

基于全球首例 5G 远程机器人辅助袖状胃切除术的可行性分析（附手术视频）



扫码观看视频

王晓鹏^{1,2}, 王艳¹, 狐鸣¹, 牛向东¹, 张旭¹, 杨婧¹, 马云涛^{1,2}, 苏河¹

(1. 甘肃省人民医院普外科 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省肿瘤分子诊断与精准医学重点实验室 甘肃 兰州 730000)

摘要 2023 年 12 月 14 日甘肃省人民医院普外科应用国产图迈[®]腔镜机器人手术系统完成首例 5G 远程袖状胃切除手术。手术过程顺利, 装机时间 30 min, 手术总时长 120 min, 操控机器人时间 90 min, 出血量 20 mL。术中平均网络延迟 (55.16±25.33) ms, 丢包率为 0.01%~0.1%, 术中未发生网络中断等网络不良事件。术后未发生并发症。结果表明, 5G 远程机器人辅助袖状胃切除术是安全、有效的, 具有临床应用价值。

关键词 5G 通信技术; 机器人辅助手术; 袖状胃切除术

中图分类号 R608 R656.6 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 01-0024-04

Feasibility analysis on the first case of 5G remote robot-assisted sleeve gastrectomy in the world (with surgical video)

WANG Xiaopeng^{1,2}, WANG Yan¹, HU Ming¹, NIU Xiangdong¹, ZHANG Xu¹, YANG Jing¹,
MA Yuntao^{1,2}, SU He¹

(1.Department of General Surgery, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, China; 2.Key Laboratory of Molecular Diagnostics and Precision Medicine for Surgical Oncology in Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

Abstract The first case of 5G remote sleeve gastrectomy assisted by domestic Toumai[®] Laparoscopic Surgical Robot was completed in Gansu Provincial Hospital on December 14, 2023. The operation went smoothly, with a loading time of 30 min, total operative time of 120 min, robot manipulation time of 90 min, and bleeding volume of 20 mL. The average intraoperative network delay was (55.16 ± 25.33) ms, the packet loss probability was 0.01%–0.1%, and there were no intraoperative network interruptions or other adverse network events. No postoperative complications was found. The results indicated that 5G remote robot-assisted sleeve gastrectomy is safe and effective, which has certain clinical application value.

Key words 5G Communication Technology; Robot-assisted Surgery; Sleeve Gastrectomy

肥胖是全球日益严重的慢性疾病, 已成为全球的公共问题^[1], 也是血脂异常、2 型糖尿病、脂肪肝、高血压、心脑血管疾病、多囊卵巢综合征、睡眠呼吸暂停综合征^[2]等多种疾病的重要高危因素。因此, 减重代谢手术已引起

广泛的社会关注。经检索文献发现, 截至目前, 尚无关于 5G 远程机器人辅助袖状胃切除术的相关报道。2023 年 12 月 14 日, 甘肃省人民医院普外科顺利完成全球首例 5G 远程机器人辅助袖状胃切除术。现报道如下。

基金项目: 甘肃省联合科研基金项目 (23JRRA1547); 甘肃省人民医院内科科研基金项目 (21GSSYA-3, 22GSSYC-15); 甘肃省科技计划项目任务书 (22JR5RA663)

Foundation Item: Joint Scientific Research Funding Project of Gansu Province (23JRRA1547); Scientific Research Funding Project of Gansu Provincial Hospital (21GSSYA-3, 22GSSYC-15); Science and Technology Plan Project of Gansu Province (22JR5RA663)

通讯作者: 王晓鹏, Email: wxpjm78@163.com

Corresponding Author: WANG Xiaopeng, Email: wxpjm78@163.com

引用格式: 王晓鹏, 王艳, 狐鸣, 等. 基于全球首例 5G 远程机器人辅助袖状胃切除术的可行性分析 (附手术视频) [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2025, 6 (1): 24–27.

Citation: WANG X P, WANG Y, HU M, et al. Feasibility analysis on the first case of 5G remote robot-assisted sleeve gastrectomy in the world (with surgical video)[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(1): 24–27.

注: 王晓鹏, 王艳为共同第一作者

Co-first author: WANG Xiaopeng, WANG Yan

1 临床资料

患者，女，41 岁，体重 86 kg，身高 161 cm，腰围 100 cm，BMI 33.18 kg/m²。患者体重渐进性增加 3 年，经非手术治疗未能改善，影响生活质量。术前检查：生化全项及糖化血红蛋白示空腹血糖 8.1 mmol/L，餐后 2 h 血糖 9.6 mmol/L，糖化血红蛋白 7.4%，甘油三酯 2.3 mmol/L，尿酸 413 mmol/L；彩超提示：中度脂肪肝；睡眠监测提示：重度阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征（Obstructive Sleep Apnea-hypopnea Syndrome, OSAHS）。结合患者病史及检查，术前诊断为代谢综合征、2 型糖尿病、中度脂肪肝、高脂血症、重度 OSAHS、月经紊乱。术前准备：组织术前多学科讨论，制订详尽的手术方案及 5G 远程手术应急预案，麻醉手术科及 5G 远程操控技术保障团队紧密配合。拟行手术：5G 远程机器人辅助袖状胃切除术。本研究获得甘肃省人民医院中心伦理委员会（伦理号：2023-674）批准，并获得患者的知情同意。

2 方法

2.1 手术设备与网络设备 本次手术选用国产图迈[®]腔镜机器人手术系统，包括患者手术平台、医生主操作台、高清图像平台 3 部分。操作过程中使用机器人无损伤抓钳、超声刀、高频单极

电钩、机器人持针器、直线切割闭合器及 3D 镜头完成相应操作。医生主操作台位于甘肃省人民医院新区医院手术室，患者手术平台与高清图像平台位于甘肃省人民医院本部手术室，手术医生与患者相距 75.6 km。机器人主操作台与床旁手术平台通过电信公共 5G 无线网络和 5G 客户端设备（Customer Premise Equipment, CPE）进行连接^[3]，保障手术三维成像的稳定传输（如图 1）。网络宽带本地端：上行带宽 > 91.2 Mbps，下行带宽 > 582.3 Mbps；远程端：上行带宽 > 96.61 Mbps，下行带宽 > 594.78 Mbps。

网络监控员在手术实施过程中实时监测网络通信质量，及时调整并预警网络状态，最大限度地保持手术的安全^[4]。若术中发生 5G 网络中断，及时暂停 5G 远程机器人手术，改为常规机器人手术。

2.2 手术步骤 根据机器人辅助袖状胃切除术操作指南^[5]，患者全麻插管后，取仰卧分腿位，常规消毒铺单后，采用 4 孔法。甘肃省人民医院本部手术室人员确认手术视野清楚、机器人操作无延迟后，手术控制权可顺利切换到远程操控端。远程端主操作台确认接管操控权后正式开始手术。术者提起远端大弯侧胃壁，距幽门约 4 cm 处紧贴胃壁切开胃结肠韧带等，最后将胃翻起，切断胃后壁粘连。麻醉医师经口置入

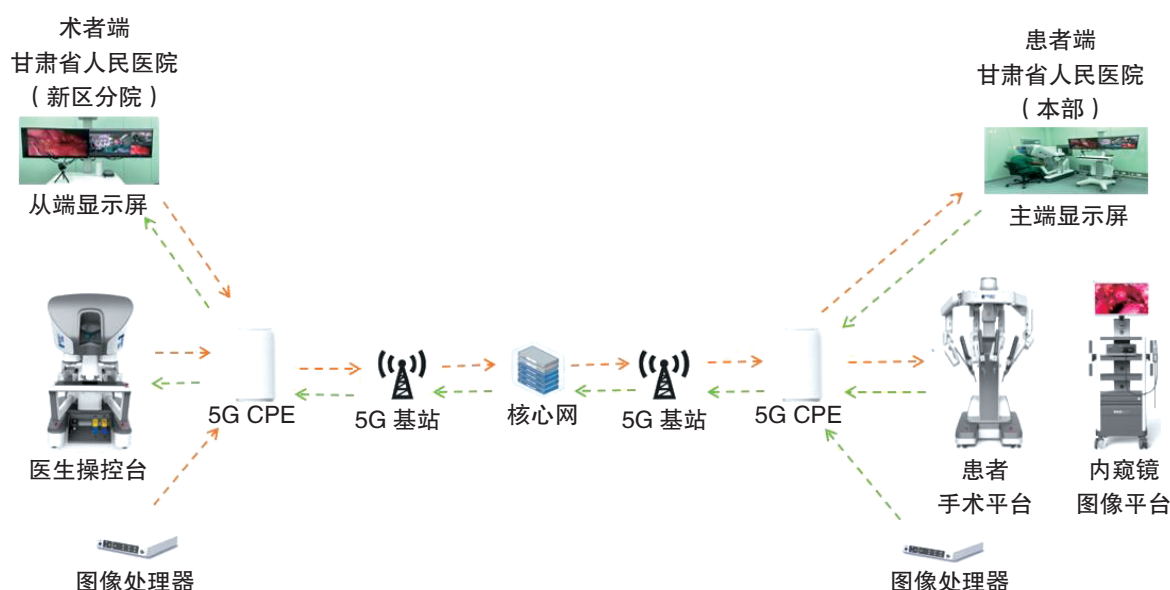


图 1 5G 远程机器人手术网络示意图

Figure 1 Schematic diagram of 5G network in remote robot-assisted surgery

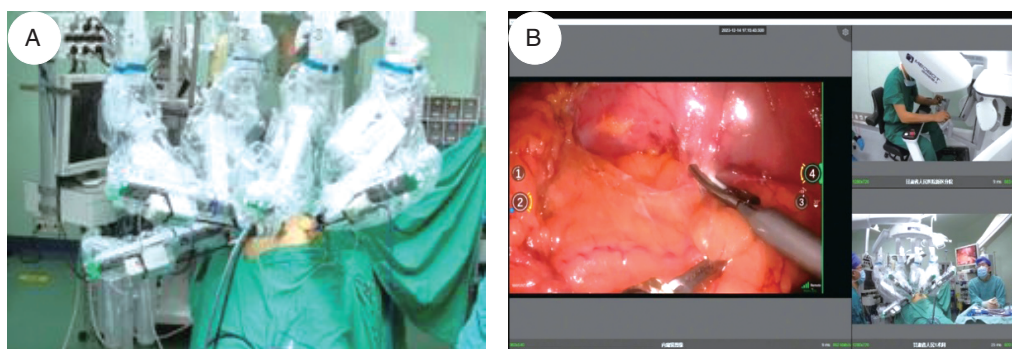


图2 远程机器人辅助手术体位及术中情况

Figure 2 Patient position and intraoperative conditions in remote robot-assisted surgery

注：A. 患者体位摆放；B. 术中情况

一次性 36 Fr 胃校正管，沿胃小弯至十二指肠球部作为指引。取腔内直线切割闭合器从幽门近端 4 cm 处作为切割起点，行袖状胃切除术，确保近端切缘距 His 约 1.0 cm。检查切缘平齐无出血，无旋转。取 2.0 倒刺线行浆肌层缝合包埋切缘，两端行荷包缝合包埋残角。复位大网膜并将其平整地缝至胃切缘。0.9% 氯化钠溶液冲洗腹腔，检查无异常，自右上腹部戳孔取出标本。撤除机械臂，留置腹腔引流管，依据解剖结构缝合腹部切口。

3 结果

术中电信 5G 网络信号稳定，手术进行时主从端沟通良好，术中平均网络延迟为 (55.16 ± 25.33) ms，丢包率为 0.01%~0.1%。术中出现网络抖动 3.8 ms，术者操控感良好，术中未出现网络中断问题。手术顺利完成，手术总时长为 120 min，装机时间 30 min，5G 远程机器人操作时长为 90 min，估计出血量为 20 mL。麻醉清醒后拔除尿管，术后 22 h 排气，术后 48 h 拔出腹腔引流管，术后 72 h 出院。无术中、术后并发症发生。

4 讨论

21 世纪以来，全球进行了多次远程手术的探索，包括骨科、腔镜微创等手术^[6-7]。研究认为，远程手术的发展^[8]主要取决于网络技术及外科医生的操作。为保障远程机器人手术系统的正常运行，各大运营商不断优化网络平台，以提高远程机器人手术的精准度与安全性。2001 年，美国

与法国进行了第一例远程手术，即著名的“林德伯格手术”（Lindbergh 手术）^[9]，证实了远程手术的可行性。随着技术的发展，5G 远程手术已不是幻想。2019 年，西班牙利用 5G 远程技术指导完成了 1 例人体肠道肿瘤切除手术^[10]，该手术被视为全球首例使用 5G 通信的临床手术^[11]。

减重代谢手术是近几年快速发展的学科，手术方式有 Roux-en-Y 胃旁路术^[12]、胆胰分流术^[13]、胃束带术^[14]、袖状胃切除术^[15]等术式。目前常用的术式是袖状胃切除术，其术式简单，术后并发症少^[16]，患者恢复快，得以广泛应用。机器人辅助袖状胃切除术是安全可行的^[17-18]，其应用长钉闭合器缝合更安全，可以减少出血、胃漏^[17,19]等术后并发症发生。5G 远程机器人辅助手术的临床应用有助于医疗资源共享，解决医疗资源的不平衡问题^[20]。

传统腹腔镜手术与机器人辅助手术的术式基本相同，术者若具备丰富的传统腹腔镜手术经验，可缩短机器人辅助腹腔镜手术学习曲线^[21]，在进行 5G 远程机器人手术时也会更加得心应手。5G 远程机器人辅助手术在操作过程中需要保障网络运行的稳定性^[22]，避免因网络延迟而出现操作中断等问题。手术过程中，信号传输不稳定可能会导致术者操作延误，给术者造成心理压力^[23]，增加手术失败的风险。

本例手术采用国产图迈[®]腔镜机器人手术系统，团队在前期国产机器人手术经验积累的基础上，具备较完善的 5G 远程手术操作技能。基于远程机器人主从端双主刀模式的设置，可

以充分保障患者手术过程的安全性。本例手术顺利完成，未出现网络系统问题。该手术的成功实施，验证了 5G 远程手术在减重代谢外科应用中的安全性和有效性。

我国机器人手术技术起步晚^[24]，但近年来发展迅速，已有多个平台的国产手术机器人成功应用于临床。5G 通信技术与机器人手术技术结合可以打破医疗技术的地域限制，节约医生与患者的时间，在我国实现对偏远地区进行远程医疗救助，且远程医疗的数据更容易共享，能够进一步改变现有的诊疗模式，实现医疗资源的下沉^[25-29]。虽然目前机器人手术系统尚未完全普及，但 5G 远程机器人手术将是未来发展的主力军^[30]，将有助于更多的优质资源下沉，从而使基层患者获益。

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明：王晓鹏负责实施研究，获得研究经费支持；王艳负责撰写文章，采集数据；狐鸣负责实施研究，分析数据；牛向东、张旭负责实施研究；杨婧负责对文章的知识性内容作批评性审阅；马云涛负责行政、技术及材料支持；苏河负责指导文章撰写。

参考文献

- [1] Bray G A, Kim K K, Wilding J P H, et al. Obesity: a chronic relapsing progressive disease process. A position statement of the World Obesity Federation [J]. *Obes Rev*, 2017, 18(7): 715-23.
- [2] Scopinaro N. Bariatric metabolic surgery [J]. *Rozhl Chir*, 2014, 93(8): 404-415.
- [3] 田禹, 黄佳, 李剑涛, 等. 5G 远程机器人辅助胸腔镜下肺叶切除术的动物实验研究 [J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2023, 30(8): 1112-1115.
- [4] Ahad A, Tahir M, Aman Sheikh M, et al. Technologies trend towards 5G network for smart health-care using IoT: a review [J]. *Sensors*, 2020, 20(14): 4047-4069.
- [5] 中国研究型医院学会微创外科学专业委员会, 中国医药教育协会代谢病专业委员会. 机器人辅助袖状胃切除术操作指南 (2020 年版) [J]. *腹腔镜外科杂志*, 2021, 26(1): 1-6.
- [6] Walker J P. Status of the rural surgical workforce [J]. *Surgical Clinics of North America*, 2020, 100(5): 869-877.
- [7] Jara R D, Guerrón A D, Portenier D. Complications of robotic surgery [J]. *Surgical clinics of North America*, 2020, 100(2): 461-468.
- [8] ZHENG J L, WANG Y H, ZHANG J, et al. 5G ultra-remote robot-assisted laparoscopic surgery in China [J]. *Surg Endosc*, 2020, 34(11): 5172-5180.
- [9] Marescaux J, Leroy J, Gagner M, et al. Transatlantic robot-assisted telesurgery [J]. *Nature*, 2001, 413(6854): 379-380.
- [10] 韩晓光, 张琦, 何达. 远程医疗机器人手术研究进展 [J]. *邵阳学院学报 (自然科学版)*, 2022, 19 (5): 103-107.
- [11] Yang G Z, J Nelson B, Murphy R R, et al. Combating COVID-19—The role of robotics in managing public health and infectious diseases [J]. *Science Robotics*, 2020, 5(40): 1-2.
- [12] Peterli R, Wölnerhanssen B K, Peters T, et al. Effect of laparoscopic sleeve gastrectomy vs laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass on weight loss in patients with morbid obesity [J]. *Jama*, 2018, 319(3): 255-265.
- [13] Alqahtani A, Almayouf M, Billa S. From biliopancreatic diversion to one anastomosis gastric bypass, technique explanation and outcome [J]. *Obesity Surgery*, 2022, 32(4): 1405-1408.
- [14] Beitner M, Kurian M S. Laparoscopic adjustable gastric banding [J]. *Abdom Imaging*, 2012, 37(5): 687-689.
- [15] Phillips B T, Shikora S A. The history of metabolic and bariatric surgery: Development of standards for patient safety and efficacy [J]. *Metabolism*, 2018. DOI: 10.1016/j.metabol.2017.12.010.
- [16] 颜朝阳, 颜振民, 张志, 等. 袖状胃切除术与 Roux-en-Y 胃转流术治疗肥胖及 2 型糖尿病疗效的 Meta 分析 [J]. *内蒙古医科大学学报*, 2016, 38 (1): 7.
- [17] Ayloo S, Buchs N C, Addeo P, et al. Robot-assisted sleeve gastrectomy for super-morbidly obese patients [J]. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, 2011, 21(4): 295-299.
- [18] Diamantis T, Alexandrou A, Nikiteas N, et al. Initial experience with robotic sleeve gastrectomy for morbid obesity [J]. *Obesity Surgery*, 2010, 21(8): 1172-1179.
- [19] Chen B, Kiriakopoulos A, Tsakayannis D, et al. Reinforcement does not necessarily reduce the rate of staple line leaks after sleeve gastrectomy. A review of the literature and clinical experiences [J]. *Obesity Surgery*, 2008, 19(2): 166-172.
- [20] 郭玉玲, 刘钦普. 中国医疗卫生发展水平区域差异综合评价 [J]. *中国卫生统计*, 2016, 33(2): 251-253.
- [21] 王霖, 王晓晖, 张书峰, 等. 机器人辅助腹腔镜下新生儿先天性胆总管囊肿手术: 国内首例报道 (附视频) [J]. *机器人外科学杂志*, 2024, 5(1): 85-90.
- [22] LI C J, ZHENG J L, ZHANG X, et al. Telemedicine network latency management system in 5G telesurgery: a feasibility and effectiveness study [J]. *Surgical Endoscopy*, 2024, 38(3): 1592-1599.
- [23] 郭进, 苏河, 马云涛. 国产图迈手术机器人 5G 信号 + 远程动物手术时主刀医师心理压力的调查与分析 [J]. *中国普外基础与临床杂志*, 2023, 30(10): 1205-1209.
- [24] Atiyeh B S, Gunn S W, Hayek S N. Provision of essential surgery in remote and rural areas of developed as well as low and middle income countries [J]. *Int J Surg*, 2010, 8(8): 581-585.
- [25] Roa L, Jumbam D T, Makasa E, et al. Global surgery and the sustainable development goals [J]. *British Journal of Surgery*, 2019, 106(2): 44-52.
- [26] Shahzad N C T, Gala T. Telesurgery prospects in delivering healthcare in remote areas [J]. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 2019, 69(1): 69-71.
- [27] Ahamed M M, Faruque S. 5G network coverage planning and analysis of the deployment challenges [J]. *Sensors (Basel)*, 2021, 21(19): 6608-6634.
- [28] Jain S, Jain P K. 5G Technology for healthcare and its health effects: wonders, dangers, and diligence [J]. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 2022, 11(11): 6683-6686.
- [29] Mishra L, Vikash, Varma S. Seamless health monitoring using 5g nr for internet of medical things [J]. *Wireless Personal Communications*, 2021, 120(3): 2259-2289.
- [30] Gkagkas G, Vergados D J, Michalas A, et al. The advantage of the 5g network for enhancing the internet of things and the evolution of the 6G network [J]. *Sensors (Basel)*, 2024, 24(8): 2455-2472.

收稿日期：2024-08-27
编辑：刘静凯