

达芬奇机器人手术系统在非小细胞肺癌手术中的成本效益分析

王树民¹, 李飞², 褚恒², 张哲²

(1. 山东第二医科大学临床医学院 山东 潍坊 261053; 2. 青岛市市立医院胸外科 山东 青岛 266071)

摘要 随着微创手术的不断发展和普及, 手术机器人凭借其精密的机械控制系统、高清的成像以及灵活的机械臂在外科领域广泛应用。机器人辅助手术在淋巴结清扫、围手术期指标和术后并发症等方面较胸腔镜手术更具优势, 但其手术成本较高。然而对于复杂的肺部相关手术, 机器人辅助手术可通过缩短住院时间, 降低术后并发症发生率, 减少术后住院费用等方式, 满足患者需求的同时获得更高的成本效益。本文阐述了机器人辅助胸腔镜手术在非小细胞肺癌患者中的应用现状, 探讨其成本效益, 并对达芬奇机器人手术系统在非小细胞肺癌领域的发展前景进行展望。

关键词 非小细胞肺癌; 机器人辅助胸腔镜手术; 电视胸腔镜手术; 成本效益

中图分类号 R608 R734.2 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 01-0149-06

Cost-effectiveness analysis of Da Vinci robot-assisted surgery for non-small cell lung cancer

WANG Shumin¹, LI Fei², CHU Heng², ZHANG Zhe²

(1.School of Clinical Medicine, Shandong Second Medical University, Weifang 261053, China; 2.Department of Thoracic Surgery, Qingdao Municipal Hospital, Qingdao 266071, China)

Abstract With the continuous development and popularization of minimally invasive surgery, surgical robots are widely used in the surgical field, relying on their sophisticated mechanical control systems, high-definition imaging, and flexible robotic arms. Robot-assisted surgery is superior to thoracoscopic surgery in terms of lymph node dissection, improvement of perioperative indices, and reduction of postoperative complications, but it is more costly. However, for complex pulmonary surgeries, robot-assisted surgery can meet the needs of patients and achieve higher cost-effectiveness by shortening the length of hospital stay, reducing the incidence of postoperative complications, and decreasing postoperative hospitalization costs. This paper describes the current application status of robot-assisted thoracoscopic surgery in patients with non-small cell lung cancer (NSCLC), discusses its cost-effectiveness, and foresees the development of the Da Vinci robotic surgical system in the field of NSCLC.

Key words Non-small Cell Lung Cancer; Robot-assisted Thoracoscopic Surgery; Video-assisted Thoracic Surgery; Cost-effectiveness

20 世纪 80 年代随着腔镜技术的进步, 外科手术逐步进入了微创手术 (Minimally Invasive Surgery, MIS) 时代。然而, 由于腔镜及其手术器械的限制, 临床开展复杂外科手术时困难重重。为了克服腔镜技术的不足, Intuitive Surgical

公司于 1997 年成功研制了达芬奇机器人手术系统, 该手术机器人于 2000 年 7 月获得 FDA 批准, 并开始应用于临床实践。此后, 达芬奇机器人手术系统在世界范围内的临床实践中得到了广泛的应用。2002 年, Melfi F M 等人^[1]首先报道

基金项目: 国家自然科学基金 (22204152)

Foundation Item: National Natural Science Foundation of China(22204152)

通讯作者: 张哲, Email: zhang-elu@163.com

Corresponding Author: ZHANG Zhe, Email: zhang-elu@163.com

引用格式: 王树民, 李飞, 褚恒, 等. 达芬奇机器人手术系统在非小细胞肺癌手术中的成本效益分析 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2025, 6 (1): 149-154.

Citation: WANG S M, LI F, CHU H, et al. Cost-effectiveness analysis of Da Vinci robot-assisted surgery for non-small cell lung cancer [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(1): 149-154.

了在肺叶手术中使用达芬奇手术机器人，而我国第一例达芬奇机器人辅助胸腔镜手术（Robot-assisted Thoracic Surgery, RATS）于2009年在上海市胸科医院顺利完成^[2]。虽然已有一些研究表明RATS与电视胸腔镜外科手术（Video-assisted Thoracic Surgery, VATS）相比，其在淋巴结清扫效果、术中出血量、术后并发症发生率以及住院时间等方面都有一定的优势^[3-7]，但对RATS成本效益的研究相对较少。本文通过介绍达芬奇手术机器人，分析了其手术系统在治疗非小细胞肺癌（Non-small Cell Lung Cancer, NSCLC）的应用现状及发展前景。

1 达芬奇机器人手术系统的技术基础

目前国内最先进的机器人手术系统是第四代达芬奇机器人手术系统，其主要技术优势在于：①三维高清立体成像技术使得医生可以通过视频获得与人眼一致的立体空间感，缩短了手术时间，降低了手术风险^[8-9]。新的三维成像技术已成为规划和进行机器人辅助肺段切除术的重要组成部分，尤其适用于不断发展的机器人辅助平台^[10]。②EndoWrist技术和按比例缩小外科医生动作减量系统，使得医生的术中操作像开放手术一样灵活自如。机器人的滤震除颤功能更是提高了手术的灵活性、稳定性和精确性，使医生在有限的操作空间内完成各种难度较大的手术^[11]。③主刀医生可以坐在机器人手术操作台前，独立完成一个外科团队的手术操作，特别是在长时间的复杂手术中可以减轻术者疲劳。

然而，达芬奇手术机器人的成本较高，术中缺乏触觉反馈，且外科医生学习曲线较长^[12]。手术过程中缺失触觉反馈会影响手术的安全及准确性，医生的专业知识和经验可能会克服部分缺乏触觉反馈带来的影响，但仍然不能完全避免误伤器官、撕裂组织等风险。为解决这一问题，Abiri A等人^[13]专门设计了一个紧密模仿自然触觉的多模态气动反馈系统，帮助术者实现更接近人手的平均握力。

2 达芬奇机器人手术系统在NSCLC手术中的应用

2.1 手术适应证

RATS的肺癌手术适应证与VATS类似，肺癌的分期决定了手术方式、切除范围和淋巴结清扫等，除心、肝、肺、肾等重要脏器不能耐受手术、胸膜广泛转移以及脏器远处转移者外，RATS可做到与VATS一样的切除效果^[14]。目前，国内外开展的RATS治疗肺癌的主要术式有机器人辅助肺叶切除术、机器人辅助肺段切除术、机器人辅助肺楔形切除术及机器人辅助肺袖式切除术等^[14-16]。在成本方面RATS高于VATS，不建议将RATS用于非解剖性肺切除手术，如肺楔形切除手术^[17]，但在复杂肺部手术，如肺段切除术和肺袖式切除术中具有更佳的临床疗效^[5, 18-19]。还有一些研究发现，RATS对结核病、肺曲霉菌球、炎症性肿瘤和感染后支气管扩张症等良性疾病进行复杂切除的安全性较VATS更高^[7]。

2024年的一项Meta分析共纳入18篇文献，总计21 802例行RATS/VATS肺叶切除或肺段切除术的患者^[20]，结果表明RATS在治疗早期NSCLC的优势明显。此外，还有一些研究表明了RATS在治疗局部晚期NSCLC中的安全性^[21-22]，特别对于局部晚期行袖状切除术的肺癌患者来说，在遵循手术安全性和实现肿瘤R₀切除的原则下可优先选择RATS^[5]。

2.2 治疗效果

手术机器人在胸外科临床应用中的安全性及可行性已得到广泛证实，但其与胸腔镜的相对优势有待进一步探讨。2022年ZHOU JC等人^[3]研究对比了RATS与VATS的术后疗效，结果表明与VATS相比，RATS的手术时间更短 $[(125.61 \pm 35.79) \text{ min Vs } (139.44 \pm 33.28) \text{ min}, P < 0.05]$ ，术中失血量更少 $[(88.65 \pm 35.17) \text{ mL Vs } (103.45 \pm 28.94) \text{ mL}, P < 0.05]$ ，淋巴结清扫个数更多 $[(8.95 \pm 1.77) \text{ 个 Vs } (7.23 \pm 1.23) \text{ 个}, P < 0.05]$ ，同时RATS组的中转开胸手术（Open Thoracotomy, OT）率 $(2.32\% \text{ Vs } 6.89\%, P < 0.05)$ 、术后引流量 $[(1.17 \pm 1.05) \text{ mL Vs } (1.89 \pm 1.84) \text{ mL}, P < 0.05]$ 、术后引流时间 $[(4.01 \pm 1.02) \text{ d Vs } (4.97 \pm$

1.56)d, $P<0.05$]、住院时间 $[(6.15\pm 1.21) \text{ d Vs } (7.25\pm 2.36) \text{ d}, P<0.05]$ 、术后并发症发生率(1.16% Vs 4.59%, $P<0.05$)更低。一项回顾性研究证实^[23], RATS术后严重并发症发生率(3.40% Vs 8.10%, $P=0.001$)、肺部感染率(5.60% Vs 9.40%, $P=0.021$)、持续性肺漏气率(8.50% Vs 12.50%, $P=0.033$)要显著优于VATS, 提高了患者对手术效果的满意度。Kent M S等人^[24]收集了2013—2019年21家医院接受RATS的临床ⅠA~ⅢA期肺癌患者的回顾性数据, 该数据排除了新辅助治疗的病例, 结果表明RATS与VATS的术后并发症发生率和院内死亡率无明显差异, 但RATS的中转OT率较低, 住院时间更短, 术后输血率较低。

近期一项Meta分析共纳入50项研究, 总计4 047 135例患者, 研究发现^[25]RATS组的无进展生存期(Progression-free Survival, PFS)比VATS组长 $[HR=0.76, 95\% \text{ CI } (0.59\sim 0.97), P=0.03]$ 。另一项研究显示^[26], 对于35岁或以下的NSCLC患者, RATS组取得了与VATS组相当的PFS和总体生存率。Shahin G M M等人^[27]回顾性分析2015年1月—2020年1月接受RATS的ⅡB~ⅣA期NSCLC患者的临床资料, 在排除不可预见的N2组淋巴结转移患者后, 结果表明RATS治疗晚期NSCLC的安全性良好, 为侵袭性更强、体积更大的肿瘤患者提供了新的手术方案。

2.3 成本分析 多项研究报告显示, RATS比VATS的手术成本更高^[12, 28-30], 主要原因是RATS的设备采购及临床使用费用较高, 并且需定期维护和保养。2019年Feldstein J等人^[6]基于美国14家医院的数据和约6000例达芬奇机器人辅助手术病例进行分析, 发现达芬奇手术机器人的固定成本包括采购成本、运营成本及可变成本(包括手术机器人用品、非机器人辅助手术用品、手术时间和人工等), 其中手术机器人的固定成本是根据当前使用达芬奇机器人手术系统的标价确定的, 平均销售价格为147万美元, 年平均服务合同成本为15.40万美元。

关于RATS的住院费用, SUN T Y等人^[31]对比RATS与VATS肺叶切除术, 正如预测的那样, RATS组的住院总费用较高(16 728.35美元 Vs 10 713.47美元, $P<0.001$)。Wei B等人^[28]的研究显示每例RATS患者的总住院费用比VATS患者多3000~5000美元。此外, Swanson S J等人^[29]也指出, RATS的费用大约比VATS高了15%。Paul S等人^[30]比较了2008—2011年2478例RATS和37 595例VATS的手术成本, 分析发现RATS产生的额外成本主要来自于其专用器械的使用。此外, Kenawy D M等人^[32]通过对手术室工作人员的手术调查, 记录了71次手术时间延误, 平均增加直接成本 (225.52 ± 350.18) 美元, 占总住院费用的1.60%(0.00%~10.60%)。

Le Gac C等人^[33]对一位外科医生在5年内进行的RATS术进行了回顾性研究, 结果显示缺乏RATS经验的外科医生可能会产生更高的手术费用, 这主要与消耗的医疗物品和手术时间有关。本团队认为学习胸外科机器人辅助手术的医师应具备熟练的胸腔镜手术技巧, 但Gómez-Hernández M T等人^[34]对同一位主刀医生的手术记录进行了回顾性研究, 结果显示以往的胸腔镜手术经验在达芬奇机器人手术学习中并无明显帮助。因此, 学习曲线是影响手术成本的一个重要因素。

2.4 成本效益分析 众所周知, 医疗费用会因国家、地域和医保政策的不同而有所区别, RATS的成本效益也有所差异。

Novellis P等人^[35]回顾性评估了103例连续接受肺叶切除术或节段切除术的临床Ⅰ期或Ⅱ期NSCLC患者, 其中RATS、VATS和OT术式的成本分别占卫生服务报销的82%、68%和69%。Kajiwara N等人^[36]讨论了在日本国民健康保险制度下建立RATS的医疗费用制度的成本效益, 目前机器人辅助腹腔镜前列腺切除术和机器人辅助肾部分切除术可根据内镜手术使用的设备类别获得的保险报销金额分别为5420美元和3485美元, 如果对RATS应用相同的标准衡量, 某些医院每年需至少完成150~300例RATS术才能防止亏损。

Heiden B T 等人^[37]从医疗保健和社会角度两方面比较了 1 年内 RATS 和 VATS 的成本效益。从医疗保健的角度来看, RATS 的支付意愿 (Willingness to Pay, WTP) 阈值为 180 000.00 美元 / 质量调整生命年 (Quality Adjusted Life Year, QALY), 每例 RATS 比 VATS 贵了约 394.97 美元, 增量成本效益比为 180 755.10 美元, RATS 的成本效益不高。但从社会角度来看, RATS 在 15 万美元的 WTP 阈值下具有成本效益。该研究表明, 在手术机器人成本、住院时间、并发症发生率、死亡率、中转开胸率和生活质量结局有所改善的情况下, 即使 WTP 阈值较低, RATS 仍具有成本效益。

在英国, Lim E 等人^[38]对在 9 家医院接受 RATS 和 OT 的患者进行了为期 1 年的术后随访, 发现 RATS 组的术后 1 年生活质量优于 OT 组, 在 2 万英镑 / QALY 的 WTP 阈值下, RATS 具有成本效益的概率为 100%。此外, Patel Y S 等人^[39]也证实了 RATS 在早期随访内具有成本效益。CHEN D 等人^[23]从中国医疗支付的角度评估 RATS 相对于 OT 和 VATS 在可手术的 NSCLC 患者中的成本效益, 该研究结果显示, 与 OT、VATS 相比, RATS 在每 QALY 30 000 美元的预设 WTP 阈值下, RATS 的成本效益概率分别为 64% 和 21%。从中国医疗支付方的角度来看, 与 OT 相比, RATS 对于可手术的 NSCLC 患者具有成本效益, 但是 RATS 的成本效益低于 VATS。

3 讨论

提高 RATS 成本效益的关键在于降低 RATS 的手术成本。有学者提出了降低机器人辅助手术成本的建议, 他们认为供应链的管理优化可以提高工作效率, 降低器械的故障率, 从而降低机器人辅助手术的成本^[36]。Sanchez A 等人^[40]通过优化机器人手术室流程, 特别是优化手术器械, 使胸腔镜器械数量的使用减少 87%, 每年将节省约六位数的费用。此外, E H 等人^[41]的研究证明了在 RATS 中用 VATS 吻合器代替机器人吻合器的安全性及可行性, 特别是对于早期 NSCLC 患

者, 这种手术方式大大降低了手术成本。此外, 其他手术机器人也逐步进入了市场^[42], 将来可能会成为达芬奇手术机器人的补充甚至替代, 达芬奇手术机器人的成本有望下降。

LI J T 等人^[43]回顾性分析了 2013 年 5 月—2016 年 4 月由同一手术团队完成的 1075 例 (RATS 组 237 例, VATS 组 838 例) I 期 NSCLC 患者的临床资料, 排除前 20 例早期 RATS, 分析发现, 与 VATS 相比, RATS 手术时间较短, 引流量和失血量更少, 淋巴结的清扫数和站数更多, 引流管留置时间和术后住院时间更短。虽然 RATS 的学习曲线较长, 但术者熟练掌握 RATS 技巧后, 可缩短患者的手术时间和住院时间, 减少住院费用, 并实现了成本效益的增加。

还有学者指出^[44-47], 虽然 RATS 的住院费用较高, 但某些患者约一半的住院费用是在术后产生的, 特别是术后并发症的发生降低了 RATS 的成本效益。韩志伟等人^[48]探讨了加速康复外科理念 (Enhanced Recovery after Surgery, ERAS) 在达芬奇机器人辅助食管癌手术中的应用。研究结果显示, ERAS 组术后肺部感染发生率、手术时间、住院时间以及住院费用均低于或短于常规组, ERAS 降低了术后相关并发症发生率, 有效缩短住院时间, 节省住院费用, 减轻患者与社会的经济负担。如果外科医生能够结合 RATS 的技术优势及 ERAS 的理念, 熟练操作 RATS, 缩短手术时间, 降低手术成本, 减少常见但治疗费用较高的并发症的发生率, 那么 RATS 将会有显著的成本效益。

4 小结与展望

RATS 应选择合适的适应证, 制定最佳手术方案以及优化术后管理, 尽可能发挥 RATS 治疗 NSCLC 的优势, 从而实现成本效益的进一步提升^[23, 34-35, 49]。

达芬奇机器人手术系统是集医学、材料学、数字图像处理学、生物力学等多学科为一体的新型医疗器械, 其新技术代表了目前 MIS 的最新发展趋势。此外, 新的科学技术推动了机器

人手术的发展，如我国 5G 技术与国产手术机器人进行动物手术的成功案例^[50]证明了远程医疗手术的安全性，其能够弥补偏远地区医疗水平的不足，对于对医疗资源分配、市场开拓均有显著意义。

虽然我国手术机器人起步较晚，许多产品仍处于研发、临床试验阶段，但是我国政府及多家企业近年来对医疗健康行业给予了高度重视，正逐步加大对国产医用手术机器人研发项目的投入^[51]。在人才、技术和资金等通力协作下，未来国产机器人手术系统一定会不断更新和完善^[52]，其在胸外科领域也会得到更广泛的应用和发展，以真正实现疾病根治及成本效益的提高。

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明：王树民负责设计论文框架，起草论文；李飞、褚恒负责论文修改；张哲负责拟定写作思路，指导撰写文章并最后定稿。

参考文献

- Melfi F M, Menconi G F, Mariani A M, et al. Early experience with robotic technology for thoracoscopic surgery[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2002, 21(5): 864–868.
- ZHAO X, QIAN L, LIN H, et al. Robot-assisted lobectomy for non-small cell lung cancer in China: initial experience and techniques[J]. *J Thorac Dis*, 2010, 2(1): 26–28.
- ZHOU J C, WANG W P, WU S Q, et al. Clinical efficacy of thoracoscopic surgery with the Da Vinci surgical system versus video-assisted thoracoscopic surgery for lung cancer[J]. *J Oncol*, 2022. DOI: 10.1155/2022/5496872.
- LIU X, XU S, LIU B, et al. Survival analysis of stage I non-small cell lung cancer patients treated with Da Vinci robot-assisted thoracic surgery[J]. *Zhongguo Fei Ai Za Zhi*, 2018, 21(11): 849–856.
- LIU X, SUN T, HONG T, et al. Experience of thoracotomy and robot-assisted bronchial sleeve resection after neoadjuvant chemioimmunotherapy for local advanced central lung cancer[J]. *Zhongguo Fei Ai Za Zhi*, 2022, 25(2): 71–77.
- Feldstein J, Schwander B, Roberts M, et al. Cost of ownership assessment for a Da Vinci robot based on US real-world data[J]. *Int J Med Robot*, 2019, 15(5): e2023.
- Khan A Z, Khanna S, Agarwal N, et al. Robotic thoracic surgery in inflammatory and infective diseases[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2019, 8(2): 241–249.
- Byrn J C, Schluender S, Divino C M, et al. Three-dimensional imaging improves surgical performance for both novice and experienced operators using the Da Vinci Robot System[J]. *Am J Surg*, 2007, 193(4): 519–522.
- JIANG Y, SU Z, LIANG H, et al. Video-assisted thoracoscopy for lung cancer: who is the future of thoracic surgery?[J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12(8): 4427–4433.
- Krause K, Schumacher L Y, Sachdeva U M. Advances in imaging to aid segmentectomy for lung cancer[J]. *Surg Oncol Clin N Am*, 2022, 31(4): 595–608.
- Lee C, Park Y H, Yoon C, et al. A grip force model for the da Vinci end-effector to predict a compensation force[J]. *Med Biol Eng Comput*, 2015, 53(3): 253–261.
- Amodeo A, Linares Quevedo A, Joseph J V, et al. Robotic laparoscopic surgery: cost and training[J]. *Minerva Urol Nefrol*, 2009, 61(2): 121–128.
- Abiri A, Pensa J, Tao A, et al. Multi-modal haptic feedback for grip force reduction in robotic surgery[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 5016.
- 袁野, 金润森, 李鹤成. 机器人在肺癌外科的现状和展望[J]. *临床外科杂志*, 2020, 28(7): 601–604.
- Perroni G, Veronesi G. Robotic segmentectomy: indication and technique[J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12(6): 3404–3410.
- Scheiner J A, Jiang J, Chang S H, et al. Extended robotic pulmonary resections[J]. *Front Surg*, 2021. DOI: 10.3389/fsurg.2021.597416.
- 罗清泉, 王述民, 李鹤成, 等. 机器人辅助肺癌手术中国临床专家共识[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2020, 27(10): 1119–1126.
- Zhou N, Corsini E M, Antonoff M B, et al. Robotic surgery and anatomic segmentectomy: an analysis of trends, patient selection, and outcomes[J]. *Ann Thorac Surg*, 2022, 113(3): 975–983.
- LI C, ZHOU B, HAN Y, et al. Robotic sleeve resection for pulmonary disease[J]. *World J Surg Oncol*, 2018, 16(1): 74.
- WANG P, FU Y H, QI H F, et al. Evaluation of the efficacy and safety of robot-assisted and video assisted thoracic surgery for early non-small cell lung cancer: a Meta-analysis[J]. *Technol Health Care*, 2024, 32(2): 511–523.
- Baig M Z, Razi S S, Agyabeng-Dadzie K, et al. Robotic-assisted thoracoscopic surgery demonstrates a lower rate of conversion to thoracotomy than video-assisted thoracoscopic surgery for complex lobectomies[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2022. DOI: 10.1093/ejcts/ezac281.
- PAN H, ZOU N, TIAN Y, et al. Short-term outcomes of robot-assisted versus video-assisted thoracoscopic surgery for non-small cell lung cancer patients with neoadjuvant immunochemotherapy: a single-center retrospective study[J]. *Front Immunol*, 2023. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1228451.
- CHEN D, KANG P, TAO S, et al. Cost-effectiveness evaluation of robotic-assisted thoracoscopic surgery versus open thoracotomy and video-assisted thoracoscopic surgery for operable non-small cell lung cancer[J]. *Lung Cancer*, 2021. DOI: 10.1016/j.lungcan.2020.12.033.
- Kent M S, Hartwig M G, Vallières E, et al. Pulmonary open, robotic, and thoracoscopic lobectomy (PORTaL) study: an analysis of 5721 cases[J]. *Ann Surg*, 2023, 277(3): 528–533.
- WU H, JIN R, YANG S, et al. Long-term and short-term outcomes of robot-versus video-assisted anatomic lung resection in lung cancer: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2021, 59(4): 732–740.
- PAN H, ZHANG J, TIAN Y, et al. Short- and long-term outcomes of robotic-assisted versus video-assisted thoracoscopic lobectomy in non-small cell lung cancer patients aged 35 years or younger: a real-world study with propensity score-matched analysis[J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2023, 149(12): 9947–9958.
- Shahin G M M, Vos P W K, Hutteman M, et al. Robot-assisted thoracic surgery for stages IIB-IVA non-small cell lung cancer: retrospective study of feasibility and outcome[J]. *J Robot Surg*, 2023, 17(4): 1587–1598.
- Wei B, Eldaif S M, Cerfolio R J. Robotic lung resection for non-small cell lung cancer[J]. *Surg Oncol Clin N Am*, 2016, 25(3): 515–531.
- Swanson S J, Miller D L, McKenna R J Jr, et al. Comparing robot-assisted thoracic surgical lobectomy with conventional video-assisted thoracic surgical lobectomy and wedge resection: results from a

- multihospital database(Premier)[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2014, 147(3): 929-937.
- [30] Paul S, Jalbert J, Isaacs A J, et al. Comparative effectiveness of robotic-assisted vs thoracoscopic lobectomy[J]. Chest, 2014, 146(6): 1505-1512.
- [31] SUN T Y, XIE C L, TAN Z, et al. Short-term outcomes of robotic lobectomy versus video-assisted lobectomy in patients with pulmonary neoplasms[J]. Thorac Cancer, 2023, 14(16): 1512-1519.
- [32] Kenawy D M, Ackah R L, Abdel-Rasoul M, et al. Preventable operating room delays in robotic-assisted thoracic surgery: identifying opportunities for cost reduction[J]. Surgery, 2022, 172(4): 1126-1132.
- [33] Le Gac C, Gondé H, Gillibert A, et al. Medico-economic impact of robot-assisted lung segmentectomy: what is the cost of the learning curve?[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2020, 30(2): 255-262.
- [34] Gómez-Hernández M T, Fuentes M G, Novoa N M, et al. The robotic surgery learning curve of a surgeon experienced in video-assisted thoracoscopic surgery compared with his own video-assisted thoracoscopic surgery learning curve for anatomical lung resections[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2022, 61(2): 289-296.
- [35] Novellis P, Bottoni E, Voulas E, et al. Robotic surgery, video-assisted thoracic surgery, and open surgery for early stage lung cancer: comparison of costs and outcomes at a single institute[J]. J Thorac Dis, 2018, 10(2): 790-798.
- [36] Kajiwaru N, Kato Y, Hagiwara M, et al. Cost-benefit performance simulation of robot-assisted thoracic surgery as required for financial viability under the 2016 revised reimbursement paradigm of the Japanese national health insurance system[J]. Ann Thorac Cardiovasc Surg, 2018, 24(2): 73-80.
- [37] Heiden B T, Mitchell J D, Rome E, et al. Cost-effectiveness analysis of robotic-assisted lobectomy for non-small cell lung cancer[J]. Ann Thorac Surg, 2022, 114(1): 265-272.
- [38] Lim E, Harris R A, McKeon H E, et al. Impact of video-assisted thoracoscopic lobectomy versus open lobectomy for lung cancer on recovery assessed using self-reported physical function: VIOLET RCT[J]. Health Technol Assess, 2022, 26(48): 1-162.
- [39] Patel Y S, Baste J M, Shargall Y, et al. Robotic lobectomy is cost-effective and provides comparable health utility scores to video-assisted lobectomy: early results of the RAVAL trial[J]. Ann Surg, 2023, 278(6): 841-849.
- [40] Sanchez A, Herrera L, Teixeira A, et al. Robotic surgery: financial impact of surgical trays optimization in bariatric and thoracic surgery[J]. J Robot Surg, 2023, 17(1): 163-167.
- [41] E H, Yang C, Wu J, et al. Hybrid uniportal robotic-assisted thoracoscopic surgery using video-assisted thoracoscopic surgery staplers: technical aspects and results[J]. Ann Cardiothorac Surg, 2023, 12(1): 34-40.
- [42] Hofmann H S. Robotic-assisted Thoracic Surgery: Currently Available Standard Systems and Future Developments[J]. Zentralbl Chir, 2023, 148(S 01): S11-S16.
- [43] LI J T, LIU P Y, HUANG J, et al. Perioperative outcomes of radical lobectomies using robotic-assisted thoracoscopic technique vs. video-assisted thoracoscopic technique: retrospective study of 1, 075 consecutive p-stage I non-small cell lung cancer cases[J]. J Thorac Dis, 2019, 11(3): 882-891.
- [44] Brunelli A, Chapman K, Pompili C, et al. Ninety-day hospital costs associated with prolonged air leak following lung resection[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2020, 31(4): 507-512.
- [45] Kneuert P J, Singer E, D'souza D M, et al. Hospital cost and clinical effectiveness of robotic-assisted versus video-assisted thoracoscopic and open lobectomy: a propensity score-weighted comparison[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2019, 157(5): 2018-2026.e2.
- [46] Cohan G N, Lu M, Ruppert K M, et al. Activity-based cost analysis of robotic anatomic lung resection during program implementation[J]. Ann Thorac Surg, 2022, 113(1): 244-249.
- [47] Kneuert P J, Singer E, D'souza D M, et al. Postoperative complications decrease the cost-effectiveness of robotic-assisted lobectomy[J]. Surgery, 2019, 165(2): 455-460.
- [48] 韩志伟, 蔺瑞江, 马敏杰, 等. 加速康复外科理念在达芬奇机器人食管癌 McKeown 手术中应用的回顾性队列研究 [J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2023, 30(10): 1415-1421.
- [49] 张璇, 曾昭宇, 程弓, 等. 达芬奇手术机器人从引进到使用过程中的科学管理 [J]. 北京生物医学工程, 2021, 40(1): 101-104.
- [50] FAN S, XU W, DIAO Y, et al. Feasibility and safety of dual-console telesurgery with the KangDuo surgical robot-01 system using fifth-generation and wired networks: an animal experiment and clinical study[J]. Eur Urol Open Sci, 2023. DOI: 10.1016/j.euros.2022.12.010.
- [51] 郭超, 张家齐, 李楨, 等. 医疗机器人在肺部小结节诊疗中的应用现状及前景展望 [J]. 中华胸部外科电子杂志, 2022, 9(1): 35-40.
- [52] Reddy K, Gharde P, Tayade H, et al. Advancements in robotic surgery: a comprehensive overview of current utilizations and upcoming frontiers[J]. Cureus, 2023, 15(12): e50415.

收稿日期: 2023-10-07

编辑: 魏小艳

郑重声明

近期有不法分子利用虚假非法网站借本刊编辑部名义进行诈骗活动, 发送组稿、录用通知和期刊订阅等信息, 请各位作者认清本刊唯一官方网站 www.jqrwxzz.com, 邮箱: jqrwxzz@163.com, 以避免给您造成不必要的麻烦。咨询电话: 029-87286478。

本刊编辑部