

机器人胃癌根治术的现状与展望

阚明韵, 柳欣欣, 江志伟

(南京中医药大学附属医院·江苏省中医院普外科 江苏 南京 210001)

摘要 机器人手术系统是微创手术领域中的前沿技术, 自应用于临床以来, 其凭借 3D 立体成像、十倍高清术野、仿真灵活的机械手腕、有效滤除震颤、可远程操控等优势, 越来越受到广大外科医生的青睐。有研究表明, 与传统开腹、腹腔镜手术同等疗效的情况下, 机器人胃癌手术在淋巴结清扫、消化道重建、术中失血、术后应激、术后营养等方面更具优势。

关键词 机器人手术; 胃癌根治术; 胃肿瘤; 微创; 腹腔镜手术

中图分类号 R608 R656.6 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2022) 04-0337-06

Current situation and prospect of robot-assisted gastrectomy

KAN Mingyun, LIU Xinxin, JIANG Zhiwei

(Department of General Surgery, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine/ Jiangsu Province Hospital of Chinese Medicine, Nanjing 210001, China)

Abstract Robotic surgical system is an advanced technology in minimally invasive surgery. It has drawn most of surgeons' attention due to its 3D imaging system, high-definition operating field, flexible wrist, effective tremor filtering system and remote-control mechanism. Studies indicate that robot-assisted gastrectomy has advantages in terms of lymph node dissection, digestive tract reconstruction, intraoperative blood loss, postoperative stress and postoperative nutrition over traditional laparotomy or laparoscopic surgery under same outcomes.

Key words Robotic surgery; Radical gastrectomy; Gastric cancer; Minimally invasive; Laparoscopic surgery

收稿日期: 2021-05-06 录用日期: 2021-09-17

Received Date: 2021-05-06 Accepted Date: 2021-09-17

基金项目: 江苏省 2020 年度第五期“333 工程”科研项目资助 (BRA2020385); 湖北陈孝平科技发展基金 (CXPJJH12000002-2020035)

Foundation Item: The Fifth “333” Talent Development Program of Jiangsu in 2020 (BRA2020385); Hubei Chen Xiaoping Science and Technology Development Fund (CXPJJH12000002-2020035)

通讯作者: 柳欣欣, Email: gorilla1999@hotmail.com

Corresponding Author: LIU Xinxin, Email: gorilla1999@hotmail.com

引用格式: 阚明韵, 柳欣欣, 江志伟. 机器人胃癌根治术的现状与展望 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2022, 3 (4): 337-342.

Citation: KAN M Y, LIU X X, JIANG Z W. Current situation and prospect of robot-assisted gastrectomy [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2022, 3(4): 337-342.

在中国胃癌是临床最常见的恶性肿瘤之一。据统计,国内胃癌发病率占恶性肿瘤的第3位,病死率占第2位^[1]。胃癌根治术是目前公认的主要治疗手段,自20世纪80年代腹腔镜引领“微创化”登上舞台,其已成为业界认可的最常用术式,且腹腔镜辅助胃癌根治术已获得日本胃癌治疗规约的肯定^[2]。进入21世纪以来,机器人手术系统作为一项迅速发展的前沿技术,克服了传统腹腔镜的诸多缺陷,凭借其新兴的理念和满意的效果而开启了外科手术的新风潮。余佩武等^[3]首先完成了达芬奇机器人辅助胃癌根治术,截至2020年底,我国陆续成立80家机器人手术中心,投入使用170余台达芬奇机器人,并完成逾4万例手术,技术纯熟。

1 机器人辅助胃癌根治术的技术优势

机器人手术系统由床旁机械臂系统、成像系统和医生远程操作台系统三个部分组成,外科医生远程操控床旁机械臂系统,经腹腔镜对接口实施手术操作。机器人手术系统的优势包括以下几方面。

1.1 可滤除人体生理震颤产生的干扰

机械臂可滤除人体生理震颤产生的干扰,这使得手术操作更加平稳,术中器官牵拉、血管损伤、神经破坏更少。经研究证明,术中器官牵拉是引起术后炎症反应的重要因素,因术中手颤而发生的碰撞减少可大幅度减轻术后炎症反应^[4],患者恢复更快。

1.2 放大10~15倍的高清三维立体图像

经改进的达芬奇Xi机器人手术系统的数字内窥镜更加精巧,使用激光定位可自动计算机械臂的最佳手术位姿,画面更加清晰,立体感更强,内窥镜也可在4个机械臂之间相互转换,

手术视野更加广阔,胃周血管脉络及组织层次结构可清晰暴露,操作的精准度得到极大提高。

1.3 仿真 Endo Wrist 手腕机械臂

该机械臂可通过180°衔接和540°旋转获得7个方向的自由度,即使在狭小的空间内也可以灵活操作,术者可以操控机械臂到达传统腹腔镜直臂无法到达的位置。世界范围内有研究证实,机器人手术可以提高淋巴结清扫数量,并降低脾脏损伤的概率^[5-7]。

1.4 全镜下吻合行消化道重建成为可能

该技术使得肥胖、肋弓夹角小、腹壁前后径宽、桶状胸、食管离断平面高的患者受益。消化道重建体内吻合具有一定优势,机器人手术系统在全胃切除术中能够以近似开腹的手术难度完成体内食管空肠吻合^[8]。

1.5 外科医生可以采取坐姿完成手术

Dalsgaard T等^[9]研究表明,术者使用机器人手术系统后工作负荷明显降低,可以集中注意力进行操作。这减少了术者长时间劳累导致的操作误差,并提高了身体舒适度。

1.6 更严格的无菌原则

外科医生操作台位于手术无菌区域外,远程操控机械臂可避免与患者直接接触,更好地践行了手术的无菌原则。

1.7 操作便捷

术者可独立操控机械臂,直接控制自己的视野,并可以操控三种手术器械的夹持和缝合,降低了与助手默契度的要求,避免因扶镜手配合不佳导致的问题;助手只需夹持组织辅助暴露视野,并通过抽吸、冲洗而保持洁净的术野。

1.8 学习曲线较短

秦倩等^[10]一项回顾分析显示,累计14例手术后可熟练安装达芬奇机器人系统,累计19

例手术后可熟练掌握机器人手术操作，此明显短于腹腔镜手术的学习时间。

2 机器人胃癌根治术的临床优势

2002年，Hashizume M等^[11]首次报道了机器人辅助胃癌根治术，目前该手术在全球范围内已得到广泛开展。在我国，机器人手术系统应用于胃癌根治术的时间起步较晚。2016年，余佩武等^[12]制订了《机器人胃癌手术专家共识（2015版）》，明确了机器人手术系统应用于胃癌手术的适应证：①胃癌肿瘤浸润深度 $\leq T_{4a}$ 期；②胃癌术前和术中分期为Ⅰ、Ⅱ期者；③Ⅲ期患者适用于有丰富胃癌手术经验且可熟练操作手术机器人的医师，并明确了相关禁忌证。至此，机器人辅助胃癌手术的临床应用准则更加明确，更多医生和患者选择机器人辅助胃癌根治术进行治疗，并有大量相关研究相继展开。

机器人手术系统应用于临床手术的安全性至关重要。符清胜等^[13]一项荟萃分析显示，机器人辅助胃癌根治术在技术上是安全、可行的。WANG W J等^[14]一项446例进展期胃癌患者的临床研究显示，机器人组总体并发症发生率和严重并发症发生率显著低于腹腔镜组（18.8% Vs 24.5%，8.9% Vs 17.5%； $P<0.05$ ）。李政焰等^[15]通过回顾性研究，对机器人辅助胃癌根治术的并发症及危险因素进行分析，术后并发症主要是Ⅱ级并发症，患者年龄 >65 岁和术者资历 ≤ 30 例是其独立危险因素，这与腹腔镜手术相同。另外，南京医科大学从医院感染的角度研究证实，机器人手术系统不仅不会提高院感发生率，而且部分机器人手术可以降低院感发生^[16]。

胃癌根治术应根据胃切除的类型进行相应的胃周和伴随腹腔干部分血管的淋巴结清扫，目前广泛推荐的规范操作是D2淋巴结清扫。传统腹腔镜辅助胃癌根治术行D2淋巴结清扫存在

一定难度，国内外诸多研究显示，机器人辅助胃癌根治术清扫淋巴结数目多于腹腔镜手术。刘兆礼等^[17]一项回顾性分析371例胃癌手术患者的临床资料显示，机器人手术较传统腹腔镜手术的淋巴结清扫数目多[(45 \pm 11)枚 Vs (41 \pm 10)枚； $t=3.502$ ， $P<0.05$]。Roh C K等^[18]倾向评分匹配研究也得出同样结论，机器人组清扫的淋巴结数目多于腹腔镜组（50.4枚 Vs 41.9枚， $P=0.025$ ）。《美国癌症联合委员会肿瘤分期手册》第8版）提出，清扫16枚以上的淋巴结进行病理学评估可以保证N分期准确，而获得更精准的预后评价则需要检获30枚以上的淋巴结。研究证实，机器人辅助胃癌手术可以检获更多的淋巴结，这对病理分期、判断患者预后更加有益。在D2淋巴结清扫中，第二站淋巴结清扫是技术要求较高的关键环节，这涉及到目前存在较大争议的脾门淋巴结清扫必要性的问题，专家委员会建议T₁、T₂期胃癌患者不需要行脾门淋巴结清扫，而肿瘤TNM分期较晚、肿瘤 >6 cm、肿瘤位于胃大弯侧的患者，因脾门淋巴结转移率高，应行该部位的淋巴结清扫。陈鹏等^[19]详细评估了机器人辅助淋巴结清扫技术，结果显示机器人组第2、3站淋巴结清扫数目明显大于腹腔镜组[(14.6 \pm 6.3)枚 Vs (11.9 \pm 7.1)枚， $P=0.004$ ；(3.2 \pm 3.1)枚 Vs (2.1 \pm 2.7)枚， $P=0.006$]。此外，胃周以外淋巴结第6、7~14v、7~12a、10+11、14v组的淋巴结清扫数目明显大于腹腔镜组，表明机器人在淋巴结清扫方面具有优势。

消化道重建是胃癌根治术的另一个关键。传统的腹腔镜手术一般采取体外吻合的方式进行消化道重建，体外吻合的腹壁延长切口可增加患者的创伤，且过度牵拉易造成浆膜损伤，尤其是在BMI指数高或桶状胸的患者，此部分患者在行传统腹腔镜手术时抵坐钉置入困难，

机器人的机械臂远超于人类手的灵活度，在深而窄的空间中可以安全、有效地完成全镜下器械结合手工缝合消化道重建。刘江等^[20]回顾性分析 100 例胃癌患者的临床资料，证实机器人辅助手工吻合技术在远端胃切除毕Ⅱ式吻合中的应用是安全、可行的，值得在临床中推广。机器人手术患者术后肠鸣音恢复时间、首次肛门排气时间较传统手术均明显提前^[13]。韩博强等^[21]通过研究胃肠激素水平证实，机器人手术患者的胃肠动力恢复更早，这使得患者术后经口进食时间提前，术后肠功能恢复加快，住院时间缩短。

在其他值得关注的临床疗效指标中，机器人手术在减少术中出血量方面也表现出显著优势。刘新等^[22]系统比较了胃癌机器人手术与腹腔镜手术的围术期指标，该研究分别选取逾百例远端胃切除、近端胃切除、全胃切除术患者，结果证实机器人组术中失血量明显少于腹腔镜组 [100 (50, 200) ml Vs 100 (100, 200) ml, $P=0.002$; 100 (80, 200) ml Vs 130 (100, 200) ml, $P=0.020$; 150 (100, 200) ml Vs 200 (150, 325) ml, $P=0.001$]。刘东宁等^[23]回顾性分析结果显示，术后机器人手术患者可以更早地拔出腹腔引流管，从而减轻导管对患者术后舒适度及早期下床活动意愿的影响，这样可以帮助患者尽快下床活动，有利于患者的术后恢复，并减少患者的住院时间。王沛云等^[24]对机器人辅助胃癌根治术疗效分析结果表明，患者首次进食时间明显提前 [$WMD=-0.22$, 95% $CI (-0.32\sim-0.12)$, $P<0.05$]，而在肿瘤远端切缘、 R_0 切除率、中转率方面，机器人手术未体现出优势。Uyama I 等^[25]一项纳入 330 例胃癌患者的多机构前瞻性单臂研究表明，机器人辅助胃癌手术可以有效降低发病率。张安等^[26]一项最新研究发现，机器人辅助胃癌根治术后的应激指标白细胞介素-6 (Interleukin-6,

IL-6)、C 反应蛋白、白细胞均低于腹腔镜手术组；机器人组在术后第 1d、第 3d 的营养方面，血清白蛋白高于腹腔镜组 [(3.22 ± 0.72) g/dL Vs (2.96 ± 0.53) g/dL, $P<0.05$; (3.14 ± 0.76) g/dL Vs (2.90 ± 0.78) g/dL; $P<0.05$]，且营养预后指数 (Prognostic nutritional index, PNI) 也高于腹腔镜组 [(40.57 ± 3.84) Vs (39.66 ± 2.39)]，差异有统计学意义 ($P<0.05$)。

3 机器人胃癌根治术的争议与展望

大量研究证明，机器人辅助胃癌根治术是安全、可行的，并在多方面优于传统手术。然而机器人辅助胃癌根治术作为腹腔镜手术的高端发展技术，也存在一些问题：①没有足够的临床资料可以证明机器人手术的病死率、3 年生存率及长期疗效优于传统手术；②同样存在吻合口瘘、吻合口出血、腹腔出血并发症；③安装调试机器人设备的耗时较长；④机器人手术系统对术者触觉反馈功能缺失，使术者操作更加谨慎；⑤机器人辅助胃癌根治术费用高昂，目前只有日本率先将机器人手术纳入医保^[25]。可喜的是，中国科学院将手术机器人列为“改变未来的颠覆性技术”项目的第 5 位，可见机器人手术系统已备受国家重视，其应用普及已然大势所趋，降低自付比例或纳入医保范畴已势在必行。除此之外，随着“5G”时代的到来，“远程医疗”在慢病监测和急救领域中已有所应用^[27]，并为患者提供了高性价比的服务。有理由相信，机器人远程医疗也可乘上“5G”高速网络的东风。

5G 技术的出现优化了现有的网络环境技术，5G 网络具有高带宽、高速率、低时延的特性，4k、8k 的高清声音视频自由传输满足了医学图像等各种大数据量的实时传送需求^[28]。用实时图像、视频语音传输技术作为基础，5G 技术使

远程开展会诊、遥感器监测、远程示教，特别是达芬奇机器人远程操控成为了可能。在5G网络的支撑下，可以实现跨地市、跨省份的远程达芬奇机器人手术，同时能保证对远程手术的精准操控和指导，保障医学专家可以随时随地开展远程会诊，大大提升诊断准确率和医疗抢救的及时性。5G技术结合机器人实现远程手术已有应用。解放军总医院第一医学中心利用5G网络远程无线操控机器人床旁系统，为50km外的实验猪进行肝小叶切除手术，手术全程约60min，这是全球首次利用5G技术的远程外科手术测试。另外，该中心与解放军总医院海南医院利用5G网络为帕金森病患者成功植入脑起搏器，跨越3000km，这是全国首例基于5G的远程人体手术。

我国机器人手术虽起步晚、发展有失平衡，总体仍处在探索阶段，但机器人手术有着不可估量的发展空间，充分结合5G网络发展的大环境可以使广大患者从中受益。

参考文献

- [1] FENG R M, ZONG Y N, CAO S M, et al. Current cancer situation in China: good or bad news from the 2018 Global Cancer Statistics? [J]. *Cancer Commun (Lond)*, 2019, 39(1): 22.
- [2] Japanese Gastric Cancer Association. Japanese gastric cancer treatment guidelines 2018 (5th edition) [J]. *Gastric Cancer*, 2021, 24(1): 1-21.
- [3] 余佩武, 钱锋, 曾冬竹, 等. 应用达芬奇机器人手术系统治疗胃癌 [J]. *中华消化外科杂志*, 2010, 9(2): 114-115.
- [4] Kim M C, Kim K H, Kim H H, et al. Comparison of laparoscopy-assisted by conventional open distal gastrectomy and extraperigastric lymph node dissection in early gastric cancer [J]. *J Surg Oncol*, 2005, 91(1): 90-94.
- [5] Cianchi F, Indennitate G, Trallori G, et al. Robotic vs laparoscopic distal gastrectomy with D2 lymphadenectomy for gastric cancer: a retrospective comparative mono-institutional study [J]. *BMC Surg*, 2016, 16(1): 65.
- [6] Pan H F, Wang G, Liu J, et al. Robotic versus laparoscopic gastrectomy for locally advanced gastric cancer [J]. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 2017, 27(6): 428-433.
- [7] Son T, Lee J H, Kim Y M, et al. Robotic spleen-preserving total gastrectomy for gastric cancer: comparison with conventional laparoscopic procedure [J]. *Surg Endosc*, 2014, 28(9): 2606-2615.
- [8] Tsai S H, Liu C A, Huang K H, et al. Advances in laparoscopic and robotic gastrectomy for gastric cancer [J]. *Pathol Oncol Res*, 2017, 23(1): 13-17.
- [9] Dalsgaard T, Jensen M D, Hartwell D, et al. Robotic surgery is less physically demanding than laparoscopic surgery: paired cross sectional study [J]. *Ann Surg*, 2020, 271(1): 106-113.
- [10] 秦倩, 时飞宇, 孙祺, 等. 达芬奇机器人手术系统辅助胃癌根治术的学习曲线 [J]. *中华消化外科杂志*, 2019, 18(5): 459-465.
- [11] Hashizume M, Shimada M, Tomikawa M, et al. Early experiences of endoscopic procedures in general surgery assisted by a computer-enhanced surgical system [J]. *Surg Endosc*, 2002, 16(8): 1187-1191.
- [12] 余佩武, 陈凜, 曹晖, 等. 机器人胃癌手术专家共识 (2015版) [J]. *中国研究型医院*, 2016, 3(1): 22-28.
- [13] 符清胜, 吴克盛, 赵军, 等. 达芬奇机器人与腹腔镜胃癌手术安全性与可行性对比的 meta 分析 [J]. *腹腔镜外科杂志*, 2019, 24(1): 11-18.
- [14] WANG W J, LI H T, YU J P, et al. Severity and incidence of complications assessed by the Clavien-Dindo classification following robotic and laparoscopic gastrectomy for advanced gastric cancer: a retrospective and propensity score-matched study [J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(10): 3341-3354.
- [15] 李政焰, 赵永亮, 钱锋, 等. 机器人远端胃癌根治术后并发症的 Clavien-Dindo 分级及危险因素分析 [J]. *腹腔镜外科杂志*, 2020, 25(1): 15-20.
- [16] 李占结, 刘波, 李松琴, 等. 达芬奇机器人手术对手术患者医院感染及相关因素的影响——7种手术病例对照研究 [J]. *中国感染控制杂志*, 2020, 19(1): 30-36.
- [17] 刘兆礼, 仲蓓, 赵资文, 等. 达芬奇机器人手术与腹腔镜辅助胃癌根治术的对比研究 [J]. *中华普通外科杂志*, 2020, 35(2): 100-103.

- [18] Roh C K, Choi S, Seo W J, et al. Comparison of surgical outcomes between integrated robotic and conventional laparoscopic surgery for distal gastrectomy: a propensity score matching analysis [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 485.
- [19] 陈鹏, 李瑞, 董玲, 等. 达芬奇机器人胃癌根治术的近期可行性和安全性分析 [J]. *中国普通外科杂志*, 2018, 27(10): 1304-1311.
- [20] 刘江, 王刚, 程伟, 等. 达芬奇机器人镜下手工吻合技术在远端胃切除毕Ⅱ式吻合中的应用 [J]. *腹腔镜外科杂志*, 2020, 25(6): 412-416.
- [21] 韩博强, 马有伟, 张成, 等. 达芬奇机器人胃癌根治术对患者胃肠动力及胃肠激素的影响 [J]. *肿瘤防治研究*, 2019, 46(12): 1085-1090.
- [22] 刘新, 李鹏, 刘元圣, 等. 机器人与腹腔镜胃癌根治术围术期指标比较 [J]. *解放军医学院学报*, 2018, 39(6): 457-460.
- [23] 刘东宁, 熊凌强, 唐城, 等. 完全机器人根治性全胃切除术的临床研究 [J]. *腹腔镜外科杂志*, 2018, 23(3): 161-164.
- [24] 王沛云, 熊兵红, 曾玉剑, 等. 达芬奇机器人与腹腔镜手术治疗胃癌疗效比较的 Meta 分析 [J]. *中国普通外科杂志*, 2017, 26(4): 412-424.
- [25] Uyama I, Suda K, Nakauchi M, et al. Clinical advantages of robotic gastrectomy for clinical stage I / II gastric cancer: a multi-institutional prospective single-arm study [J]. *Gastric Cancer*, 2019, 22(2): 377-385.
- [26] 张安, 王文安, 王婧, 等. 达芬奇机器人与腹腔镜胃癌根治术围手术期疗效与营养状况的对比分析 [J]. *腹腔镜外科杂志*, 2021, 26(3): 191-195.
- [27] 金驰, 王彤. 达芬奇机器人在胃癌手术中的应用进展 [J]. *临床外科杂志*, 2020, 28(10): 991-994.
- [28] 祖俊, 顾春静. 5G 网络技术在应急救援中的应用探索 [J]. *网络安全技术与应用*, 2020, (9): 80-81.

· 简 讯 ·

《机器人外科学杂志（中英文）》征稿及 2023 年征订启事

《机器人外科学杂志（中英文）》（*Chinese Journal of Robotic Surgery*, 简称 CJRS）是由中国出版集团主管，世界图书出版公司主办，中国医师协会医学机器人医师分会和中国抗癌协会腔镜与机器人外科分会等协办的国内公开发行的机器人外科全科学术期刊（CN 10-1650/R, ISSN 2096-7721）。旨在刊载机器人外科学领域新进展、新成果、新技术，促进机器人外科学的应用和发展，推动学术交流，提高我国在该领域的科研、临床水平和国际影响力。

本刊倡导理论与实践相结合，提高与普及相结合，并实行严格的专家审稿制度，依据稿件学术质量，公平、客观地取舍稿件。初设述评、论著、综述、基础研究、病案报道、专栏、讲座、教学、护理、学术争鸣、国内外学术动态等栏目。本刊为双月刊，大 16 开本，图随文走，全彩印刷，80 页 / 期，定价 50 元，全年 6 期（300 元），可直接向本刊编辑部订阅（户名：世界图书出版西安有限公司；开户行：工商银行西安市北大街支行；账号：3700 0205 0924 5232 147）。

本刊对录用论文免费快速发表，不收取作者任何费用，也未授权或委托任何个人或网站受理作者投稿，谨防诈骗。

投稿方式：1、官网投稿系统：www.jqrwxzz.com；2、编辑部信箱：jqrwxzz@163.com。编辑部电话：029-87286478。

本刊编辑部