发布的 2024 年年报共登记 502 150 台减重手术, 其中我国完成 30 071 台, 位居全球第四<sup>[2]</sup>。手术围术期通常持续 1 周, 期间患者需进行大量静脉补液和药物输注, 因此, 建立稳定且持续的静脉通路至关重要<sup>[3]</sup>。研究<sup>[4]</sup>指出, 中等长度静脉导管(中长导管)

与迷你中长导管均能满足围术期需求, 2 种导管均为外周静脉导管, 导管更长且留置时间 1~4 周, 中长导管的导管相关性并发症发生率较低, 例如静脉炎、渗液等。然而, 在导管的选择上, 需综合考虑静脉输液的持续时间、患者的临床状况和成本。随着诊断相关分组支付制度 (diagnosis-related group-based payment system, DRGs) 被引入医疗体系<sup>[5]</sup>, 减重手术患者需经历内分泌科和普外科两个阶段。在内分泌科阶段, 患者完善相关检查; 而在普外科阶

**【收稿日期】** 2024-05-20 **【修回日期】** 2025-06-15

**【作者简介】** 杨小惠, 护士, 硕士, 电话: 0571-86006829

**【通信作者】** 赵林芳, 电话: 0571-86006829

段,所有费用由患者自行承担。在 DRGs 体系下,减重手术患者的静脉通路定价降低,迷你中长导管的成本仅为中长导管的  $1/3^{[6]}$ 。目前尚未有关于迷你中长导管和中长导管的卫生经济学评价。因此,本研究基于前期一项随机对照试验<sup>[4]</sup>数据,结合减重手术患者围术期迷你中长和中长导管的直接医疗成本,并通过决策树模型比较两者的成本效果比,以评估其经济学价值,为临床决策提供科学依据。

## 1 对象和方法

1.1 研究对象 2022年8—12月,便利抽样法选取在浙江省某三级甲等医院进行减重手术的住院患者。基于前期随机对照试验数据,迷你中长导管组和中长导管组各62例。根据文献<sup>[4]</sup>报道的导管相关性并发症发生率,以双侧检验, $\alpha=0.05$ ,把握度为80%,考虑20%的脱落率,实际每组各纳入62例。本研究已通过医院伦理委员会审批(2022研第0348号),所有患者签署知情同意书。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 干预措施

1.2.1.1 迷你中长导管置管方法 采用4F、10 cm的前端开口迷你中长导管,使用超声引导下联合加速赛丁格技术,无需建立最大化无菌屏障。超声显示针尖在静脉内同时见回血后压低进针角度再送入0.2 cm左右,以确保导管尖端完全进入血管内,然后一手持针座,一手将外套管送入血管内,最后将针芯缓慢退出,抽回血后冲管,连接正压接头,用生理盐水封管。

1.2.1.2 中长导管置管方法 采用4F、25 cm的3向瓣膜的硅胶中长导管,使用超声引导下联合改良赛丁格技术,需建立最大化无菌屏障。超声屏幕上显示针尖在静脉内同时针尾见回血后降低进针角度,送入导丝,撤穿刺针,沿导丝送入穿刺鞘,撤导丝及内鞘,将导管经外鞘送入血管,撤外鞘,抽回血通畅后冲管,连接正压接头,用生理盐水封管。

1.2.1.3 两组导管穿刺时机及维护方法 导管由静脉专科护士于入院当日置入,中长导管置入后48 h内更换敷贴1次,之后和迷你中长导管一致每7 d更换一次,必要时增加更换频率。导管留置期间,每班由责任护士评估管路通畅性及留置部位情况。输液前后使用5 mL和5~10 mL生理盐水冲管,间歇期每24 h冲管1次。导管留置时间与减重手术围术期一致,治疗结束后拔除。若发生并发症,导管提前拔除。

1.2.2 决策树模型的建立 采用决策树模型对围术期置入迷你中长导管或中长导管的减重手术患者进行成本效果分析,评估2种导管的经济性和有效性。本研究以导管在减重手术患者围术期是否发生导管相关并发症作为效果指标,发生并发症定义为无效,

未发生并发症定义为有效。模型模拟时间跨度为减重手术围术期时长7 d。

#### 1.2.3 资料收集方法

1.2.3.1 成本数据来源 本研究从卫生体系角度出发,主要为直接医疗成本,涵盖诊断、治疗和预防疾病相关的的医疗资源费用。本研究的直接医疗成本包括减重代谢手术和导管总成本。(1)减重代谢手术成本依据以2021年浙江省医疗保障局发布的浙江省基本医疗保险医疗服务项目为准,具体医疗项目包含:手术费、医疗器械费、检查检验费、床位费、护理费、药品费、诊疗费等。(2)导管总成本由置入、维护、拔除及并发症的处理成本组成,其中维护成本为单次维护成本 $\times$ 维护次数;并发症处理费用是指从置入导管到拔除导管所有并发症的费用,包括挂号费、实验室检查、影像学检查费、药物费、材料费和治疗费等。导管总成本来源于前期随机对照研究<sup>[4]</sup>收集的导管费用。所有成本均以人民币(元)计算。根据卫生经济学评估准则,贴现通常适用于超过1年的研究周期,因本研究中导管置入周期较短,故成本核算过程均不考虑贴现。

1.2.3.2 效果数据来源 本研究以导管在减重手术患者围术期是否发生导管相关并发症作为效果指标,发生并发症为无效,未发生并发症为有效。有效计为1,无效计为0。以导管相关并发症发生率为效果参数,其计算公式为发生并发症的患者例数 $\div$ 患者总例数 $\times 100\%$ ,同一患者发生1次或多次并发症算为1例。导管相关并发症包括静脉炎、渗血、渗液、导管堵塞、导管外滑、导管相关性血栓和导管相关性感染等。效果参数详见随机对照研究<sup>[4]</sup>数据。虽然不同并发症的临床重要性有所差异,但基于原始随机对照研究中各并发症类型发生例数较少,单独分类会导致各节点样本不足影响模型稳定性,因此本研究将所有导管相关并发症合并计算为一次性事件。

1.2.3.3 成本效果分析 本研究通过成本效果分析比较迷你中长导管与中长导管在减重手术患者的经济性,主要指标为成本效果比和增量成本效果比(incremental cost-effectiveness ratio, ICER)。成本效果比为每获得一个单位效果所付出的成本,即策略A的成本 $\div$ 策略A的效果。增量成本效果比为单位增量效果所需要付出的增量成本,即(策略A的成本-策略B的成本) $\div$ (策略A的效果-策略B的效果)。将增量成本效果比与患者个人意愿支付价格(willingness to pay, WTP)进行比较,本研究的阈值即WTP值,采用了国家统计局公布的2022年中国人均可支配收入36 883元<sup>[7]</sup>。若ICER值低于WTP值,则认为该方案经济性更好;反之,则认为经

济性较差<sup>[8]</sup>。

1.2.4 统计学处理 使用 Excel 整理数据,采用 SPSS 26 进行统计分析,使用 TreeAge Pro 软件建立决策树模型进行成本效果和敏感性分析。本研究采用了单因素敏感性分析(deterministic sensitivity analysis,DSA)和概率敏感性分析(probabilistic sensitivity analysis,PSA)来评估结果的不确定性。在 DSA 中,逐一改变输入参数,其他参数保持不变,输入参数采用 95%CI 或上下浮动 20%<sup>[8]</sup>。本研究中减重手术、迷你中长导管、中长导管、导管相关并发症处理成本及维护成本的参数变化区间经过专家咨询使用基础值±20%进行设定,2 组导管并发症发生率参数变化区间以 95%CI 进行设定<sup>[8]</sup>。在进行 PSA 时,通过 1000 次蒙特卡洛模拟,根据 ISPOR 指南<sup>[9]</sup>;概率参数因其取值范围限定在[0,1],采用Beta分布,适用于表示概率或比率的不确定性。成本参数一般呈现右偏分布且非负,采用 Gamma 分布,能够较好刻画这类连续、非负型随机变量的不确定性。各参数的敏感性分析设定详见表 1。

表 1 各参数的敏感性分析设定

参数	基础值	最小值	最大值	分布	数据来源
迷你中长导管成本(元)	458.00	366.45	549.63	Gamma	院内数据库
中长导管成本(元)	975.00	780.00	1170.00	Gamma	院内数据库
导管维护成本(元)	15.46	12.37	18.55	Gamma	试验数据
导管并发症处理成本(元)	44.16	35.32	53.00	Gamma	试验数据
减重手术成本(元)	35 000.00	28 000.00	42 000.00	Gamma	院内数据库
迷你中长导管并发症发生率(%)	25.81	14.62	37.00	Beta	随机对照研究
中长导管并发症发生率(%)	8.06	1.11	15.00	Beta	随机对照研究

## 2 结果

2.1 基础分析 迷你中长组和中长导管组的直接医疗成本分别为 35 484.85 和 35 994.01 元,效果分别为 0.7419 和 0.9194,中长导管组的成本高于迷你中长组,同时所获得的效果也高于迷你中长组,需进一步计算 ICER 值得出,中长导管组的 ICER 值为 2868.51 元,表示减重手术患者使用中长导管组有效比迷你中长导管组要多花费 2868.51 元。

### 2.2 敏感性分析

2.2.1 单因素敏感性分析 对两组导管的效果参数及成本相关 7 项参数变量进行单因素敏感性分析,旋风图结果见图 1。结果显示,基于迷你中长导管的并发症概率对增量成本效果比的影响最大,其次为中长导管并发症概率,然后是中长导管和迷你中长导管的成本,其余参数对 ICER 结果无明显影响。

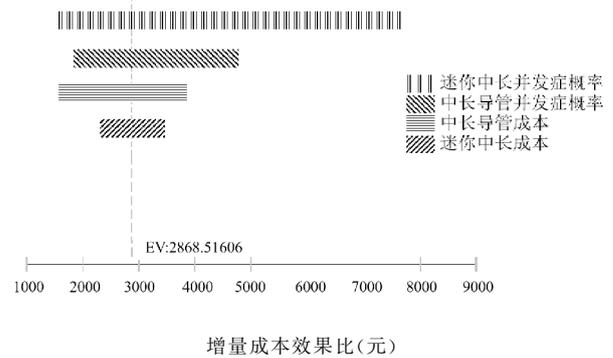


图 1 迷你中长导管/中长导管的增量成本效果比旋风图

2.2.2 概率敏感性分析 将各参数的敏感性分析设定输入 Tree Age Pro 软件,并设定运行蒙特卡洛模拟(Monte Carlo simulation,MCS)1000 次,即可绘制成本效果可接受曲线。本研究的 WTP 变化区间设定为 0~36 833 元,由图 2 可知,当患者的 WTP 低于 5568 元时,首选迷你中长导管,当患者的 WTP 高于 5568 元后,则选择中长导管。MCS 结果验证了基础分析 ICER 值的稳健性。根据增量成本效果散点图(图略),中长导管相对于迷你中长导管具有经济性概率为 62.3%。

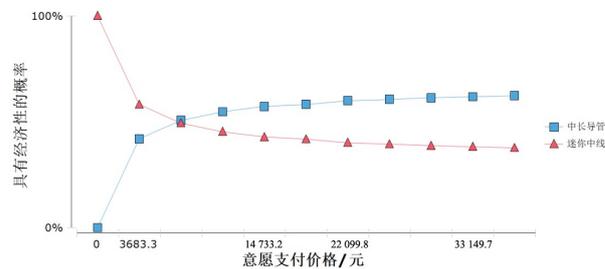


图 2 成本效果可接受曲线

## 3 讨论

3.1 决策树模型在外周导管经济学评价中的创新应用 目前,血管通路的卫生经济学评价主要侧重于中心静脉导管,而外周静脉导管的研究相对较少<sup>[10]</sup>,评价采用的卫生经济学方法多为成本效果分析且缺乏敏感性分析<sup>[11]</sup>。同时,将模型用于静脉通路卫生经济学评价的研究更少<sup>[12]</sup>。本研究聚焦迷你中长导管和中长导管的卫生经济学评价,这两种导管适用于静脉通路穿刺困难患者,相关文献<sup>[13]</sup>表明导管的留置时间为 6~14 d,一般不超过 4 周,这有助于弥补短外周静脉导管留置时间短的问题,并避免因不适当的中心静脉导管置入而导致医疗资源过度使用和并发症的发生<sup>[14]</sup>。本研究从医疗机构的角度,基于一项公开发表的随机对照研究构建决

策树模型,为迷你中长导管和中心静脉导管在减重手术患者围术期应用提供了一定的参考价值。

3.2 中长导管与迷你中长导管的经济性比较 本研究显示,迷你中长导管的成本为 473.46 元,而中心静脉导管的成本为 990.46 元,尽管中心静脉导管成本较高,但其并发症发生率明显低于迷你中长导管,使其在增量成本效果比上展现出优势。通过概率敏感性分析发现:当支付意愿阈值低于 5568 元时,迷你中长导管因更具经济性;高于此值时,中心静脉导管更佳。因此,在预算受限或支付意愿较低的情境下,迷你中长导管可能是更经济的选择;而在支付意愿较高或医保报销水平较好的情况下,中心静脉导管因其低并发症发生率而更适宜推广。临床决策时,还需综合考虑患者偏好、医疗保险政策及临床安全性等因素。本研究根据增量成本效果散点图显示,中心静脉导管相对于迷你中长导管具有经济性概率为 62.3%。未来,随着集采的推广和导管市场价格的下降,中心静脉导管的成本进一步降低,其成本效果有望更加显著。本研究结果显示(见图 1),导管成本对增量成本效果比的影响相对较小,而并发症发生率影响较大。这主要源于导管尖端位置的不同,导致中心静脉导管相关并发症较少<sup>[15]</sup>。并发症处理成本、导管维护成本及减重手术成本对 ICER 结果无明显影响,可能是因为两者均属于外周静脉导管,与中心静脉导管相比,感染和血栓风险大大降低<sup>[16]</sup>。未来,为更精确评估两者的临床效果,需要更多大样本、高质量的真实世界临床数据支持。同时,对医疗器械的监管也应加强,以促进医疗体系中卫生资源的合理配置。

3.3 研究局限与未来改进方向 本研究通过卫生经济学方法进行评价,具有一定创新性,但仍存在一定局限性。首先,效果指标仅以并发症发生与否进行二分化处理,未区分并发症类型,这可能简化了经济学结论。未来研究应细化并结合大样本量或真实数据基础上,提高模型的精细度和适用性。其次,研究仅考虑了直接医疗成本,未纳入间接成本,且数据来源有限。建议未来研究结合患者偏好、满意度等主观指标,全面评估不同导管策略的经济影响。最后,本研究未进行亚组分析,数据基于单中心试验和医院数据库,未来应在多中心大样本基础上进行分析,以揭示不同人群的经济学差异,为临床决策提供依据,并提高模型预测的准确性及推广性。

#### 【参考文献】

[1] SCHAUER P R, BHATT D L, KIRWAN J P, et al. Bariatric surgery versus intensive medical therapy for diabetes: 5-year outcomes[J]. *N Engl J Med*, 2017, 376(7): 641-651.

- [2] BROWN W A, LIEM R, AL-SABAH S, et al. Metabolic bariatric surgery across the IFSO chapters: key insights on the baseline patient demographics, procedure types, and mortality from the eighth IFSO global registry report[J]. *Obes Surg*, 2024, 34(5): 1764-1777.
- [3] EISENBERG D, SHIKORA S A, AARTS E, et al. 2022 American society for metabolic and bariatric surgery (ASMBS) and international federation for the surgery of obesity and metabolic disorders (IFSO): indications for metabolic and bariatric surgery[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2022, 18(12): 1345-1356.
- [4] 杨小惠, 刘畅, 于卫华, 等. 不同长度外周静脉导管在减重手术患者围术期的应用效果评价[J]. *中华护理杂志*, 2024, 59(4): 401-407.
- [5] 王帆, 曹建海. 医保支付方式改革与公立医院高质量发展——兼析完善公立医院成本管理机制[J]. *价格理论与实践*, 2023(2): 80-83.
- [6] GILARDI E, GRANDI T, GIANNUZZI R, et al. Long peripheral cannula in COVID-19 patients: 769 catheter days experience from a semi-intensive respiratory COVID unit[J]. *J Vasc Access*, 2024, 25(2): 498-503.
- [7] 国家统计局. 2022 年居民收入和消费支出情况[EB/OL]. [2025-07-10]. [https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203\\_1901715.html](https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1901715.html).
- [8] 《中国药物经济学评价指南》课题组, 刘国恩, 胡善联, 等. 中国药物经济学评价指南(2011 版)[J]. *中国药物经济学*, 2011(3): 6-48.
- [9] BRIGGS A H, WEINSTEIN M C, FENWICK E A, et al. Model parameter estimation and uncertainty analysis: a report of the ISPOR-SMDM modeling good research practices task force working group-6[J]. *Med Decis Making*, 2012, 32(5): 722-732.
- [10] 王凯蓉, 周英凤. PICC 与 CVC、VPA 经济学评价研究的系统评价[J]. *护理学杂志*, 2019, 34(8): 54-58.
- [11] 王凯蓉, 周英凤, 钟婕, 等. 经外周置入中心静脉导管输液技术的经济学评价研究进展[J]. *护士进修杂志*, 2019, 34(7): 606-611.
- [12] SELEZNOVA Y, BRASS P, HELLMICH M, et al. Cost-effectiveness analysis of ultrasound guidance for central venous catheterization compared with landmark method: a decision-analytic model[J/OL]. [2025-04-10]. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6456944/>. DOI: 10.1186/s12871-019-0719-5.
- [13] GORSKI L A, HADAWAY L, HAGLE M E, et al. Infusion therapy standards of practice, 8th edition[J]. *J Infus Nurs*, 2021, 44(1S Suppl 1): S1-S224.
- [14] CHOPRA V, FLANDERS S A, SAINT S, et al. The michigan appropriateness guide for intravenous catheters (MAGIC): results from a multispecialty panel using the RAND/UCLA appropriateness method[J]. *Ann Intern Med*, 2015, 163(6 Suppl): S1-S40.
- [15] 赵林芳, 蔡志云, 樊小鹏, 等. 中等长度静脉导管置管不同尖端位置的效果比较[J]. *中华护理杂志*, 2022, 57(5): 517-524.
- [16] SWAMINATHAN L, FLANDERS S, HOROWITZ J, et al. Safety and outcomes of midline catheters vs peripherally inserted central catheters for patients with short-term indications: a multicenter study[J]. *JAMA Intern Med*, 2022, 182(1): 50-58.

(本文编辑: 王园园)