

卓越医见:手术机器人和机器人手术

DOI:10.13406/j.cnki.cyx.004018

机器人辅助手术在食管癌 Ivor-Lewis 手术中的应用现状与未来展望

王希鹏,李成强,曹羽钦,郭威,李鹤成
(上海交通大学医学院附属瑞金医院胸外科,上海 200025)



【摘要】Ivor-Lewis 手术是治疗胸腹段食管癌的经典术式,随着微创外科的快速发展,机器人辅助食管切除术(robot-assisted minimally invasive esophagectomy, RAMIE)逐渐成为胸外科领域的重要创新。机器人系统以其高清三维视野、灵活操作及高稳定性,弥补了传统胸腔镜手术(minimally invasive esophagectomy, MIE)在复杂解剖区域操作受限的不足,为胸内食管切除与食管-胃吻合提供了新技术路径。国内外多项研究显示,机器人辅助 Ivor-Lewis 食管切除术(robot-assisted Ivor-Lewis esophagectomy, RAILE)在淋巴结清扫的彻底性、胸内吻合的精确性以及术中并发症控制方面具有优势;但同时仍存在手术耗时长、学习曲线陡峭、费用高昂等问题。未来,随着机器人系统的迭代升级、人工智能与影像导航技术的融合,以及多中心循证医学证据的积累,RAILE 有望在食管癌的外科治疗中发挥更为核心的作用。

【关键词】食管癌;机器人辅助食管切除术;Ivor-Lewis 手术

【中图分类号】R735.42;R735.5

【文献标志码】A

Robot-assisted Ivor-Lewis esophagectomy in treatment of esophageal cancer: current status and future perspectives

Wang Xipeng, Li Chengqiang, Cao Yuqin, Guo Wei, Li Hecheng

(Department of Thoracic Surgery, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine)

【Abstract】The Ivor-Lewis procedure remains a classic surgical procedure in the treatment of thoracoabdominal esophageal cancer, and with the rapid development of minimally invasive surgery, robot-assisted minimally invasive esophagectomy has emerged as a significant innovation in thoracic surgery. Robotic systems provide high-definition three-dimensional visualization, enhanced dexterity, and superior stability, overcoming the limitations of conventional minimally invasive esophagectomy in complex anatomical regions and providing a new technical path for intrathoracic esophagectomy and esophagogastric anastomosis. Many studies in China and globally have shown that robot-assisted Ivor-Lewis esophagectomy offers advantages in thorough lymph node dissection, precise intrathoracic anastomosis, and effective control of intraoperative complications; nevertheless, there are still challenges such as a long time of operation, a steep learning curve, and high costs. In the future, with the continuous upgrades of robotic systems, the integration of artificial intelligence and image-guided navigation, and the accumulation of multicenter evidence-based medicine data, RAILE is expected to play an increasingly central role in the surgical treatment of esophageal cancer.

【Key words】esophageal cancer; robot-assisted minimally invasive esophagectomy; Ivor-Lewis esophagectomy

作者简介:王希鹏, Email: wangxipeng5738@163.com,

研究方向:肺癌、食管癌、纵隔肿瘤等临床与基础研究。

通信作者:李鹤成,上海交通大学医学院附属瑞金医院胸外科主任,教授、主任医师、博士生导师,首届“上海杰出人才”获得者,享国务院政府特殊津贴。现任中国医师协会第五届理事、中国医师协会胸外科医师分会副会长、美国外科协会(FACS)成员、美国胸心血管外科协会(AATS)成员等。曾入选第六届“国之名医”、上海市领军人才、上海市五一劳动奖章、上海市医务工匠、上海市优秀学科带头人、上海市优秀学术带头人、上海市启明星及跟踪计划等。Email: lihecheng2000@hotmail.com。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:82372855)。

优先出版: <https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20251225.1636.006>

(2025-12-29)

食管癌是全球常见的消化道恶性肿瘤之一,具有发病率高、死亡率高以及明显的地区差异等流行病学特征。根据 GLOBOCAN 2022 的数据^[1],食管癌在全球范围内的发病率位列第 11 位,癌症相关死亡率居第 7 位。我国属于高发地区,2016 年的统计结果显示^[2],食管癌在中国的恶性肿瘤中发病率排名第 6 位,死亡率位列第 5 位,以鳞癌为主要病理类型,且多数患者在确诊时已属局部晚期。根治性手术仍是胸腹段食管癌治疗的关键措施,其核心目标在于完整切除病灶并清扫区域淋巴结,从而实现局部控制、延长生存并改善患者生活质量。传统的开放性食管切除通常采用胸、腹或颈部联合切口完成,手术创伤大,围手术期并发症风险较高,且患者术后康复时间较长^[3]。

随着微创外科技术的普及,微创食管切除术(minimally invasive esophagectomy, MIE)逐渐在临床得到广泛应用。与

传统开放手术相比, MIE 在减少手术创伤、减轻术后疼痛、降低并发症发生率及缩短住院时间方面展现出一定优势^[4]。在 MIE 的常用术式中, 两切口食管癌胸内吻合术 (Ivor-Lewis 术) 与三切口食管癌颈部吻合术 (McKeown 术) 最为常见。有研究指出, Ivor-Lewis 术在短期并发症控制方面优于 McKeown 术^[5], 而两者在远期生存方面差异并不显著^[6]。目前, Ivor-Lewis 术已成为国内较常采用的食管癌根治方式之一。其操作不仅涉及肿瘤切除, 还包括系统的淋巴结清扫和消化道重建。然而, 腔镜辅助微创食管切除术 (video-assisted minimally invasive esophagectomy, VAMIE) 存在二维视野、长直刚性器械以及主刀需要依赖助手控制镜头等局限性, 这些局限性在腔镜胸内吻合的 Ivor-Lewis 术中愈加凸显, 给上述复杂操作带来困难^[7], 且其学习曲线较长^[8-9]。

作为新一代微创平台, 达芬奇机器人手术系统具备高清三维成像、多自由度操作及运动稳定性等优势, 能够帮助外科医生在狭窄的纵隔空间中完成复杂且精细的操作。2003 年, 机器人技术首次被应用于食管癌外科治疗^[10]。近期研究显示, 与传统腔镜 Ivor-Lewis 手术相比, 机器人辅助 Ivor-Lewis 手术 (robot-assisted Ivor-Lewis esophagectomy, RAILE) 的学习曲线明显缩短^[11]。瑞金医院胸外科自 2015 年 5 月起开展 RAILE^[11-15], 至今已积累了丰富的实践经验。本文将围绕 RAILE 的研究现状与进展、技术优势与不足及未来发展趋势进行综述与展望。

1 研究现状与进展

机器人辅助食管切除术 (robot-assisted minimally invasive esophagectomy, RAMIE) 的应用越来越广泛。近年来, 随着临床医疗技术的不断发展和进步, 机器人手术系统应用于食管癌根治术的临床研究及相关报道越来越多, RAMIE 已取得了较好的临床效果^[16-17]。多数研究表明, RAMIE 在减轻围术期创伤、减少并发症、术中失血量及术后恢复方面, 相对于开放手术或传统胸腔镜辅助食管切除 (MIE/VAMIE) 具有优势。其中以 van der Sluis PC 等^[18]进行的 ROBOT 试验最具代表性, 该研究共纳入 112 例可切除胸内食管癌患者, 随机分配至 RAMIE 与开放胸腹食管切除术 (open transthoracic esophagectomy, OTE) 组。结果显示, RAMIE 术组的总体手术相关并发症发生率为 59%, 而 OTE 组为 80% ($RR=0.74$, $95\%CI=0.57-0.96$; $P=0.020$), 术中出血显著减少 (400 mL vs. 568 mL; $P<0.001$), 肺部并发症及心脏并发症发生频率均低于开放组, 术后疼痛评分及短期生活质量改善更显著。肿瘤学中期 (中位随访期约 40 个月) 显示 RAMIE 与 OTE 在总体生存 (overall survival, OS) 与疾病-无复发生存 (disease-free survival, DFS) 方面无显著差异。系统性的荟萃分析与对比研究也支持类似结论。Manigrasso M 等^[19]在其荟萃分析中比较 RAMIE 与 VAMIE/OE 在术中、短期及肿瘤学结局上的差异, 发现与开放手术相比, RAMIE 显著降低术中失血、降低肺部并发症与伤口感染率, 并提高手术中淋巴结清扫数量; 与常规 MIE/VAMIE 比较, 在肺部并发症上有一定改善, 但在吻合口漏率、术时间等方面差异不一。此外, 在 1 项包含 21 篇文章、9 355 例患者的系统评价与荟萃分析中^[20], RAMIE 与 VAMIE 的对比显示: RAMIE 肺部并发症发生率较低; 但在淋巴结清扫数 (lymph node harvest)、吻合口漏 (anastomotic leak)、喉返神经损伤 (RLN palsy)、总并发症率及 90 d 死亡率方面, 两者相差不大。与开放术式相比, RAMIE 的术中出血减少, 但手术时间通常更长。关于长期肿瘤学结局, de Groot EM 等^[21]在 ROBOT 试验的后续随访研究中证实, 在约 60 个月中位随访期间, RAMIE 与 OTE 在 5 年整体生存率和疾病-无复发生存率上的差异无统计学意义; 2 组总体复发率与复发模式也非常相似。在技术关键点方面, 不同研究对食管远端离断方式、胃管血供保护与胃管制作、纵隔淋巴结清扫 (尤其喉返神经区与气管旁淋巴结), 以及胸内吻合方式 (线性侧-侧 stapled、圆形端-端 stapled 或手缝方式) 进行了比较。系统评价表明, 线性吻合 stapled 方法在某些系列中与较低的吻合口漏发生率相关, 但手缝吻合在经验丰富团队中也可获得可接受漏率; 胃管血供评估 (例如术中荧光染料/ICG 影像技术) 是目前提升吻合安全性的重要辅助手段之一^[22]。短期结局的主要优点还包括住院时间缩短、术后疼痛减轻、术后功能恢复较快。多个对比研究显示, 在肺部并发症、整体并发症率上 RAMIE 相对于传统开放术式有显著优势; 与 VAMIE 比较则在某些结果指标上 (如肺部并发症) 也具有一定优势, 但整体并发症与吻合口漏率的差异在不同中心、不同经验水平间异质性较大^[20]。

常见的 RAMIE 手术方式主要包括经右胸-上腹-左颈入路的机器人辅助 McKeown 术 (robot-assisted McKeown esophagectomy, RAMKE) 和经上腹-右胸入路的 RAILE。对于中下段食管癌的治疗来说, RAILE 具有一定的优势。2002 年, Melvin WS 等^[23]首次报道了 RAILE 的可行性, 该术式能够在胸腔镜下完成复杂的胸内吻合, 从而较好地解决了传统胸腔镜手术中手工缝合或机械吻合难度较大的问题。随后, de la Fuente SG 等^[24]在 2013 年发表的 1 项临床研究中, 分析了 50 例接受 RAILE 的患者, 结果显示其在围术期指标方面表现良好, 进一步证实了该术式的安全性与可行性。2018 年本中心的 1 项回顾性研究纳入 61 例 RAILE 患者, 其中 35 例采用管状吻合器吻合, 26 例进行手工胸内吻合, 结果显示平均手术时间 (315.6 ± 59.4) min, 平均失血量 (189.3 ± 95.8) mL, 术后并发症发生率为 36.1%, 平均淋巴结清扫数为 (19.3 ± 9.2) 枚, 所有病例均实现 R0 切除, 且围术期无死亡病例, 表明 RAILE 无论联合吻合器还是手工缝合均可取得满意的安全性和肿瘤根治性^[13]。2024 年, 笔者探究了外科助手对 RAILE 术后并发症的影响^[15], 研究回顾性研究纳入 97 例接受 RAILE 的患者, 比较不同助手对术后并发症的影响。结果显示, 3 组在吻合口瘘、肺炎、气胸、心脏并发症、乳糜胸及声带麻痹等方面无显著差异, 仅助手 C 组胸腔积液发生率较高。总体而言, RAILE 术式安全且有效, 经验相似的助手对 RAILE 并发症影响有限。在更大样本量的研究中, Kingma BF 等^[25]于 2022 年开展的 1 项多中心研究共纳入 856 例食管癌患者, 比较了完全 RAILE、杂交 RAILE、完全 RAMKE 及杂交 RAMKE 4 种术式, 结果显示 4 组患者均可获得较理想的淋巴结清扫数目与较低的并发症发生率, 从而进一步验证了 RAILE 的安全性与有效性。这些证据表明, RAILE 已成为中下段食管癌手术的一种有前景的选择, 但仍需更多前瞻性、多中心随机对照试验进一步确立其长期疗效与优势。

总体来说, 当前研究中仍存在若干限制: 多数研究为回顾性设计或观察性队列, 中心体量与经验差异大; 对于

RAMIE 特定术式的研究较少,长期生存、无病生存以及复发率等肿瘤学结局尚未在大型多中心随机对照试验中充分验证,并且缺乏 10 年以上长期随访数据以验证其远期肿瘤学获益,因此仍需进一步随访研究予以明确;吻合方式、经验水平及患者选择等对术后并发症,尤其吻合口漏的影响仍未达成共识。

2 技术优势与瓶颈

RAMIE 在食管癌 Ivor-Lewis 术式中展现出显著的技术优势。首先,机器人系统提供三维高清放大视野,使外科医生能够更精确地识别食管周围的解剖结构,尤其在纵隔狭窄区域操作时表现突出。研究表明,RAILE 在淋巴结清扫方面优于传统手术方式^[26],尤其在喉返神经区清扫中,机器人系统的灵活性和震动过滤机制有助于减少神经牵拉损伤,从而提高手术的安全性。此外,结合术中荧光成像(如吲哚菁绿 ICG 荧光导航)可实时评估胃管血供及吻合口灌注状况,对降低吻合口漏风险具有积极作用。机器人手术器械多自由度的关节设计和高精度运动控制,使胸内缝合与吻合更加精准,吻合张力均匀,有助于减少术中出血与吻合相关并发症。平台的臂稳定性与震动过滤功能还可在长时间操作中保持稳定,从而提高复杂操作的安全性与一致性^[27]。

然而,RAILE 也存在一些局限性。手术时间相对较长是普遍问题之一,尤其在团队完成学习曲线之前,操作效率受限,围术期资源消耗较高。与传统 MIE 相比,机器人手术成本显著增加,包括设备购置、耗材使用及维护费用,这在一定程度上限制了广泛推广。此外,RAILE 对设备依赖性较强,术中若出现系统故障或突发出血等情况,团队需具备快速转换为开放或腔镜模式的能力,因此术者应接受系统化的应急演练与转换流程培训。这些因素在一定程度上增加了初期推广的复杂性和风险管理要求^[28],RAILE 与 VAMIE 的主要比较见表 1。

3 未来发展方向与思路

RAMIE 在食管癌 Ivor-Lewis 术中的应用已逐渐进入临床常态化阶段,但其未来发展仍依赖多方面的技术迭代和循证证据的积累。技术层面,随着新一代国产手术机器人系统的快速发展,设备性能不断优化,部分平台已在临床验证阶段显示出稳定性与操作性不逊于进口系统。同时,多孔或单

孔机器人平台^[29-30]和小型化器械的研发,有望在保证操作灵活性的同时,进一步减少创伤和改善术后恢复,为胸腹联合操作提供更优解。循证医学方面,目前关于 RAMIE 与传统 MIE 在短期并发症、长期生存及生活质量上的比较仍以单中心、回顾性研究为主,存在一定局限。未来亟需开展多中心、大样本、前瞻性随机对照研究,以明确 RAILE 在围术期安全性、肿瘤根治性和长期疗效上的真实价值,形成循证医学证据基础。智能外科的概念也将在 RAMIE 的推广中扮演重要角色。随着人工智能和大数据技术的融入,手术过程中的实时图像导航、术中荧光成像及增强现实技术将有助于实现更精准的淋巴结清扫和个体化手术策略。未来,基于 AI 的手术规划与风险预测模型也有望辅助术者决策,进一步提升手术安全性和效率。团队建设与推广同样是机器人 Ivor-Lewis 手术发展的核心环节。建立标准化的手术路径、并发症防控流程以及系统化的培训体系,将有助于缩短学习曲线并促进不同中心之间经验共享。此外,区域协作网络和多学科团队(MDT)模式也将推动 RAMIE 的均衡发展 and 临床普及,最终实现“高水平中心引领、区域中心推广”的格局。

总体而言,RAMIE 在食管癌 Ivor-Lewis 术式中的应用仍处于快速发展阶段。随着技术革新、循证证据积累和培训体系建设的推进,RAILE 有望在未来成为胸腹段食管癌手术的主流模式之一。

4 结语

RAMIE 在食管癌 Ivor-Lewis 手术中的应用,经过近 20 年的不断发展,已逐渐从探索阶段走向临床实践。现有证据表明,该术式在围术期安全性、胸内吻合的可操作性以及纵隔淋巴结清扫的精细化方面均显示出独特优势,为中下段食管癌患者提供了新的治疗选择。然而,目前仍存在手术时间较长、成本较高以及缺乏大规模循证医学证据等瓶颈问题,亟待通过多中心、前瞻性研究加以验证与优化。

本团队近年来积极探索机器人 Ivor-Lewis 手术的临床路径,在学习曲线、手术操作规范及围术期管理方面积累了宝贵经验,并取得了初步成果。这不仅为进一步推广 RAILE 奠定了基础,也为未来开展多中心协作研究提供了实践依据。

基于现有循证证据与技术进步趋势,展望未来,随着国产新一代手术机器人系统的逐步应用、术中影像导航与人工智能技术的融合,以及标准化培训体系的建立,RAILE 有望在未来成为中下段食管癌外科治疗的重要选项之一,并在提

表 1 RAILE 与 VAMIE 的主要比较

比较项目	VAMIE	RAILE
视野与操作维度	二维视野、器械刚性大	三维放大视野,多自由度机械臂操作
淋巴结清扫	局部操作受限	清扫更精准,尤其在喉返神经区表现突出
胸内吻合	难度较大,依赖助手协作	机械或手工吻合更精准稳定
吻合口漏风险	相对较高	可结合 ICG 荧光导航实时评估血供,降低漏率
术中出血量	相对较多	出血量显著减少
手术时间	相对较短	初期略长,随经验积累逐步缩短
手术成本	较低	较高,受设备及耗材价格影响
学习曲线	平缓	相对陡峭,需系统培训与团队协作
设备依赖性	中等	高,需具备开放或腔镜应急转换能力
远期疗效	数据较为充足	长期随访数据仍有限,需进一步验证

高手术精细化与患者长期预后方面发挥关键作用。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 王希鹏:负责文章初稿撰写;李成强、曹羽钦、郭威:负责监督及审阅修改;李鹤成:负责总体指导并担任通信作者

参 考 文 献

- [1] Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022; GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2024, 74(3):229-263.
- [2] Zheng RS, Zhang SW, Zeng HM, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2016[J]. *J Natl Cancer Cent*, 2022, 2(1):1-9.
- [3] Hsu PK, Huang CS, Wu YC, et al. Open versus thoracoscopic esophagectomy in patients with esophageal squamous cell carcinoma[J]. *World J Surg*, 2014, 38(2):402-409.
- [4] Biere SSAY, van Berge Henegouwen MI, Maas KW, et al. Minimally invasive versus open oesophagectomy for patients with oesophageal cancer: a multicentre, open-label, randomised controlled trial[J]. *Lancet*, 2012, 379(9829):1887-1892.
- [5] van Workum F, Slaman AE, van Berge Henegouwen MI, et al. Propensity score-matched analysis comparing minimally invasive Ivor Lewis versus minimally invasive mckeown esophagectomy[J]. *Ann Surg*, 2020, 271(1):128-133.
- [6] Junttila A, Helminen O, Helmiö M, et al. Five-year survival after McKeown compared to Ivor-Lewis esophagectomy for esophageal cancer: a population-based nationwide study in Finland[J]. *Ann Surg*, 2023, 277(6):964-970.
- [7] Bizakis C, Kent MS, Luketich JD, et al. Initial experience with minimally invasive Ivor Lewis esophagectomy[J]. *Ann Thorac Surg*, 2006, 82(2):402-406.
- [8] Claassen L, Hannink G, Luyer MDP, et al. Learning curves of Ivor Lewis totally minimally invasive esophagectomy by hospital and surgeon characteristics: a retrospective multinational cohort study[J]. *Ann Surg*, 2022, 275(5):911-918.
- [9] van Workum F, Stenstra MHBC, Berkelmans GHK, et al. Learning curve and associated morbidity of minimally invasive esophagectomy: a retrospective multicenter study[J]. *Ann Surg*, 2019, 269(1):88-94.
- [10] Giulianotti PC, Coratti A, Angelini M, et al. Robotics in general surgery: personal experience in a large community hospital[J]. *Arch Surg*, 2003, 138(7):777-784.
- [11] Han Y, Zhang YJ, Zhang WT, et al. Learning curve for robot-assisted Ivor Lewis esophagectomy[J]. *Dis Esophagus*, 2022, 35(2):doab026.
- [12] Jin RS, Xiang J, Han DP, et al. Robot-assisted Ivor-Lewis esophagectomy with intrathoracic robot-sewn anastomosis[J]. *J Thorac Dis*, 2017, 9(11):990-993.
- [13] Zhang Y, Xiang J, Han Y, et al. Initial experience of robot-assisted Ivor-Lewis esophagectomy: 61 consecutive cases from a single Chinese institution[J]. *Dis Esophagus*, 2018, 31(12):10.1093.
- [14] Zhang YJ, Han Y, Gan QY, et al. Early outcomes of robot-assisted versus thoracoscopic-assisted Ivor Lewis esophagectomy for esophageal cancer: a propensity score-matched study[J]. *Ann Surg Oncol*, 2019, 26(5):1284-1291.
- [15] Wang XP, Lu T, Guo W, et al. The impact of surgical assistants on postoperative complications in robot-assisted Ivor-Lewis esophagectomy for esophageal carcinoma[J]. *Front Surg*, 2024, 11:1492651.
- [16] Grimmer PP, van der Horst S, Ruurda JP, et al. Surgical robotics for esophageal cancer[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2018, 1434(1):21-26.
- [17] Kanamori J, Watanabe M, Maruyama S, et al. Current status of robot-assisted minimally invasive esophagectomy: what is the real benefit?[J]. *Surg Today*, 2022, 52(9):1246-1253.
- [18] van der Sluis PC, van der Horst S, May AM, et al. Robot-assisted minimally invasive thoracoscopic esophagectomy versus open transthoracic esophagectomy for resectable esophageal cancer: a randomized controlled trial[J]. *Ann Surg*, 2019, 269(4):621-630.
- [19] Manigrasso M, Vertaldi S, Marelli A, et al. Robotic esophagectomy: a systematic review with meta-analysis of clinical outcomes[J]. *J Pers Med*, 2021, 11(7):640.
- [20] 尹钰恒, 王雨雯, 范捷, 等. 基于可解释机器学习的肝硬化患者早期并发食管静脉曲张风险预测研究[J]. *重庆医科大学学报*, 2025, 50(3):389-396.
- Yin YH, Wang YW, Fan J. Predicting the risk of early esophageal varices in patients with liver cirrhosis based on explainable machine learning[J]. *J Chongqing Med Univ*, 2025, 50(3):389-396.
- [21] de Groot EM, van der Horst S, Kingma BF, et al. Robot-assisted minimally invasive thoracoscopic esophagectomy versus open esophagectomy: long-term follow-up of a randomized clinical trial[J]. *Dis Esophagus*, 2020, 33(Suppl 2):doaa079.
- [22] Hambricht B, Wei B. Optimizing the technical results of robotic esophagectomy: conduit creation and esophagogastric anastomoses[J]. *Mini-invasive Surg*, 2024:19.
- [23] Melvin WS, Needleman BJ, Krause KR, et al. Computer-enhanced robotic telesurgery. Initial experience in foregut surgery[J]. *Surg Endosc*, 2002, 16(12):1790-1792.
- [24] 陈立如, 李斌, 李春光, 等. 肺部手术后新发食管癌的治疗及预后分析[J]. *中华消化外科杂志*, 2025, 24(10):1280-1289.
- Chen LR, Li B, Li CG, et al. Treatment and prognosis analysis of newly developed esophageal cancer after pulmonary surgery[J]. *Chin J Dig Surg*, 2025, 24(10):1280-1289.
- [25] Kingma BF, Grimmer PP, van der Sluis PC, et al. Worldwide techniques and outcomes in robot-assisted minimally invasive esophagectomy (RAMIE): results from the multicenter international registry[J]. *Ann Surg*, 2022, 276(5):386-392.
- [26] Meredith K, Blinn P, Maramara T, et al. Comparative outcomes of minimally invasive and robotic-assisted esophagectomy[J]. *Surg Endosc*, 2020, 34(2):814-820.
- [27] Nora I, Shridhar R, Meredith K. Robotic-assisted Ivor Lewis esophagectomy: technique and early outcomes[J]. *Robot Surg*, 2017, 4:93-100.
- [28] 赵越, 张思洁, 李海明, 等. 食管癌根治术后预后影响因素分析及机器学习预测模型的应用价值[J]. *中华消化外科杂志*, 2025, 24(10):1305-1317.
- Zhao Y, Zhang SJ, Li HM, et al. Analysis of prognostic factors after radical resection of esophageal cancer and the application value of machine learning prediction models[J]. *Chin J Dig Surg*, 2025, 24(10):1305-1317.
- [29] Hee L, Hyun P, Koo K. Robotic thoracic surgery using the single-port robotic system: initial experience with more than 100 cases[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2024, 168(6):1513-1522.
- [30] Li CQ, Chen X, Wang XP, et al. Single-port robotic-assisted approach in thoracic surgery: a prospective real-world study[J]. *Interdiscip Cardiovasc Thorac Surg*, 2025, 40(7):ivaf161.

(收稿:2025-09-29;修回:2025-10-30;录用:2025-11-17)
(责任编辑:李青颖)

本文引用格式:

王希鹏, 李成强, 曹羽钦, 等. 机器人辅助手术在食管癌 Ivor-Lewis 手术中的应用现状与未来展望[J]. *重庆医科大学学报*, 2026, 51(3):293-296.