



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.10.002
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2024.10.002
China Journal of General Surgery, 2024, 33(10):1567-1571.

· 述评 ·

机器人手术在前肠外科中的应用前景

麦麦提艾力·麦麦提明, 王浩, 克力木·阿不都热依木

(新疆维吾尔自治区人民医院 微创外科疝腹壁外科, 新疆维吾尔自治区胃食管反流病与减肥代谢外科临床研究中心, 新疆维吾尔自治区普外科与微创外科研究所, 新疆 乌鲁木齐 830001)



克力木·阿不都热依木

摘要

前肠外科是近年来新兴学科, 在国内外备受关注, 主要指的是以胃、食管良性疾病为主的外科, 主要涉及胃食管反流病、贲门失弛缓、减重代谢手术等, 但国际上也有不少医院将食管癌、胃癌等恶性疾病纳入前肠外科领域之中。机器人手术作为目前最先进的技术之一, 在临床应用越来越广泛, 而机器人手术系统独特的人体工程学设计, 使医生能够更加精准、精细化地操控手臂器械, 从而减少对周围重要组织器官的损伤。机器人手术正逐渐成为前肠外科领域的一大热点, 但目前国内仍存在设备及维护费用高昂, 对操作人员资质、操作场地要求高等局限性。随着机器人技术的不断发展和完善, 相信机器人辅助手术在前肠外科领域将发挥越来越重要的作用, 帮助医生提高手术质量, 为患者提供更好的治疗效果。

关键词

机器人手术; 前肠外科; 胃食管反流; 代谢综合征

中图分类号: R61

Prospects for robotic surgery in foregut surgery

MAIMAITIAILI·Maimaitiming, WANG Hao, KELIMU·Abudureyimu

(Department of Minimally Invasive, Hernia and Abdominal Surgery, People's Hospital of Xinjiang Autonomous Region, Clinical Research Center for Gastroesophageal Reflux Disease and Weight Loss Metabolic Surgery, Research Institute of General and Minimally Invasive Surgery, Urumqi 830001, China)

Abstract

Foregut surgery has emerged as a new discipline in recent years, gaining attention at home and abroad. It mainly focuses on benign diseases of the stomach and esophagus, covering conditions such as gastroesophageal reflux disease, achalasia, and bariatric metabolic surgery. However, in some countries, foregut surgery also includes malignant diseases, such as esophageal and gastric cancers. Robotic surgery, one of the most advanced techniques available, is increasingly applied in clinical practice. The unique ergonomic design of robotic surgical systems allows surgeons to control the instruments with greater precision and finesse, thereby minimizing damage to surrounding vital tissues and organs.

基金项目: 新疆维吾尔自治区“天山英才”医药卫生高层次人才培养计划基金资助项目 (TSYC202301A011); 新疆维吾尔自治区重点研发任务专项-厅厅联动基金资助项目 (2023B03010-3)。

收稿日期: 2023-10-09; **修订日期:** 2024-07-23。

作者简介: 克力木·阿不都热依木, 新疆维吾尔自治区人民医院主任医师, 主要从事前肠外科临床与基础方面的研究。

通信作者: 克力木·阿不都热依木, Email: klm6075@163.com

Robotic surgery is gradually becoming a major focal point in the field of anterior foregut surgery. However, its current limitations in China include high equipment and maintenance costs, as well as strict requirements for operator qualifications and operating room conditions. As robotic technology continues to develop and improve, it is expected that robot-assisted surgery will play an increasingly important role in foregut surgery, helping doctors improve the quality of surgery and provide better treatment outcomes for patients.

Key words Robotic Surgical Procedures; Foregut Surgery; Gastroesophageal Reflux; Metabolic Syndrome

CLC number: R61

消化系统的咽、食管、胃，包括壶肠部的十二指肠上段及肝、胆、胰等重要脏器均由胚胎时期的前肠发育而来。由于胚胎发育、解剖毗邻、生理及神经内分泌支配等特殊关联，上述脏器疾病在发病机制、临床表现及治疗方面存在共性，由此产生“前肠外科”的观念。狭义的前肠指食管和胃两部分。当前的前肠外科主要聚焦于胃食管反流病（gastro esophageal reflux disease, GERD）、贲门失弛缓症和代谢综合征等疾病^[1]，我国尚未形成相对完整的前肠外科学科体系，但不久的将来一定会迎来一个高速发展期。在20世纪90年代之前，食道手术通过腹部、胸部或腹部和胸部的大切口进行^[2]，由于传统开放手术创伤相对较大且相关并发症较多，众多前肠疾病患者不优先选择手术治疗。

随着先进技术、医学设备不断涌出，外科微创精准治疗理念逐渐成为现实。1987年首例腹腔镜胆囊切除术报道后，腹腔镜手术时代正式开始^[3]。虽然腹腔镜手术在临床上具有切口小、疼痛轻、住院时间短、恢复快等众多优势，但也存在缺乏三维可视化、固定套管针导致活动范围有限、生理性震颤的放大和不良人体工程学设计等局限性^[3]。机器人辅助手术除克服上述不足之外，还具有更清晰立体的手术视野、操作灵活、精度高、直观性强等优势。此外，手术体位对外科医生来说更舒适，可以防止疲劳、提高注意力、减少压力^[4]，因此越来越受到外科医师的青睐。

Clayman等^[5]于2001年报道了全球第1例机器人辅助胆囊切除术，随后机器人辅助手术逐渐进入大众视野并得到广泛应用。同样，机器人辅助手术在前肠外科手术中成为近年来的一个研究热点。本文旨在全面述评机器人辅助手术在GERD及代谢外科领域的研究进展及应用前景，为临床医

师和科研人员提供循证依据和理论支持。

1 机器人手术在前肠外科领域的应用

1.1 机器人手术在GERD领域的应用

GERD是一种世界范围内常见的消化系统疾病，是由胃内容物反流至食管而引起的以反酸、烧心为主要症状的疾病，而食管裂孔疝是其最为常见的发病原因^[6]。食管裂孔疝修补术是一种手术难度大、技术要求高的手术方式，需要进行纵隔高度解剖、完全切除疝囊、重建食管裂孔、放置补片等复杂的高难度步骤。1999年布鲁塞尔圣比埃尔大学医学中心的Cardire报道了首例机器人辅助下食管裂孔疝修补术和尼森胃底折叠术^[3]。

由于机器人辅助方法提供了更好的人体工程学条件、三维视图、更好的纵隔通路、更大的运动范围以及类似手腕的器械运动，这对于缝合或补片放置带来非常便利^[7]。另外，操作机器人可通过消除操作者的手部震颤和缩放所选定的运动使得手术器械更加精确运动；机器人手术可高清、三维视野下充分游离并保存迷走神经和血管，以免其发生相关并发症^[3]。

研究表明机器辅助食管裂孔疝修补术对复发性或复杂性食管裂孔疝的修复非常有价值^[8]，因为复发性或复杂性食管裂孔疝的发病率和病死率较高，临床症状不典型，解剖结构复杂、操作空间狭小，而机器人能提供精细、无张力的裂孔重建和缝合，更好地保护食管和胃的正常结构，提高手术的疗效和安全性^[7]。机器人手术系统已成功用于其他膈疝的修复，如Pulle等^[9]报道了7例Robotic Morgagni疝修补术，术后无并发症出现，并顺利出院，甚至食管切除术后食管裂孔疝^[10]，表明其在技术要求较高的手术中具有潜力。贾卓奇等^[11]对

比分析达·芬奇机器人与腹腔镜食管裂孔疝修补术的临床疗效和近期生活质量,达·芬奇机器人食管裂孔疝修补术安全可行,与腹腔镜相比,在促进患者术后快速康复、降低疝复发率方面具有明显优势,对患者术后近期生活质量有显著改善。研究^[7]表明,腹腔镜抗反流手术后复发的患者,如果有机器人平台和经验丰富的手术团队,建议采用机器人辅助食管裂孔疝修补术,而非开放食管裂孔疝修补术。此外,机器人手术可明显缩短手术操作时间、减少手术并发症发生率、提高手术安全性,可用于高级外科手术,而拥有熟练配合的手术室人员可大幅缩短手术时间^[12-13]。

1.2 机器人手术在肥胖、代谢综合征领域的应用

随着肥胖、代谢综合征外科治疗从开放式技术转向微创技术,机器人手术在减重代谢外科中的应用也越来越广泛,手术方案包括可调节胃束带术(adjustable gastric banding, AGB)、Roux-en-Y胃旁路手术(Roux-en-Y gastric bypass surgery, RYGB)及袖状胃切除术等,Cadiere等^[14]在1999年报道了首例机器人AGB,但是AGB由于长期效果不佳、并发症较多,故已逐渐被摒弃,目前最为常见的手术方案为袖状胃切除术和RYGB。

RYGB在2型糖尿病或肥胖患者的外科治疗中发挥重要作用^[15],尤其是腹腔镜RYGB具有并发症发生率低、减重控糖效果明显等优点已被广泛应用,对于代谢综合征治疗效果明显优于开放手术^[16],但存在技术具有挑战性、学习曲线长^[17]等局限性。为了克服腹腔镜手术的局限性,机器人辅助技术被用于RYGB^[18]。研究^[16,19-20]表明,机器人辅助胃旁路手术(RRYGB)具有并发症发生率较低,翻修手术次数较少,学习曲线较短等优点,RRYGB术后第1天和第2天的C-反应蛋白值明显降低^[16],且RRYGB输血率更低^[20],体现了机器人手术的无创性和精准性优势。袖状胃切除术没有胃肠吻合口、肠系膜缺损或异物,同时允许术后通过内镜常规检查袖状胃,因此迅速被应用于临床治疗中^[21]。Koussayer等^[22]发现机器人辅助手术在袖状胃切除术后并发胃胸膜瘘的翻修中发挥重要作用。同时,由于机器人系统有更多的灵活性机器人平台可以安全地进行教学研究,可以缩短学习周期^[23-24],对于肥胖症的手术治疗,机器人手术系统具有更加广阔的视野、精确细致术中操作,避免了误损伤内脏器官,能够准确地切除胃大弯,

对限制食物摄入及减重疗效有着积极作用;并且研究^[25]表明,对于体质量指数 $\geq 50 \text{ kg/m}^2$ 肥胖患者,机器人手术时间更短,缩短患者恢复时间,并实现更好的手术效果。

1.3 机器人手术在贲门失弛缓症领域的应用

贲门失弛缓症是食管贲门神经功能障碍而无器质性病变的一种疾病。由于食管壁内神经丛与平滑肌损害及迷走神经功能障碍,引起食管贲门失弛缓,致使食管下括约肌(low esophageal sphincter, LES)压力升高,吞咽动作后LES不能充分松弛,食物不能进入胃中,同时由于食管动力障碍,蠕动差而致食物及液体潴留于食管内,故临床以吞咽困难、胸骨后疼痛及食物反流为最常见症状^[26]。

Heller肌切开术是目前治疗贲门失弛缓症的标准方法^[27]。随着医疗技术的快速发展,机器人Heller肌切开术因其独特三维可视化、放大的视野、精细操作等特点,成为替代传统腹腔镜手术的一种治疗方式^[28]。与腹腔镜方法相比,机器人Heller肌切开联合Dor折叠术治疗贲门失弛缓症学习曲线明显缩短,术中穿孔率更低,从而改善手术效果^[29-31]。也有研究^[32]表明,腹腔镜和机器人辅助Heller肌切开术显示出相似的围手术期和术后效果,甚至在长期(>24个月)随访中也是如此。因此,需要进行前瞻性、随机、多中心对照试验,以克服病例样本量小所带来的偏倚。此外,田文等^[33]指出,机器人辅助下Heller肌切开术治疗贲门失弛缓症具有手术创伤小、操作方便、手术时间短、术后恢复快等优点,具有较高的临床应用价值。

2 机器人手术在前肠外科的优势与不足

机器人辅助手术的优势是显而易见的。首先,机器人手术系统具备高精确性,能够将医生的切割和缝合操作转化为更小、更精细、更灵活的动作,有助于实现更好的手术准确性和良好的手术结果。其次,机器人手术系统拥有 540° 旋转自由度、高清晰度和放大功能,医生可以在操作台上通过注视器获取清晰的手术场景,使手术操作更加细致、准确。此外,机器人手术系统还具备可调节的手术姿势和抓握力,使医生能够完成更为复杂的手术操作,提高手术效果和患者生活质量。

然而，机器人辅助手术在前肠外科领域的应用仍面临一些挑战。首先是机器人手术系统的成本问题，昂贵的设备和维护费用对于一些普通医疗机构来说是一个不小的负担^[34]，仍然是阻碍机器人在医疗领域广泛应用的主要障碍。另外，操作机器人手术系统的医生需要接受专门的培训才能胜任，这需要投入大量的时间和资源。此外，机器人手术系统的体积较大，对手术室的要求较高，需要对手术间进行一定的改造和优化。

3 总结与展望

机器人辅助技术在前肠外科手术中的应用展现出广阔的前景。随着生物材料、机器人技术以及国产机器人系统的发展，未来有望推出更为先进的手术机器人，这些系统将具备更小的体积和更高的灵活性，以更好地应对复杂的前肠手术。

采用5G技术，远程操控机器人手术已成为可能，此外，生物力学和生物感知技术的发展，使得机器人系统能够实时感知手术区域的状态并进行相应调整，进一步提升手术的安全性和成功率。与数据科学和人工智能的结合，将增强对手术数据的分析能力，为患者提供更加精准的手术方案和个性化的治疗策略。

综上所述，尽管机器人辅助手术在前肠外科领域仍面临一些挑战，但凭借其高精确度、灵活性和安全性，它已成为理想的辅助工具。展望未来，随着国产机器人的发展、5G远程操作的推广以及人工智能技术的持续进步，机器人辅助手术在这一领域的重要性将愈发突出，帮助医生提升手术质量，并为患者带来更优质的治疗效果。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明：麦提艾力·麦提明、王浩收集文献资料、构思大纲、撰写并修改文章；克力木·阿不都热依木提供理论指导、审阅、修改并最终定稿。

参考文献

- [1] Chang KJ. Endoscopic foregut surgery and interventions: the future is now. The state-of-the-art and my personal journey[J]. *World J Gastroenterol*, 2019, 25(1):1-41. doi:10.3748/wjg.v25.i1.1.
- [2] Damani T, Ballantyne G. Robotic foregut surgery[J]. *Surg Clin N*

- Am, 2020, 100(2):249-264. doi:10.1016/j.suc.2019.11.002.
- [3] Ito F, Gould JC. Robotic foregut surgery[J]. *Int J Med Robotics Comput Assist Surg*, 2006, 2(4):287-292. doi:10.1002/rcs.108.
- [4] Golriz M, Flossmann V, Ramouz A, et al. Case report: successful DaVinci-assisted major liver resection for alveolar echinococcosis[J]. *Front Surg*, 2021, 8: 639304. doi: 10.3389/fsurg.2021.639304.
- [5] Clayman RV. Transatlantic robot-assisted telesurgery[J]. *J Urol*, 2002:873-874. doi:10.1097/00005392-200208000-00150.
- [6] Clarrett DM, Hachem C. Gastroesophageal reflux disease (GERD)[J]. *Mo Med*, 2018, 115(3):214-218.
- [7] Elissavet S, Ioannis G, Panagiotis P, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic paraesophageal hernia repair: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Minim Invasive Surg*, 2023, 26(3): 134-145. doi: 10.7602/jmis.2023.26.3.134.
- [8] O'Connor SC, Mallard M, Desai SS, et al. Robotic versus laparoscopic approach to hiatal hernia repair: results after 7 years of robotic experience[J]. *Am Surg*, 2020, 86(9):1083-1087. doi: 10.1177/0003134820943547.
- [9] Pulle MV, Bin Asaf B, Puri HV, et al. Robotic Morgagni's hernia repair in adults-A single centre experience[J]. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 2023, 31(3): 253-258. doi: 10.1177/02184923231159088.
- [10] Bigolin AV, Fonseca MK, Grossi J, et al. Robotic repair of post-oesophagectomy hiatal hernia[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2022, 104(6):e171-e173. doi:10.1308/rcsann.2021.0244.
- [11] 贾卓奇,周维茹,张勇,等.达·芬奇机器人与腹腔镜食管裂孔疝修补术的对比研究[J]. *中华疝和腹壁外科杂志:电子版*, 2023, 17(4):410-414. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-392X.2023.04.009.
- Jia ZQ, Zhou WR, Zhang Y, et al. Comparative study of Da Vinci robotic versus laparoscopic hiatal hernia repair surgery[J]. *Chinese Journal of Hernia and Abdominal Wall Surgery:Electronic Edition*, 2023, 17(4):410-414. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-392X.2023.04.009.
- [12] Vasudevan V, Reusche R, Nelson E, et al. Robotic paraesophageal hernia repair: a single-center experience and systematic review[J]. *J Rob Surg*, 2018, 12(1):81-86. doi:10.1007/s11701-017-0697-x.
- [13] Washington K, Watkins JR, Jeyarajah DR. The first year is the hardest: a comparison of early versus late experience after the introduction of robotic hiatal hernia repair[J]. *J Rob Surg*, 2020, 14(1):205-210. doi:10.1007/s11701-019-00967-6.
- [14] Cadiere GB, Himpens J, Vertruyen M, et al. The world's first obesity surgery performed by a surgeon at a distance[J]. *Obes Surg*, 1999, 9(2):206-209. doi:10.1381/096089299765553539.
- [15] Welbourn R, Hollyman M, Kinsman R, et al. Bariatric surgery worldwide: baseline demographic description and one-year

- outcomes from the fourth IFSO global registry report 2018[J]. *Obes Surg*, 2019, 29(3):782–795. doi:10.1007/s11695-018-3593-1.
- [16] Beckmann JH, Bernsmeier A, Kersebaum JN, et al. The Impact of Robotics in Learning Roux-en-Y Gastric Bypass: a Retrospective Analysis of 214 Laparoscopic and Robotic Procedures : Robotic vs. Laparoscopic RYGB[J]. *Obes Surg*, 2020, 30(6):2403–2410. doi:10.1007/s11695-020-04508-1.
- [17] Doumouras AG, Saleh F, Anvari S, et al. Mastery in bariatric surgery: the long-term surgeon learning curve of roux-en-Y gastric bypass[J]. *Ann Surg*, 2018, 267(3): 489–494. doi: 10.1097/SLA.0000000000002180.
- [18] Horgan S, Vanuno D. Robots in laparoscopic surgery[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech*, 2001, 11(6):415–419. doi:10.1089/10926420152761950.
- [19] Cahais J, Lupinacci RM, Oberlin O, et al. Less morbidity with robot-assisted gastric bypass surgery than with laparoscopic surgery?[J]. *Obes Surg*, 2019, 29(2):519–525. doi:10.1007/s11695-018-3545-9.
- [20] El Chaar M, Petrick A, Clapp B, et al. Outcomes of robotic-assisted bariatric surgery compared to standard laparoscopic approach using a standardized definition: first look at the 2020 metabolic and bariatric surgery accreditation quality improvement project (MBSAQIP) data[J]. *Obes Surg*, 2023, 33(7): 2025–2039. doi:10.1007/s11695-023-06585-4.
- [21] Tasiopoulou VS, Svokos AA, Svokos KA, et al. Robotic versus laparoscopic sleeve gastrectomy: a review of the current evidence[J]. *Minerva Chir*, 2018, 73(1): 55–63. doi: 10.23736/S0026-4733.17.07583-6.
- [22] Koussayer B, Kattih M, Nester M, et al. Gastropleural fistula presenting as a complication of gastric sleeve surgery: a case report[J]. *Cureus*, 2023, 15(4):e37133. doi:10.7759/cureus.37133.
- [23] Bellorin O, Vigiola-Cruz M, Dimou F, et al. Robotic-assisted surgery enhances the learning curve while maintaining quality outcomes in sleeve gastrectomy: a preliminary, multicenter study[J]. *Surg Endosc*, 2021, 35(5): 1970–1975. doi: 10.1007/s00464-020-08228-6.
- [24] Silverman CD, Ghusn MA. Early Australian experience in robotic sleeve gastrectomy: a single site series[J]. *ANZ J Surg*, 2017, 87(5): 385–389. doi:10.1111/ans.13545.
- [25] Toro JP, Lin E, Patel AD. Review of robotics in foregut and bariatric surgery[J]. *Surg Endosc*, 2015, 29(1): 1–8. doi: 10.1007/s00464-014-3646-z.
- [26] Salem SA, Marom G, Shein GS, et al. Robotic Heller's myotomy using the new Hugo™ RAS system: first worldwide report[J]. *Surg Endosc*, 2024, 38(3): 1180–1190. doi: 10.1007/s00464-023-10618-5.
- [27] Palomba G, Capuano M, Pegoraro F, et al. Laparoscopic Heller-Dor myotomy in elderly achalasia patients: a single center experience with PSM analysis[J]. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2024, 33(1):13–20. doi:10.1080/13645706.2023.2261032.
- [28] Ataya K, Bsat A, Aljaafreh A, et al. Robot-assisted heller myotomy versus laparoscopic heller myotomy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Cureus*, 2023, 15(11): e48495. doi: 10.7759/cureus.48495.
- [29] Antonio Aissar Sallum R, Alexandre Fernandes F, Torres Branco L, et al. Robotic myotomy and partial fundoplication for achalasia[J]. *J Vis Exp*, 2023, (198). doi:10.3791/64822.[LinkOut]
- [30] Alberich Prats M, Bettonica Larrañaga C, Miró Martín M, et al. Robotic surgery for the treatment of achalasia[J]. *Cir Esp (Engl Ed)*, 2022, 100(7):410–415. doi: 10.1016/j.cireng.2022.04.023.
- [31] Rabe SM, Burmeister E, Niebisch S, et al. Clinical and functional outcome following robotic Heller-myotomy with partial fundoplication in patients with achalasia[J]. *J Robot Surg*, 2023, 17(4):1689–1696. doi:10.1007/s11701-023-01557-3.
- [32] Gass JM, Cron L, Mongelli F, et al. From laparoscopic to robotic-assisted Heller myotomy for achalasia in a single high-volume visceral surgery center: postoperative outcomes and quality of life[J]. *BMC Surg*, 2022, 22(1): 391. doi: 10.1186/s12893-022-01818-2.
- [33] 田文, 李晨, 卫勃, 等. 机器人辅助腹腔镜Heller肌切开术治疗贲门失弛缓1例报告并文献复习[J]. *中国实用外科杂志*, 2014, 34(7):641–644. doi:10.7504/CJPS.ISSN1005-2208.2014.07.18.
- Tian W, Li C, Wei B, et al. Roboticassisted laparoscopic Hellermyotomy for achalasia: a report of 1 case and literature review[J]. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2014, 34(7):641–644. doi:10.7504/CJPS.ISSN1005-2208.2014.07.18.
- [34] Adair MJ, Alharthi S, Ortiz J, et al. Robotic surgery is more expensive with similar outcomes in sleeve gastrectomy: analysis of the NIS database[J]. *Am Surg*, 2019, 85(1): 39–45. doi: 10.1177/000313481908500120.

(本文编辑 熊杨)

本文引用格式:麦麦提艾力·麦麦提明,王浩,克力木·阿不都热依木. 机器人手术在前肠外科中的应用前景[J]. *中国普通外科杂志*, 2024, 33(10):1567–1571. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.10.002

Cite this article as: Maimaitiaili·MMTM, Wang H, Kelimu·ABDRYM. Prospects for robotic surgery in foregut surgery[J]. *Chin J Gen Surg*, 2024, 33(10): 1567–1571. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2024.10.002