

## 5G 远程机器人辅助远端胃癌根治术一例报道 (附手术视频)



扫码观看视频

詹渭鹏<sup>1,2</sup>, 马于祺<sup>1</sup>, 狐鸣<sup>1,2,3</sup>, 杨婧<sup>1,2</sup>, 郭进<sup>1,2</sup>, 黄显斌<sup>1,2</sup>,  
邓渊<sup>1,2</sup>, 蒋智良<sup>1,2</sup>, 蔡辉<sup>2,3</sup>, 王晓鹏<sup>1,2</sup>, 马云涛<sup>1,2,3</sup>

(1. 甘肃省人民医院普外科 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省人民医院机器人外科中心 甘肃 兰州 730000;  
3. 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** 本研究报道了世界首例 5G 远程图迈<sup>®</sup>腹腔镜手术机器人辅助腹腔镜下胃癌根治术, 该手术于 2023 年 5 月 19 日在甘肃省人民医院普外科完成。手术采用本中心创新的“3+2”模式机器人辅助胃癌根治术, 并遵循“程序化胃癌手术七步法”进行了淋巴结的清扫。手术过程顺利, 总手术时间为 250 min, 主从控制时间为 190 min, 术中出血约 50 mL。术后麻醉恢复后, 患者拔除气管插管后返回病房, 术后 10 d 病情稳定好转并成功出院。本次远程机器人辅助胃癌根治术是人体肿瘤手术的首次尝试, 初步验证了 5G 远程国产机器人手术技术可行。远程手术的应用有助于医疗资源下沉, 将有效解决目前医疗资源供需不平衡现象, 缩小地域诊疗差距, 对于降低医疗开支、减轻患者的医疗负担有十分重要的意义。

**关键词** 远程手术; 机器人辅助手术; 胃癌; 5G 通信技术

**中图分类号** R608 R656.6 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 01-0018-06

## 5G remote robot-assisted radical gastrectomy for distal gastric cancer: a case report (with surgical video)

ZHAN Weipeng<sup>1,2</sup>, MA Yuqi<sup>1</sup>, HU Ming<sup>1,2,3</sup>, YANG Jing<sup>1,2</sup>, GUO Jin<sup>1,2</sup>, HUANG Xianbin<sup>1,2</sup>, DENG Yuan<sup>1,2</sup>,  
JIANG Zhiliang<sup>1,2</sup>, CAI Hui<sup>2,3</sup>, WANG Xiaopeng<sup>1,2</sup>, MA Yuntao<sup>1,2,3</sup>

(1. Department of General Surgery, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, China; 2. Center of Robotic Surgery, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, China; 3. Key Laboratory of Molecular Diagnostics and Precision Medicine for Surgical Oncology in Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

**Abstract** The first case of 5G remote laparoscopic radical gastrectomy for distal gastric cancer assisted by Toumai<sup>®</sup> Laparoscopic Surgical Robot in the world was reported in this paper, which was completed on May 19, 2023 in Gansu Provincial Hospital. The robot-assisted radical gastrectomy was performed using our center's innovative “3+2” mode, and the lymph node dissection was carried out in accordance with the programmed seven-step method in laparoscopic radical gastrectomy for distal gastric cancer. The surgery

**基金项目:** 甘肃省自然科学基金 (22JR85RA663, 20JR10RA378); 甘肃省科技计划 (联合科研基金) 项目 (24JRR885); 甘肃省人民医院院内科研基金项目 (21GSSYB-5)

**Foundation Item:** Natural Science Foundation of Gansu Province (22JR85RA663, 20JR10RA378); Science and Technology Plan (Joint Resea Fund) Project of Gansu Province (24JRR885); Scientific Research Funding Project of Gansu Provincial Hospital (21GSSYB-5)

**通讯作者:** 马云涛, Email: 3575515665@qq.com; 王晓鹏, Email: wxpjm78@163.com

**Corresponding Author:** MA Yuntao, Email: 3575515665@qq.com; WANG Xiaopeng, Email: wxpjm78@163.com

**引用格式:** 詹渭鹏, 马于祺, 狐鸣, 等. 5G 远程机器人辅助远端胃癌根治术一例报道 (附手术视频) [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2025, 6(1): 18-23.

**Citation:** ZHAN W P, MA Y Q, HU M, et al. 5G remote robot-assisted radical gastrectomy for distal gastric cancer: a case report (with surgical video)[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(1): 18-23.

**注:** 詹渭鹏, 马于祺为共同第一作者

**Co-first author:** ZHAN Weipeng, MA Yuqi

went smoothly, with a total operative time of 250 minutes, a master-slave control time of 190 minutes, and intraoperative bleeding of approximately 50 mL. After a satisfactory recovery from anaesthesia, the patient was extubated and returned to the ward, and discharged from hospital 10 days after surgery in a stable condition. This remote radical gastrectomy for distal gastric cancer is the first attempt in human, and the results verified that 5G remote domestic robot-assisted surgery is safe and feasible. The application of remote surgery contributes to the sinking of medical resources, will effectively solve the imbalance between supply and demand of medical resources, narrow the diagnosis and treatment gap between different regions, which is of great significance for reducing medical expenses and the medical burden of patients.

**Key words** Telesurgery; Robot-assisted Surgery; Gastric cancer; 5G Communication Technology

据“2020 年全球癌症统计报告：全球 185 个国家 36 种癌症发病率和死亡率的估计”报道<sup>[1]</sup>，胃癌居全球癌症发病谱的第五位，在肿瘤相关死亡原因中排第三位。胃癌患者数量的逐年递增给患者以及医疗系统带来了巨大的经济负担。随着第五代移动通信技术的出现，机器人手术得到新的发展<sup>[2]</sup>。5G 以其高速率、低延迟、大容量的特点，推动了远程医疗领域的高速发展<sup>[3-5]</sup>。远程医疗可使医疗条件和技术相对落后地区的患者在当地医院就可以接受高质量的手术治疗<sup>[6]</sup>。远程手术的应用将有望解决目前医疗资源供需不平衡的矛盾，使优质资源利用实现最大

化，这对于患者和卫生系统都具有重要意义<sup>[7-10]</sup>。2023 年 5 月 19 日，本中心利用远程技术，成功在患者身上实施了世界首例远程机器人辅助腹腔镜远端胃癌根治术。据悉，这是全球首例 5G 远程根治性胃癌切除术。现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 病例资料** 患者，男，49 岁。主因间断上腹疼痛 5 月余就诊，行血常规和胃十二指肠镜检查，提示胃角溃疡性病变（黏膜腺癌）。血常规示血红蛋白 85 g；腹部 CT 检查（如图 1A）示胃幽门部胃壁不规则增厚、强化，肝脏、胰腺、

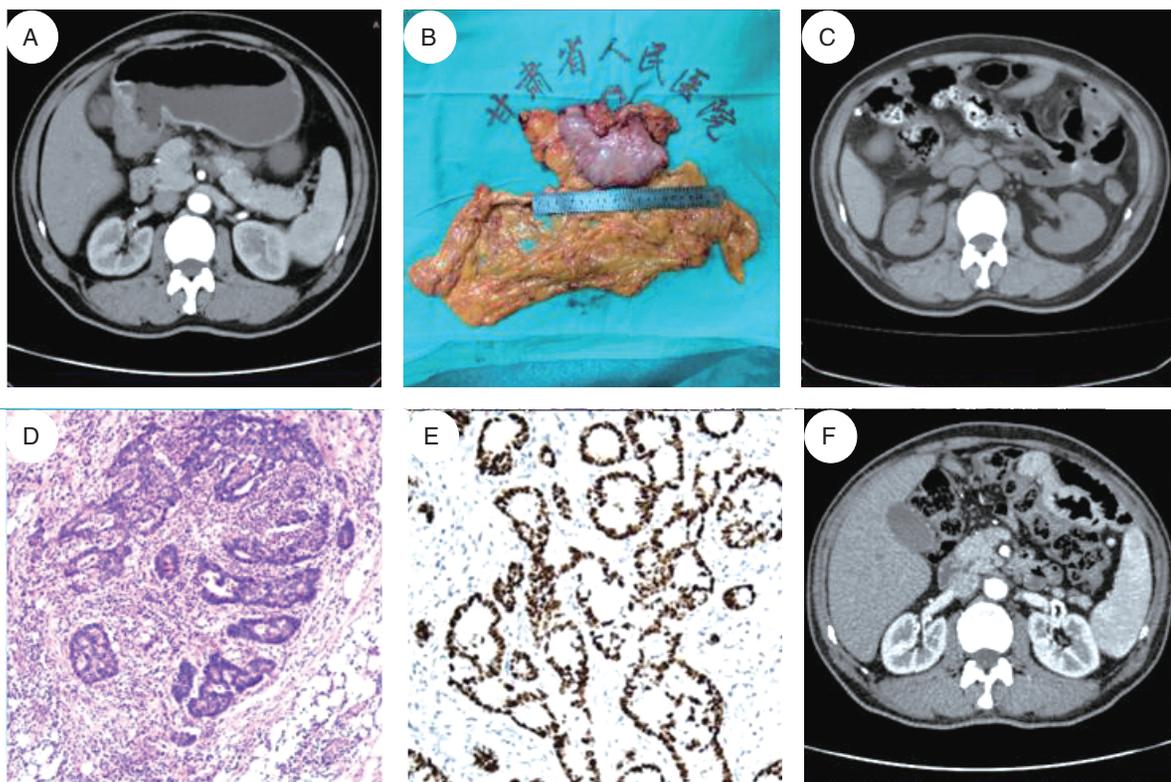


图 1 术前及术后相关检查结果

Figure 1 Preoperative and postoperative examinations

注：A. 术前腹部 CT；B. 术后标本；C. 术后腹部 CT；D. 术后组织病理检查；E. 术后免疫组织化学染色；F. 术后 6 个月复查腹部 CT

腹膜后未见明显肿大淋巴结,考虑胃癌( $T_3N_2M_x$ )。完善检验检查后,排除患者手术禁忌证行5G远程机器人辅助腹腔镜远端胃癌根治术治疗。

**1.2 机器人手术系统及网络连接** 图迈<sup>®</sup>腔镜手术机器人由5部分组成:网络连接部、主控制台、副控制台、视频车及操作臂台。主控制台及网络连接盒位于甘肃省人民医院新区分院手术室,余放置于甘肃省人民医院本部手术室,相距70 km,主从控制权可一键切换。网络连接分为3块传输信号,使用双卡网络传输,机器人操作指令和图像传输使用一张卡,环境影像和图片使用一张卡传输(如图2)。

**1.3 手术规划** 手术团队分为2组,一组在主从端,一组在患者手术间,以防网络不稳或者机器故障,备用主刀医师可以即时接管手术。调试好网络连接和机器人设备后,由主从端主刀医师操作机器人完成手术。根据“3+2”模式下机器人胃肠手术Trocar布置方法进行Trocar布局<sup>[11]</sup>,采用本中心创新的“3+2”模式下胃癌根治术(3个机械臂+2个助手)进行手术,清扫方式为程序化胃癌手术七步法:①建立戳孔,腹腔探查,悬调肝脏,摆体位,连接机器;②右侧大弯侧区域及幽门下区域(4d, 6);③幽门上区域,离断十二指肠,清扫肝十二指肠韧带(5, 12a);④胰腺前方区域(7, 8a, 8p, 9, 11p);⑤小弯侧区域(1, 3);⑥左

侧胃大弯区域(4sb);⑦离断胃标本,近端胃和空肠吻合<sup>[12]</sup>(如图3)。

**1.4 网络连接与保护** 外科医生控制台和操作台之间的连接是通过公共5G无线网络建立的。5G用户端设备(Customer Premise Equipment, CPE)用作5G基站生成的5G无线网络信号的终端接收器,手术数据也从5G CPE传输到5G基站。然后,数据通过5G核心网络从该基站传输到目的地基站。本研究中,5G无线网络的带宽为1 Gb/s,通过智能防火墙建立了虚拟专用网络(VPN)进行加密传输,并通过VPN分配互联网协议(IP)地址,中国电信运营商对5G网络情况进行了实时监控。为了更客观地评估5G网络,本研究建立了有线互联网连接作为备选方案。外科医生控制台和患者端使用专用线路(100 Mb/s, 中国电信)通过公共互联网连接,固定的IP地址被分配给双方,同时监测双方有线互联网连接的延迟时间。两地之间的视频会议系统使用另一条专线(100 Mb/s, 中国电信)通过公共互联网连接。

此次网络攻击由Sangfor在各地同时发起,部分境外攻击由代理商完成。模拟攻击类型主要包括SQL注入、信息泄露攻击、网页账号爆破、Webshell恶意文件上传等。通过态势感知和下一代防火墙联动,记录攻击行为,保护网络安全。

**1.5 伦理** 本次手术符合相关法律、伦理及“赫

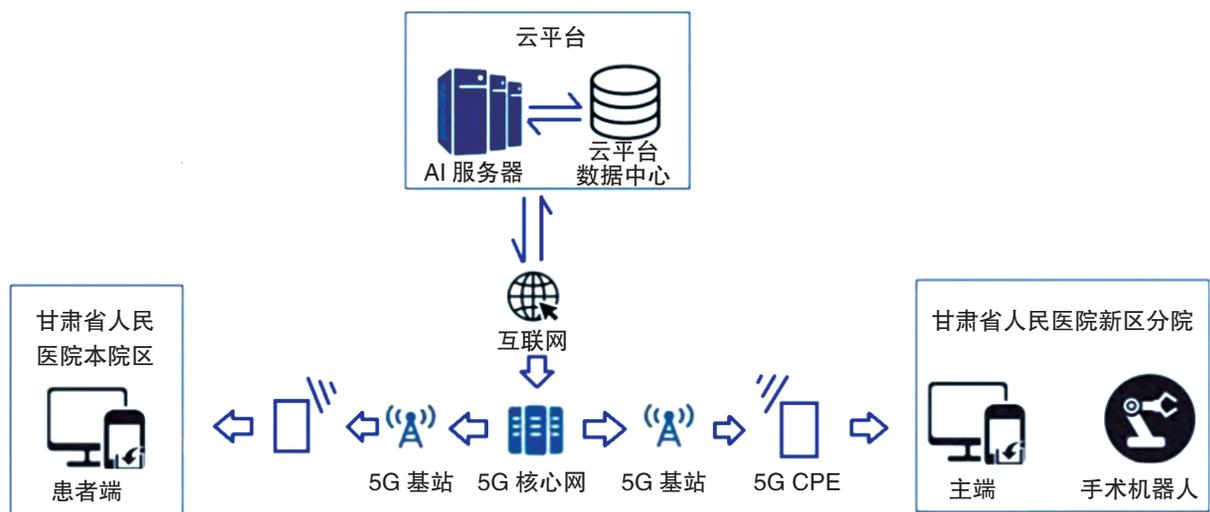


图2 机器人手术系统及网络连接模式图  
Figure 2 Schematic diagram of robotic surgical system and network connection

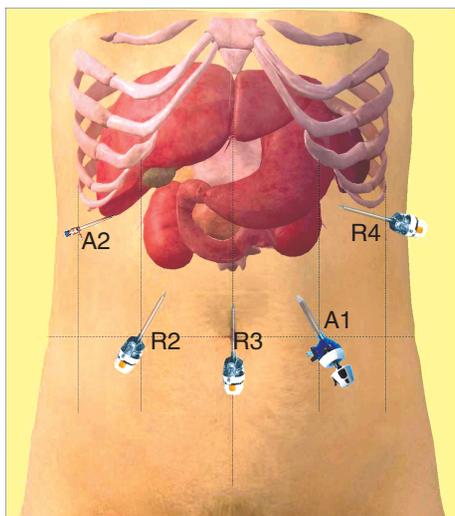


图3 Trocar 布局

Figure 3 Trocar layout

尔辛基宣言”，并经甘肃省人民医院医学伦理委员会批准（伦理审批号 2023-328）。同时，与患者及家属充分沟通并告知本次手术的利弊，患者及家属同意手术并签署知情同意书和手术同意书。

## 2 结果

**2.1 网络运行及手术结果** 本例5G远程远端胃切除+毕Ⅱ式吻合手术顺利完成。在整个手术过程中，网络信号运行良好，网络最大延时 121 ms，最小延时 30 ms，平均延时 43 ms，网络抖动 3.8 ms，移动执行器末端指令到机器人臂末端运动平均延误时间 <50 ms；未出现数据包丢失现象；术中未发生网络相关不良事件及机器人相关不良事件。手术过程顺利，主从控制时间为 190 min，术中出血量 50 mL。患者 24 h 视觉模拟量表评分（Visual Analogue Scale, VAS）为 3 分，疼痛程度较低。术后标本如图 1B。于术后 50.2 h 开始排气，2.5 d 开始进流食。术后患者无重大并发症发生，术后 6 d 复查腹部 CT（如图 1C）。术后 10 d 患者病情稳定好转，予以出院。

**2.2 随访结果** 术后随访患者，术中标本送检病理表现为溃疡型，中分化腺癌（ $T_3N_2M_0$ ）；免疫组织化学染色结果提示癌细胞伴有神经内分泌分化，P53 野生型，Her-2（2+，可疑阳性），如图 1D~1E。基于以上结果给予患者奥沙利铂+

卡培他滨化疗方案，患者术后共接受了 6 次化疗，均未诉特殊不适，无化疗不良反应。第 6 次化疗后行腹部增强 CT 随访提示胃癌切除术后改变，术区未见异常复发征象。无复发及转移，肿瘤标志物正常（如图 1F）。

## 3 讨论

21 世纪初，国外医生首次进行了人体远程机器人手术<sup>[13]</sup>，虽然未纳入临床实践，但开创了外科手术新纪元。自里程碑事件以来，由于网络通信系统的局限性，远程机器人手术一直进展缓慢。数据传输速度是执行长距离远程数据的主要障碍，而使用光纤作为网络传输媒介成本昂贵，不利于推广应用，使得远程机器人手术发展受阻。远程医疗自此经历了漫长的发展历程，期间国外有研究团队进行远程手术的尝试，但也只是零星的研究。随着 5G 移动通信技术的出现，远程机器人手术发展缓慢的核心问题——网络延迟得以解决，为远程机器人手术的网络方案提供了有力支撑，使得远程机器人手术的安全性、时效性得到保障，从而使国内远程机器人手术在国际上实现弯道超车。随着国产机器人手术系统的上市，2018 年 12 月解放军总医院刘荣等人<sup>[14]</sup>成功进行了国际上首次 5G 远程手术动物实验，其结果初步验证了 5G 远程国产机器人手术的安全性和可行性，对远程机器人手术的推广具有重要的指导意义。自此国内远程机器人手术的临床应用研究逐渐增加，2019 年 1 月解放军总医院神经外科团队利用 5G 技术进行人体远程手术，在三亚市顺利完成帕金森患者的脑起搏器植入术，此为国内首次运用 5G 进行的远程机器人辅助人体手术<sup>[15]</sup>。此外，北京积水潭医院脊柱外科在国内率先进行了远程机器人脊柱内固定手术的临床应用，其中还涉及一站对多地的远程手术<sup>[16]</sup>，即通过北京积水潭医院远程主控室对不同医院的患者进行交替指导和手术，这为未来实现更宽领域的多点协作诊疗提供了参考。为了探索更远距离的远程机器人手术的效果及稳定性，江苏省人民医院联合新疆克州人民医院的泌尿外科团

队进行了新的尝试,其使用图迈®腔镜手术机器人在两地直线距离超过3800 km、通信距离超过5500 km的情况下,对两例精索静脉曲张患者成功实施了远程手术<sup>[17]</sup>。5G通信技术结合医学人工智能在不断加速微创外科的发展进度,使远程机器人手术不断取得新的突破<sup>[18-20]</sup>。

本研究中,本中心成功实施了5G远程机器人辅助腹腔镜下胃癌根治术,并进行了D2淋巴结清扫。在手术过程中,主刀医生深刻体会到了5G通信技术带来的实时传输优势,这不仅提高了手术的精确度,还增强了术者远程操作的信心。例如,5G通信技术极低的延迟和高带宽确保了术中图像和数据传输的流畅性,使得医生能够清晰、实时地观察手术现场,从而更好地进行决策。基于患者术中各项指标及术后随访情况的分析,本研究初步验证了远程机器人辅助胃部手术的安全性和有效性,填补了5G远程机器人技术在胃外科领域的空白,为后续在临床实践中开展远程胃外科手术奠定了坚实的基础。

基于前期充分的远程动物实验基础,本中心不断探索更安全的手术方式。在本次远程手术中,为了确保远程手术的安全性,在主控制室远程操作的同时,患者所处手术室也同样配备了一台相同的操作台和一名具有丰富机器人手术经验的外科医生,同时为患者配备紧急医疗救助团队,当出现手术或网络不良事件时,可瞬间切换为副操作台接管手术,充分保障了患者的生命健康与手术获益。

5G通信技术在远程机器人手术中发挥着重要作用,其具有的低延时、大容量、高带宽等优势,是远程机器人手术发展的催化剂<sup>[21-22]</sup>。在本次研究中,使用了CPE作为5G基站产生的无线网络信号的终端接收器,医生操作台与患者手术平台产生的数据均由CPE传输到基站,然后通过甘肃电信5G核心网实现数据的交互。在手术过程中,医生操作台通过捕捉术者的手术操作指令并转换为控制信号,经过5G网络传输至患者手术平台,同时将控制信号转换成实际的机械臂动作。同样,在患者手术端的内窥镜图像平台不断捕捉手术视野,并在显示器上

以2D图像形式呈现给助手观看,视野图像信息被CPE发送至5G基站,通过甘肃电信5G核心网将数据传输到主刀医生操作台的3D显示器上。通过Ping命令反馈值实时监测环路中两端设备网络时延、网络波动以及丢包率等参数。使用CPE作为无线信号终端接收器,信号传输稳定,经济便捷,未来同样也适合在基层推广。

虽然本中心成功进行了远程机器人辅助胃部手术,术后未出现相关并发症,展示了远程机器人手术的获益,但仍需更多的临床应用研究进一步证实其安全性和可行性。目前,远程机器人手术主要应用于泌尿外科和骨科等领域,为更好地推动其临床应用,亟需进行多学科、多中心、前瞻性的临床试验深入探索其可靠性。

随着国内5G网络的普及和推广,远程机器人手术在临床中的应用前景将不断扩大。目前,虽然远程机器人手术面临诸多困难,但随着远程机器人技术的成熟,许多难题将逐一解决,患者对其的认知和接受度将不断加深,传统的诊疗模式也将被改变。远程机器人手术是未来外科发展的大趋势,相信在不远的将来,远程机器人手术的发展将极大地提升基层医疗水平,提高患者满意率,实现医疗资源的进一步优化。

**利益冲突声明:** 本文不存在任何利益冲突。

**作者贡献声明:** 詹渭鹏、马于祺负责实施研究,采集数据,统计并分析数据,起草文章;狐鸣、杨婧负责设计实验,统计并分析数据,对文章的知识性内容作批判性审阅;郭进、黄显斌辅助实施研究,对文章的知识性内容作批判性审阅;邓渊、詹渭鹏、蒋智良负责对文章的知识性内容作批判性审阅,获取研究经费及提供支持性贡献;蔡辉、王晓鹏、马云涛负责设计实验,对文章的知识性内容作批判性审阅,指导文章撰写,提供行政、技术和材料支持。

## 参考文献

- [1] 刘宗超,李哲轩,张阳,等. 2020全球癌症统计报告解读[J]. 肿瘤综合治疗电子杂志, 2021, 7(2): 1-14.
- [2] Ticonosco M, Pissavini A, Collà Ruvolo C, et al. From simulation to surgery, advancements and challenges in robotic training for radical prostatectomy: a narrative review [J]. Chinese clinical oncology, 2024, 13(4): 55-67.
- [3] 武玉多,蔡月日,翟羿,等. 5G+人工智能在外科手术过程中的应用探讨[J]. 中国数字医学, 2022, 17(6): 6-9.
- [4] Pandav K, Te A G, Tomer N, et al. Leveraging 5G technology for robotic surgery and cancer care [J]. Cancer Reports, 2022, 5(8): e1595-e1607.

- [5] Moustris G, Tzafestas C, Konstantinidis K. A long distance telesurgical demonstration on robotic surgery phantoms over 5G [J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2023, 18(9): 1577-1587.
- [6] YANG X C, WANG Y H, JIAO W, et al. Application of 5G technology to conduct tele-surgical robot-assisted laparoscopic radical cystectomy [J]. *Int J Med Robot*, 2022, 18(4): e2412-e2424.
- [7] 刘荣, 赵国栋, 孙玉宁, 等. 5G 远程机器人手术动物实验研究 [J]. *中华腔镜外科杂志 (电子版)*, 2019, 12(1): 45-48.
- [8] Mammás C S, Mamma A S. Remote monitoring, AI, machine learning and mobile ultrasound integration upon 5G internet in the prehospital care to support the golden hour principle and optimize outcomes in severe trauma and emergency surgery [J]. *Stud Health Technol Inform*, 2024. DOI: 10.3233/SHTI240782.
- [9] 邵丹, 陈立鑫, 王艳霞, 等. 四级医疗机构联动体系下 5G+ 区域急救指挥中心提升内蒙古东部地区急危重症患者救治能力的应用研究 [C]//《中国医院管理》杂志. 第 13 届中国医院院长大会首届中国医院管理创新与实践优秀案例集. 兴安盟人民医院, 2024. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.025517.
- [10] 张其杰, 杨杰, 阿衣努尔·买买提力, 等. 5G 远程超声检查在网络远程会诊及边远牧区义诊中的应用探索 [J]. *临床超声医学杂志*, 2023, 25(2): 85-89.
- [11] 狐鸣, 马雕龙, 张文涛, 等. 机器人“3+2”模式胃肠手术 Trocar 布置方法的总结与实践 [J]. *中华普通外科杂志*, 2023, 38(8): 589-594.
- [12] 黄显斌, 狐鸣, 蔡辉, 等. 程序化达芬奇机器人“3+2”模式“七步法”远端胃癌根治术 [J]. *中国肿瘤临床*, 2022, 49(3): 124-128.
- [13] Jacques M, Joel L, Francesco R, et al. Transcontinental robot-assisted remote telesurgery: feasibility and potential applications [J]. *Annals of Surgery*, 2002, 235(4): 487-492.
- [14] 刘荣, 赵国栋, 孙玉宁, 等. 5G 远程机器人手术动物实验研究 [J]. *中华腔镜外科杂志 (电子版)*, 2019, 12(1): 45-48.
- [15] 宗睿, 徐欣, 毛之奇, 等. 5G 通讯远程操控脑深部电刺激术治疗颅脑疾病的初步研究 [J]. *中华神经外科杂志*, 2019, (12): 1200-1204.
- [16] 田伟, 张琦, 李祖昌, 等. 一站对多地 5G 远程控制骨科机器人手术的临床应用 [J]. *骨科临床与研究杂志*, 2019, 4(6): 349-354.
- [17] 周翔, 王家寅, 朱祥, 等. 超远程 5G 机器人辅助腹腔镜下精索静脉高位结扎术 2 例报道及文献复习 [J]. *中华男科学杂志*, 2022, 28(8): 696-701.
- [18] Qureshi H N, Manalastas M, Ijaz A, et al. Communication requirements in 5G-enabled healthcare applications: review and considerations [J]. *Healthcare*, 2022, 10(2): 293-326.
- [19] Dananjayan S, Raj G M. 5G in healthcare: how fast will be the transformation? [J]. *Irish Journal of Medical Science*, 2021, 190(2): 497-501.
- [20] TIAN W. Exploration and prospect of 5G application in telemedicine [J]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2020, 58(1): 1-4.
- [21] Lacy A M, Bravo R, Otero-Piñeiro A M, et al. 5G-assisted telementored surgery [J]. *The British Journal of Surgery*, 2019, 106(12): 1576-1579.
- [22] Devi D H, Duraisamy K, Armghan A, et al. 5G Technology in healthcare and wearable devices: a review [J]. *Sensors*, 2023, 23(5): 2519-1540.

收稿日期：2024-08-27

编辑：刘静凯

（上接 17 页）

- [5] Marescaux J, Leroy J, Rubino F, et al. Transcontinental robot-assisted remote telesurgery: feasibility and potential applications [J]. *Ann Surg*, 2002, 235(4): 487-492.
- [6] 张辉. 加快 5G 网络建设及应用支撑经济高质量发展—工业和信息化部发布《关于推动 5G 加快发展的通知》[J]. *网信军民融合*, 2020, (4): 37-39.
- [7] Cadière G B, Himpens J, Gernay O, et al. Feasibility of robotic laparoscopic surgery: 146 cases [J]. *World J Surg*, 2001, 25(11): 1467-1477.
- [8] Fanfani F, Monterossi G, Fagotti A, et al. The new robotic TELELAP ALF-X in gynecological surgery: single-center experience [J]. *Surg Endosc*, 2016, 30(1): 215-221.
- [9] YI B, WANG G H, LI J M, et al. The first clinical use of domestically produced Chinese minimally invasive surgical robot system “Micro Hand S” [J]. *Surg Endosc*, 2016, 30(6): 2649-2655.
- [10] Hwang M, Kwon D S. K-FLEX: a flexible robotic platform for scar-free endoscopic surgery [J]. *Int J Med Robot*, 2020, 16(2): e2078.
- [11] Lim J H, Lee W J, Park D W, et al. Robotic cholecystectomy using Revo-i Model MSR-5000, the newly developed Korean robotic surgical system: a preclinical study [J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(8): 3391-3397.
- [12] 佚名. “图迈”腔镜手术机器人获批上市 [J]. *传感器世界*, 2022, 28(2): 38.
- [13] 黄佳, 田禹, 陆佩吉, 等. 国产图迈®微创腔镜手术机器人辅助右肺上叶切除两例 [J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2022, 29(4): 519-523.
- [14] 盛俊杰, 胡庆元, 王可洲, 等. 《美国公共卫生署人道管理和使用实验动物政策》(2015 年版) 简介 [J]. *实验动物与比较医学*, 2017, 37(4): 303-308.
- [15] 周翔, 王家寅, 朱祥, 等. 超远程 5G 机器人辅助腹腔镜下精索静脉高位结扎术 2 例报道及文献复习 [J]. *中华男科学杂志*, 2022, 28(8): 696-701.
- [16] 韩彩文, 姚亮, 闫沛静, 等. 机器人辅助与传统腹腔镜胆囊切除术治疗良性胆囊疾病疗效比较的 Meta 分析 [J]. *中国普通外科杂志*, 2018, 27(8): 955-967.
- [17] Qureshi H N, Manalastas M, Zaidi S M, et al. Service level agreements for 5G and beyond: overview, challenges and enablers of 5G-healthcare systems [J]. *IEEE Access*, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3046927.
- [18] Nguan C, Miller B, Patel R, et al. Pre-clinical remote telesurgery trial of a da Vinci telesurgery prototype [J]. *Int J Med Robot*, 2008, 4(4): 304-309.
- [19] Rayman R, Croome K, Galbraith N, et al. Robotic telesurgery: a real-world comparison of ground-and satellite-based internet performance [J]. *Int J Med Robot*, 2007, 3(2): 111-116.
- [20] You I, Sharma V, Atiqzaman M, et al. GDTN: Genome-based delay tolerant network formation in Heterogeneous 5G using inter-UA collaboration [J]. *PLoS One*, 2016, 11(12): e0167913.
- [21] Xu S, Perez M, Yang K, et al. Determination of the latency effects on surgical performance and the acceptable latency levels in telesurgery using the dV-Trainer® simulator [J]. *Surg Endosc*, 2014, 28(9): 2569-2576.

收稿日期：2024-08-27

编辑：刘静凯