

安徽省内首例 5G 远程机器人辅助根治性前列腺切除术
(附手术视频)

扫码观看视频

古宏兵¹, 程根², 杨勇飞¹, 王胜利¹, 邵胜³, 梁朝朝³

(1. 蚌埠市第三人民医院泌尿外科 安徽 蚌埠 233000; 2. 精锋医疗科技股份有限公司 北京 101111;

3. 安徽医科大学第一附属医院泌尿外科 安徽 合肥 230000)

摘要 远程手术打破了地理限制,使专家能够为偏远地区患者提供精准的手术服务,提高医疗资源配置效率。远程机器人辅助手术在技术精度、实时监控和减少人为干扰等方面优于传统会诊手术,提高了手术的质量和安全性。本文报道了 2024 年 4 月 20 日安徽医科大学第一附属医院泌尿外科梁朝朝教授及其团队应用远程手术系统完成的安徽省内首例 5G 远程机器人辅助根治性前列腺切除术。手术采用腹腔镜入路,手术过程顺利,术者未感受到延迟。手术总时长约 115 min,术中出血量约 50 mL,术后患者生命体征平稳,病理检查示切缘阴性。此案例探讨了远程手术在泌尿外科临床实践中的安全性及可行性,为其推广提供了数据支持和临床依据。

关键词 远程手术;根治性前列腺切除术;泌尿外科;5G 移动通信技术

中图分类号 R737.25 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 05-0759-05

5G remote robot-assisted radical prostatectomy: the first case report in
Anhui province (with surgical video)GU Hongbing¹, CHENG gen², YANG Yongfei¹, WANG Shengli¹, TAI Sheng³, LIANG Chaozhao³

(1. Department of Urology, Bengbu Third People's Hospital, Bengbu 233000, China; 2. Jingfeng Medical Technology Co., Ltd, Beijing 101111, China; 3. Department of Urology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230000, China)

Abstract Remote robot-assisted surgery has broken geographical barriers and allows experts to provide precise surgical services to patients in remote areas, which could further optimize medical resource allocation. Remote robot-assisted surgery excels in technical precision, real-time monitoring and reduced human interference compared to traditional consultation surgery, enhancing the quality and safety of surgery. The first 5G remote robot-assisted radical prostatectomy completed by LIANG Chaozhao's team from the Department of Urology at the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University on April 20, 2024 is reported in this paper. The surgery was performed using a laparoscopic approach. The procedure went smoothly, and the surgeon did not experience any delays. The total operative time was approximately 115 min, with an intraoperative blood loss of about 50 mL. Postoperative vital signs of the patient were stable, and negative resection margin was observed in pathological examination. Safety and feasibility of remote robot-assisted surgery in urological field were explored in this case, hoping to provide data support and clinical evidence for its promotion.

Key words Remote Surgery; Radical Prostatectomy; Urology; 5G Mobile Communication Technology

远程手术打破地理限制,使偏远地区的患者能够接受高水平专家的手术,显著提高了医疗资源的配置效率。借助手术机器人的辅助,远程手术在技术精度和操作稳定性方面超越了传统手术,减少了术中风险与人为操作误差。实时监控和双向通讯功能,使主刀医生能够即时与远程专家团队协作,确保手术中能得到即时支持并做出决策,进一步提升了手术质量和安全性^[1-4]。远程手术不仅可以让专

基金项目: 安徽省高校科研项目 (2024AH051274)

Foundation Item: Scientific Research Program for Universities in Anhui Province(2024AH051274)

引用格式: 古宏兵,程根,杨勇飞,等.安徽省内首例 5G 远程机器人辅助根治性前列腺切除术(附手术视频)[J].机器人外科学杂志(中英文),2025,6(5):759-763.

Citation: GU H B, CHENG G, YANG Y F, et al. 5G remote robot-assisted radical prostatectomy: the first case report in Anhui province (with surgical video)[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025,6(5): 759-763.

通讯作者 (Corresponding Author): 梁朝朝 (LIANG Chaozhao), Email: Liang_chaozhao@163.com

家为偏远地区患者提供手术服务，还能推动基层医院技术水平的提升^[5-7]。2024年4月20日，安徽医科大学第一附属医院与蚌埠市第三人民医院通过远程手术合作，完成了安徽省内首例5G+专线网络精锋云[®]远程手术系统（EDGE Cloud 1.0）辅助根治性前列腺切除术，手术顺利完成，网络无明显延迟，术后患者状态良好。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 患者，男性，72岁，因“发现前列腺特异性抗原（Prostate Specific Antigen, PSA）升高半年余”就诊于蚌埠市第三人民医院。经PSA检测（入院PSA 17.33 ng/mL）、会阴超声引导下前列腺穿刺活检（Gleason评分4+3=7分）和前列腺MRI检查，确诊为前列腺癌T_{2a}N₀M₀阶段（如图1）。根据最新的《CSCO前列腺癌诊疗指南》，并综合考虑患者的年龄、肿瘤分期和健康状况（无严重合并症），推荐其行根治性前列腺切除术。经安徽医科大学第一附属医院多次远程会诊，决定由该院泌尿外科梁朝朝教授团队远程指导，操控精锋云[®]远程手术系统完成此次手术。

1.2 手术方法

1.2.1 术前准备 为确保手术顺利进行，安徽医科大学第一附属医院与蚌埠市第三人民医院在术前进行了全面的准备工作，包括设备检查、网络测试、应

急预案制定等。本次远程手术采用精锋云[®]远程手术系统（精锋医疗）（如图2）^[1-2, 8]。5G网络和专线网络可通过智能调控自由切换，其超低延迟和高稳定性为手术的远程控制提供了技术保障。此外，手术团队亦行多次模拟演练，以提高操作的精确性和应急处理能力。

1.2.2 手术过程 患者取平卧位，臀下置一枕垫，常规消毒后采用经腹腔入路。于脐上缘穿刺置入气腹针，建立CO₂气腹，于腹部中线脐上约2 cm处穿刺置入12 mm Trocar，随后置入机器人镜头，观察确认腹腔脏器无副损伤和粘连后，在左右侧腹直肌外缘平镜头孔位置穿刺，置入2枚12 mm术中辅助操作Trocar，在平脐左右侧约8 cm处分别置入8 mm Trocar，依次连接机器人2号臂、1号臂，在平行2号臂Trocar穿刺点约5 cm处穿刺，置入机器人8 mm Trocar并连接机器人3号臂。

沿左右侧脐动脉及无血管平面切开双侧膀胱侧间隙，充分显露膀胱前间隙。沿前列腺、膀胱外侧脂肪囊与盆壁间的无血管平面进行松解并显露盆底筋膜，充分游离前列腺侧壁及尖部，用3-0 V-lock线缝扎前列腺尖部静脉复合体（Dorsal Vein Complex, DVC）（如图3A）。于膀胱颈与前列腺交界处打开膀胱颈及尿道前后壁，逐步游离并显露左右侧精囊及输精管，随后将其离断（如图3B~C）。用冷

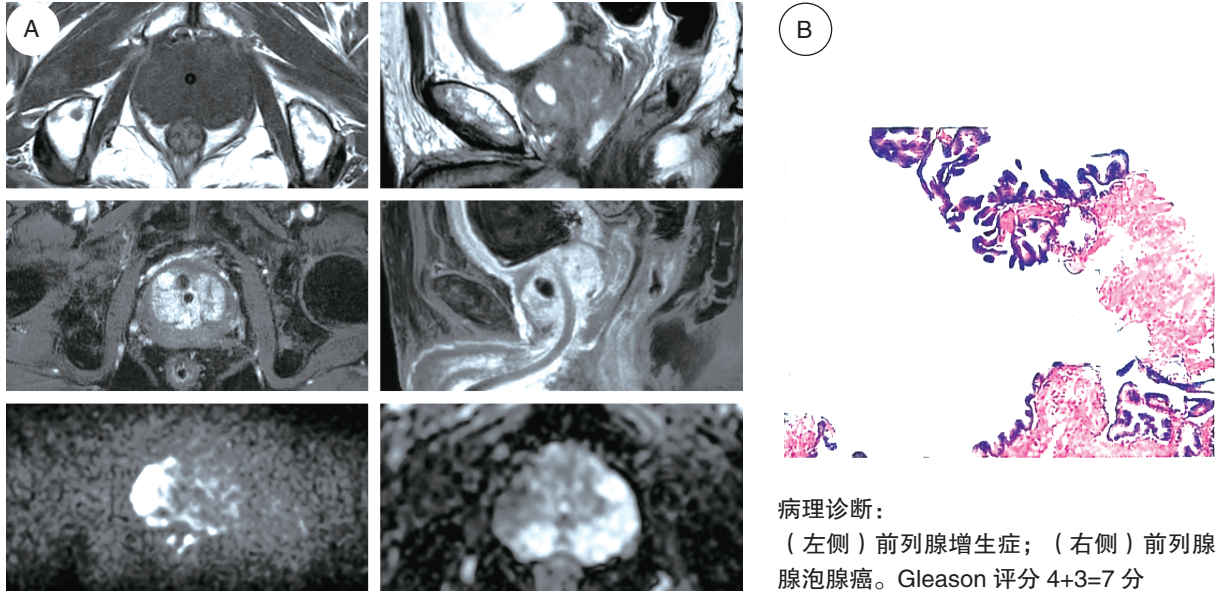


图1 术前检查
Figure 1 Preoperative examination
注：A. 前列腺MRI；B. 病理活检

病理诊断：
（左侧）前列腺增生症；（右侧）前列腺腺泡腺癌。Gleason评分4+3=7分

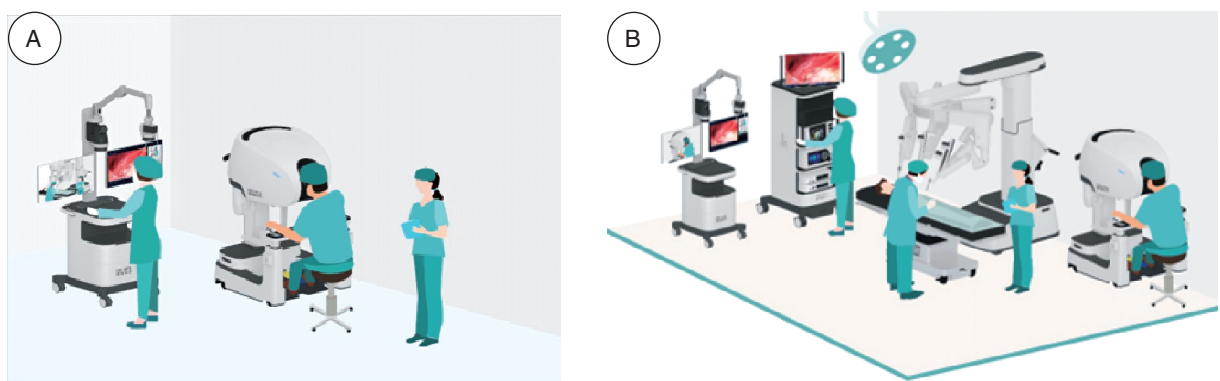


图 2 远程机器人辅助手术示意图
Figure 2 Schematic diagram of remote robot-assisted surgery
注：A. 主刀医生手术端示意图；B. 患者端手术室示意图

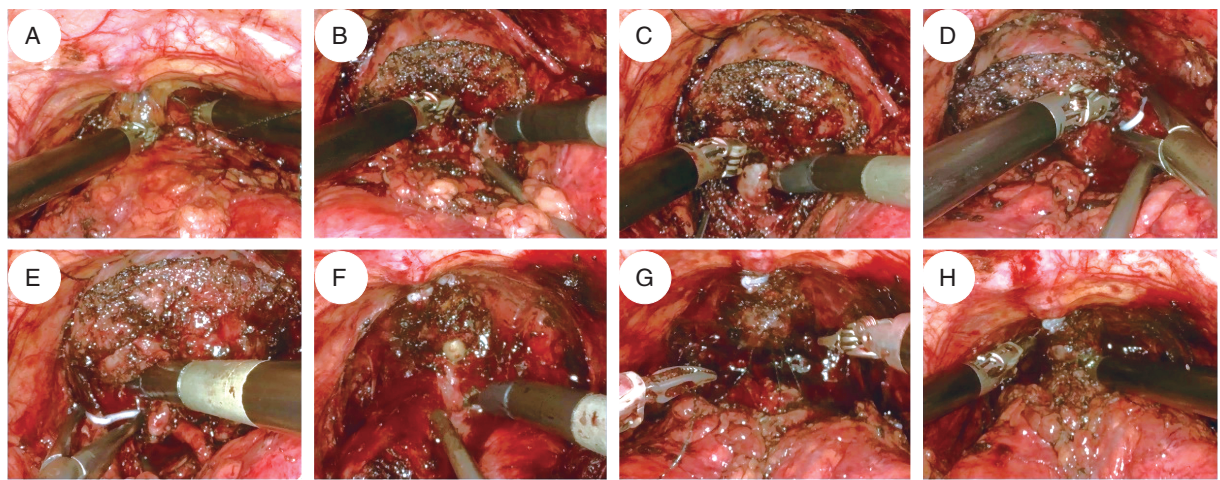


图 3 关键手术步骤
Figure 3 Key surgical procedures
注：A. 缝扎 DVC；B. 离断膀胱颈口；C. 游离精囊腺；D. 处理前列腺左侧韧带；E. 处理前列腺右侧韧带；F. 离断前列腺尖部尿道；G. 尿道与膀胱颈口的吻合；H. 膀胱注水检查吻合口缝合情况

刀切开 Denonvilliers 筋膜，游离前列腺尖部及双侧基底部血管束，用 Hem-o-lock 夹结扎双侧侧韧带血管束，离断前列腺前基质组织，逐步显露并离断尖部尿道后完整切除前列腺（如图 3D~F）。前列腺大小约 75 mL，包膜完整。创面无活动性出血后以 3-0 倒刺缝线连续缝合膀胱颈口与后尿道（如图 3G），置入 F 20 号导尿管，留置耻骨后乳胶管一根，手术结束。

1.2.3 术中应急措施 尽管 5G+ 专线网络连接稳定，但为防范突发情况，蚌埠市第三人民医院泌尿外科医生随时待命，以应对可能出现的网络中断或设备故障。此外，手术机器人还配备有手动操作模式，一旦远程操控失效，本地医生可立即接管手术，保障患者安全。

2 结果

术中 5G+ 专线网络信号稳定，视频显示延迟时间 (20.00 ± 0.06) ms，双向网络延迟时间 (6.50 ± 0.28) ms，平均延时 26.5 ms，手术全程未出现视频丢帧（如图 4）。手术操作过程中，术者未感受到延迟，主刀

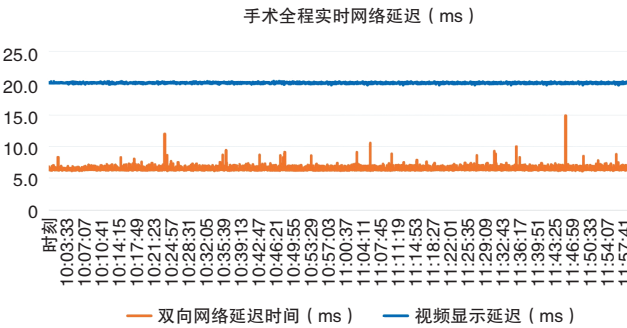


图 4 手术全程记录的网络延迟
Figure 4 Real-time network latency throughout surgery

医生的操作通过机器人的机械臂精确复现, 3D 手术影像在主控台上清晰呈现, 未出现卡顿现象。术中, 主刀医生与助手的语音交流通畅, 未出现延迟或卡顿问题。手术过程顺利, 历时 115 min, 术中未见明显出血。患者术后麻醉恢复良好, 拔除气管插管后返回病房, 于术后 3 h 恢复清醒, 生命体征平稳。术后 24 h 盆腔引流量约 20 mL。

术后第 1 天, 患者可自行下床活动, 尿管引流通畅, 无明显并发症。术后第 2 天患者恢复正常饮食, 第 8 天顺利出院。术后病理结果显示, 肿瘤切缘无残留, 切除干净。患者术后 2 周复查 PSA 水平降至 0.02 ng/mL (正常范围: 0~4 ng/mL), 提示手术效果显著。术后 3 个月, 患者排尿功能基本恢复正常, 尿控良好, 性功能逐渐恢复。术后 6 个月复查 PSA 水平为 0.05 ng/mL, 维持在正常范围内, 无肿瘤复发迹象。患者及其家属对手术效果高度满意, 并对远程手术技术在减少患者就诊交通负担和经济成本方面的优势给予高度评价。

3 讨论

随着 5G 技术的快速发展和应用, 远程手术技术得到了前所未有的突破。5G 网络与专线网络能够在智能控制下进行自由切换, 极大地提升了远程手术的稳定性和安全性^[4, 9-11]。传统的远程手术受到网络延迟、数据传输不稳定等因素的限制, 导致手术操控的反馈滞后, 影响了手术的安全性和精准性^[12-14]。相比之下, 5G 技术具备更高的带宽、更低的延时和更大的连接容量, 同时结合专线网络进行自由切换, 能够使响应时间达到毫秒级, 显著减少了手术中的操作延迟和数据传输时的视觉滞后感, 为手术的顺利进行提供了坚实的保障^[4, 9-11, 15-16]。

然而, 尽管本例手术取得了良好的效果, 远程手术在大规模应用中仍面临一些挑战。首先, 网络的稳定性和安全性需要得到进一步加强, 特别是数据传输时对涉及患者隐私的敏感数据的加密和保护至关重要; 其次, 手术器械的精确性和机器人的反馈系统仍需持续优化, 以应对更加复杂的手术操作。另外, 术中若发生机器故障或患者突发心脑血管意外需要紧急救治时, 由于主刀医生不在现场, 如何制定应急方案以保障患者安全仍需进一步思考^[6, 8, 15, 17-30]。

综上所述, 本案例展示了 5G+ 专线网络技术在

远程手术中的应用优势, 为未来远程医疗的发展提供了参考依据。随着相关技术的持续进步和更多临床经验的积累, 远程手术有望成为常规医疗实践的一部分, 进一步推动医疗服务的均等化与智能化。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 古宏兵、程根、梁朝朝负责设计论文框架, 撰写论文, 论文修改并最后定稿; 杨勇飞、王胜利、郇胜负负责数据收集。

参考文献

- [1] WANG Y, AI Q, ZHAO W Y, et al. Safety and reliability of a robot-assisted laparoscopic telesurgery system: expanding indications in urological surgery [J]. *European urology*, 2024, 85(5): 506-507.
- [2] Moschovas M C, Rogers T, Xu W, et al. First impressions of Telesurgery robotic-assisted radical prostatectomy using the Edge medical robotic platform [J]. *International braz j urol: official journal of the Brazilian Society of Urology*, 2024, 50(6): 754-763.
- [3] Oki E, Ota M, Nakanoko T, et al. Telesurgery and telesurgical support using a double-surgeon cockpit system allowing manipulation from two locations [J]. *Surgical endoscopy*, 2023, 37(8): 6071-6078.
- [4] LI J M, YANG X C, CHU G D, et al. Application of improved robot-assisted laparoscopic telesurgery with 5g technology in urology [J]. *European urology*, 2023, 83(1): 41-44.
- [5] Frenkel C H. Telesurgery's evolution during the robotic surgery renaissance and a systematic review of its ethical considerations [J]. *Surgical innovation*, 2023, 30(5): 595-600.
- [6] Patel V, Saikali S, Moschovas M C, et al. Technical and ethical considerations in telesurgery [J]. *Journal of robotic surgery*, 2024, 18(1): 40.
- [7] Moschovas M C, Saikali S, Rogers T, et al. Exploring the ethical implications in the telesurgery ERA [J]. *International brazj urol: official journal of the Brazilian Society of Urology*, 2024, 50(3): 375-377.
- [8] GAO Y, YANG Y, NIU S X, et al. Suitability of the MP1000 system for robot-assisted partial nephrectomy: a multicenter randomized controlled noninferiority trial [J]. *International journal of surgery (London, England)*, 2024, 110(5): 2803-2809.
- [9] Lu E S, Reppucci V S, Houston S K S, et al. Three-dimensional telesurgery and remote proctoring over a 5G network [J]. *Digital journal of ophthalmology: DJO*, 2021, 27(3): 38-43.
- [10] Acemoglu A, Peretti G, Trimarchi M, et al. Operating from a distance: robotic vocal cord 5g telesurgery on a cadaver [J]. *Annals of internal medicine*, 2020, 173(11): 940-941.
- [11] Lin G, Lue T F. Revolutionizing laparoscopic telesurgery: The emergence of 5G-assisted wireless endoscopy systems [J]. *Current urology*, 2023, 17(2): 82-83.
- [12] Yilmaz N, Burkhart B, Deguet A, et al. Enhancing robotic telesurgery with sensorless haptic feedback [J]. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 2024, 19(6): 1147-1155.
- [13] XUE J, WENG S Z. Navigating the legal complexities of telesurgery in China: An assessment of tort liability and the path forward [J]. *Medicine, science, and the law*, 2025, 65(1): 15-22.
- [14] WANG Y, AI Q, SHI T P, et al. Influence of network latency and bandwidth on robot-assisted laparoscopic telesurgery: A pre-clinical experiment [J]. *Chinese medical journal*, 2024. DOI: 10.1097/CM9.0000000000003257.
- [15] 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.
- [16] ZHENG J L, WANG Y H, ZHANG J, et al. 5G ultra-remote robot-assisted laparoscopic surgery in China [J]. *Surgical endoscopy*, 2020, 34(11): 5172-5180.
- [17] Wakasa Y, Hakamada K, Morohashi H, et al. Ensuring communication

- redundancy and establishing a telementoring system for robotic telesurgery using multiple communication lines [J]. Journal of robotic surgery, 2024, 18(1): 9.
- [18] Rocco B, Moschovas M C, Saikali S, et al. Insights from telesurgery expert conference on recent clinical experience and current status of remote surgery [J]. Journal of robotic surgery, 2024, 18(1): 240.
- [19] Reda M M, Gashu K D, Beshir M A, et al. Physicians' knowledge and attitudes towards telesurgery and its associated factors in a resource-limited setting, Northwest Ethiopia, 2022: a cross-sectional study design [J]. BMJ open, 2024, 14(7): e079046.
- [20] Rahmah L, Shariat A. Telesurgery for humanitarian care-Highlighting its potential for improving healthcare in conflict zones [J]. World journal of surgery, 2024, 48(11): 2728–2730.
- [21] Patel V, Moschovas M C, Marescaux J, et al. Telesurgery collaborative community working group: insights about the current telesurgery scenario [J]. Journal of robotic surgery, 2024, 18(1): 232.
- [22] Patel V, Marescaux J, Covas M. The Humanitarian Impact of Telesurgery and Remote Surgery in Global Medicine [J]. European urology, 2024, 86(2): 88–89.
- [23] Ota M, Oki E, Nakanoko T, et al. Field experiment of a telesurgery system using a surgical robot with haptic feedback [J]. Surgery today, 2024, 54(4): 375–381.
- [24] Nelson B J, Bendok B R, Turcotte E L, et al. Remote magnetic navigation enables precision telesurgery [J]. Science robotics, 2024, 9(87): eado3187.
- [25] Moschovas M C, Patel V. Reply to Chang-Kun Mao, Tao Zhang, and Jun-Ting Li's Letter to the Editor re: Vipul Patel, Jacques Marescaux, Marcio Covas Moschovas. The Humanitarian Impact of Telesurgery and Remote Surgery in Global Medicine. Eur Urol. 2024; 86: 88–9 [J]. European urology, 2024, 86(4): e99–e100.
- [26] Mori M, Hirano S, Hakamada K, et al. Clinical practice guidelines for telesurgery 2022 : Committee for the promotion of remote surgery implementation, Japan Surgical Society [J]. Surgery today, 2024, 54(8): 817–828.
- [27] Fernandez C C, Ruiz M G. Telesurgery and telementoring [J]. Cirugia espanola, 2024, 102 (Suppl 1): S23–29.
- [28] CHU G D, YANG X C, JIAO W, et al. Transnational telesurgery performed with the new robot-assisted flexible ureteroscopy system [J]. BJU international, 2024, 134(3): 382–384.
- [29] Bertolo R, Vecchia A, Antonelli A. Democratizing robotic prostatectomy: navigating from novel platforms, telesurgery, and telementoring [J]. Prostate cancer and prostatic diseases, 2024. DOI: 10.1038/s41391-024-00812-4.
- [30] Alessio G, Puzo P, Di P C, et al. Remote Topography-Guided Transepithelial Photorefractive Combined Phototherapeutic Keratectomy Telesurgery [J]. Cornea, 2024, 43(9): 1162–1164.

收稿日期：2024-10-29

编辑：魏新珂

(上接 758 页)

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明：袁肖肖负责设计论文框架，起草论文；陈晨负责数据收集，统计学分析，绘制图表；王猛负责实验方法设计；胡金枝负责实验操作；王爱敏负责数据收集；李燕宁负责统计学分析，论文修改；贺青卿负责拟定写作思路，指导撰写文章并最后定稿。

参考文献

- [1] 贺青卿, 周鹏, 庄大勇, 等. 经腋窝与胸前径路 da Vinci Si 机器人甲状腺腺叶切除二例 [J]. 国际外科学杂志, 2014, 41(2): 104–107.
- [2] 王丹, 朱见, 贺青卿, 等. 机器人甲状腺手术的发展历史、现状和未来展望 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2022, 3(4): 249–256.
- [3] 贺青卿, 王猛. 机器人辅助腔镜甲状腺手术在中国的发展和现状 [J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(11): 1639–1647.
- [4] 王刚, 王猛, 贺青卿, 等. 国产 MP1000 机器人手术系统颌下入路猪甲状腺切除术探索 [J]. 中国普外基础与临床杂志, 2023, 30(11): 1329–1332.
- [5] 李小磊, 贺青卿, 庄大勇, 等. 双侧腋窝乳晕入路机器人甲状腺手术单中心 1000 例报告 [J]. 中华外科杂志, 2021, 59(11): 918–922.
- [6] 贺青卿, 朱见, 王丹. 机器人甲状腺及甲状旁腺手术中神经电生理监测临床操作专家共识 (2019 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2019, 39(12): 1248–1253.
- [7] 丁昱强, 王猛, 厉彦辰, 等. 双侧乳晕腋窝径路机器人在肥胖女性甲状腺癌手术中的应用 [J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2023, 37(4): 288–292.
- [8] 田文, 贺青卿, 朱见, 等. 机器人手术系统辅助甲状腺和甲状旁腺手术专家共识 [J]. 中国实用外科杂志, 2016, 36(11): 1165–1170.
- [9] 中国医师协会外科医师分会甲状腺外科医师委员会, 中国研究型医院学会甲状腺疾病专业委员会, 中国医疗保健国际交流促进会普通外科学分会. 经口腔前庭入路机器人甲状腺和甲状旁腺手术中国专家共识 (2023 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2023, 43(12): 1328–1334.
- [10] 章丽萍. 集束化干预对预防甲状腺手术体位综合征的影响评价研究 [J]. 中国医学文摘 (耳鼻咽喉科学), 2023, 38(1): 151–153.
- [11] 田秀, 贺青卿, 王小霞. 经口腔前庭机器人甲状腺手术的护理配合经验 [J]. 腹腔镜外科杂志, 2021, 26 (10): 762+783.
- [12] 王猛, 贺青卿, 李小磊. 经口前庭入路机器人甲状腺择区性颈淋巴结清扫的初步探讨 [J]. 中华腔镜外科杂志 (电子版), 2022, 15(6): 347–335.
- [13] Kim J K, Lee C R, Kang S W, et al. Robotic transaxillary lateral neck dissection for thyroid cancer: learning experience from 500 cases [J]. Surg Endosc. 2022, 36(4): 2436–2444.
- [14] 王象, 张强. 达芬奇机器人辅助甲状腺切除加颈淋巴结清扫的手术护理配合 [J]. 天津护理, 2023, 31(3): 307–310.
- [15] 张曼莉, 张理想, 陆莹. 基于 ACE-Star 模型的循证护理在经口腔入路腔镜甲状腺手术患者切口管理中的应用 [J]. 中华现代护理杂志, 2022, 28(14): 1890–1894.
- [16] 贺青卿, 田文, 朱精强, 等. 甲状腺癌颈淋巴结清扫术后乳糜漏防治中国专家共识 (2022 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2022, 42(6): 616–620.
- [17] 袁肖肖, 谭琼琼, 李燕宁. 静脉留置针补钙外渗的原因及护理 [J]. 实用医药杂志, 2021, 38(1): 88–89.
- [18] 韩冠鹏, 张箫薇, 樊书波, 等. 国产内窥镜手术机器人下输尿管膀胱再植联合卵巢囊肿剥除术一例: 国内首例报道 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2023, 4(2): 160–166.
- [19] 房伟. 围手术期心理护理对甲状腺癌患者负面情绪的影响分析 [J]. 中国医学文摘 (耳鼻咽喉科学), 2023, 38(3): 183–185.
- [20] Clark Donat L E, Reynolds J, Bublitz M H, et al. The effects of a brief mindfulness-based intervention on pain perceptions in patients with chronic pelvic pain: a case series [J]. Case Rep Womens Health, 2022. DOI: 10.1016/j.crw.2021.e00380.

收稿日期：2024-01-11

编辑：刘静凯