

## 远程手术机器人辅助腹腔镜根治性肾切除术第一助手的配合

苑航<sup>1</sup>, 骆磊<sup>1</sup>, 焦伟<sup>1</sup>, 冯伟<sup>2</sup>, 丁雪梅<sup>3</sup>, 李琳琳<sup>2</sup>, 牛海涛<sup>1</sup>, 杨学成<sup>1</sup>

(青岛大学附属医院 1. 泌尿外科; 2. 麻醉科; 3. 手术室 山东 青岛 266071)

**摘要** 在远程机器人辅助腹腔镜根治性肾切除术中, 第一助手发挥的作用远高于其他手术中的第一助手, 其职责不限于与主刀进行术中配合, 更需要根据手术现场的情况组织协调手术团队开展工作。助手的工作贯穿整个远程手术, 第一助手应在术前常规访视患者, 向患者以及家属介绍病情及手术过程, 确保其充分知情; 在手术开始之前第一助手应根据术式及患者特点, 个性化调整手术体位以及套管位置; 术中根据手术现场情况积极与主刀沟通交流, 配合主刀完成关键手术步骤的相关操作; 在面对突发不良事件时, 第一助手应主动指挥、协调现场工作人员积极排查故障来源, 及时修复故障。本文总结了远程手术机器人辅助腹腔镜根治性肾切除术第一助手配合的经验要点, 以期不断优化远程手术。

**关键词** 根治性肾切除术; 机器人辅助手术; 远程手术; 第一助手

**中图分类号** R699.2 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 06-1221-04

## First assistant in the cooperation work of remote robot-assisted laparoscopic radical nephrectomy for renal cancer

YUAN Hang<sup>1</sup>, LUO Lei<sup>1</sup>, JIAO Wei<sup>1</sup>, FENG Wei<sup>2</sup>, DING Xuemei<sup>3</sup>, LI Linlin<sup>2</sup>, NIU Haitao<sup>1</sup>, YANG xuecheng<sup>1</sup>

(1. Department of Urology; 2. Department of Anesthesiology; 3. Department of Operating Room, the Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266071, China)

**Abstract** In remote robot-assisted laparoscopic radical nephrectomy, the role of the first assistant is more important than that in other surgeries, whose duties are not limited to the intraoperative cooperation with the surgeon, but also required to organize and coordinate different work of the surgical team members according to the specific surgical site conditions. The work of assistant is carried out throughout the entire telesurgery. Firstly, the first assistant should routinely visit the patient before surgery, patient's condition and surgical processes should be introduced to the patient and his/her family, and ensure that he/she is fully informed. Secondly, the first assistant should adjust surgical position and distributions of Trocars in line with specific surgical procedures and patient's characteristics before surgery. Furthermore, the first assistant should communicate with the chief surgeon as required by the specific site conditions and assist him/her to complete the key surgical steps. More importantly, in the face of unexpected adverse events, the first assistant should take the initiative to command and coordinate on-site staff to actively investigate the source of the fault, and solve it in time. The key points of the first assistant's experience in remote robot-assisted laparoscopic radical nephrectomy for renal cancer is summarized in this paper, with the purpose of optimizing telesurgery constantly.

**Key words** Radical Nephrectomy; Robot-assisted Surgery; Telesurgery; First Assistant

收稿日期: 2021-12-20 录用日期: 2022-03-22

Received Date: 2021-12-20 Accepted Date: 2022-03-22

基金项目: 山东省重大科技创新工程项目 (2019JZZY021002); 山东省泰山学者资助项目 (tsqn20161077)

Foundation Item: Major Scientific and Technological Innovation Project of Shandong Province (2019JZZY021002); Taishan Scholar Program of Shandong Province (tsqn20161077)

通讯作者: 牛海涛, Email: niuht0532@126.com; 杨学成, Email: m18661805062@163.com

Corresponding Author: NIU Haitao, Email: niuht0532@126.com; YANG Xuecheng, Email: m18661805062@163.com

引用格式: 苑航, 骆磊, 焦伟, 等. 远程手术机器人辅助腹腔镜根治性肾切除术第一助手的配合 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (6) 1221-1224.

Citation: YUAN H, LUO L, JIAO W, et al. First assistant in the cooperation work of remote robot-assisted laparoscopic radical nephrectomy for renal cancer[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(6): 1221-1224.

注: 苑航, 骆磊为共同第一作者

Co-first Author: YUAN Hang, LUO Lei

随着5G网络通信技术和手术机器人技术的迅速发展，网络通信技术与医疗领域的结合，远程医疗由此诞生<sup>[1-4]</sup>。远程手术作为远程医疗中最为重要和最难实现的技术目前也已在临床应用<sup>[5-8]</sup>。远程手术可以促进基层地区患者共享优质医疗资源，是解决医疗资源供需不均等问题的重要手段<sup>[9-10]</sup>，此外，远程手术还向患者提供了及时、高质量的手术干预，减轻了患者经济负担和远距离就医的困难，为医学发展带来了新的契机。但是由于远程手术的特殊性，主刀无法直观了解到手术现场的情况，因此对第一助手在手术现场的判断能力和决策能力提出了更高的要求，通过第一助手与主刀的配合保障手术安全。在进行远程手术时，第一助手除了需要配合主刀医生进行手术操作之外，也承担了围手术期主刀医生的部分任务，包括协调手术所需的机器人工程师团队，网络工程师团队以及当地医院的医护团队之间的配合。因此，在远程手术机器人辅助腹腔镜根治性肾切除术中第一助手不可或缺，甚至在某种程度上可以决定手术的成败。本文对远程手术机器人辅助腹腔镜根治性肾切除手术中第一助手的经验及体会进行总结，现报道如下。

## 1 临床资料

青岛大学附属医院泌尿外科牛海涛团队于2021年3月—2021年10月完成远程手术机器人辅助腹腔镜根治性肾切除术29例<sup>[11]</sup>，患者一般资料见表1。纳入标准：①符合根治性肾切除术手术指征；②年龄18~75岁；③BMI为18~30 kg/m<sup>2</sup>；

表1 患者临床资料 [ $\bar{x} \pm s$ , n (%)]

Table 1 Clinical data of patients [ $\bar{x} \pm s$ , n (%)]

临床资料	结果
性别	
男	15 ( 51.72 )
女	14 ( 48.28 )
年龄(岁)	$61.10 \pm 9.89$
BMI ( kg/m <sup>2</sup> )	$24.67 \pm 4.55$
ASA分级	
I级	2 ( 6.90 )
II级	14 ( 48.28 )
III级	13 ( 44.83 )

④ASA分级为I~III级；⑤无严重心肺疾病者；⑥经专家委员会评估能耐受远程手术者；⑦同意签署知情同意书，并能遵医嘱定期复查随访者。排除标准：①处于急性感染期者；②怀孕或哺乳期者；③严重过敏体质者；④有癫痫、精神病史或认知障碍者；⑤出血性疾病或凝血功能障碍者（包括长期使用抗凝药物和抗血小板药物者）；⑥不能耐受麻醉者；⑦既往有腹部和盆腔手术史者。

## 2 方法

29例远程手术机器人辅助腹腔镜根治性肾切除术均采用山东威高机器人有限公司自主研发的“妙手”机器人手术系统（型号：WG-NST600S）完成。内窥镜捕捉到的视频图像分辨率为1080p（1920×1080），术中的操作信号与视频信号通过5G无线网络技术传输，同时应用了5G网络切片技术和确定性网络技术保障术中网络质量，中位网络时延为26 ms。所有手术的第一助手均由同一位医生担任。术中第一助手的站位与传统经腹腔入路的腹腔镜根治性肾切除术的站位相同，即面向机械臂操作区，并靠近患者的尾侧端。

根据该机器人手术系统的构造特点、机械臂分布，以及主刀医生和第一助手的操作习惯等因素，将术中布局如下：脐水平腹直肌外缘置入12 mm Trocar作为镜头孔，肋缘下及锁骨中线交界处置入12 mm Trocar用于放置1号操作臂（1号操作孔）；以镜头孔为中心，以1号操作孔形成的底边为基准，于腋前线方向呈110°角的位置，建立一个12 mm Trocar，此孔用于放置2号操作臂（即2号操作孔）。镜头孔和2号操作孔的垂直平分线上建立12 mm通道作为助手操作孔。若右侧手术时则额外需要在剑突下置入5 mm Trocar作为助手操作孔，仅用于将肝脏挑起。

## 3 结果

29例手术均顺利完成，所有患者术中生命体征平稳，且无严重手术并发症发生，平均手术时间为（67.33±17.44）min，平均出血量为（64.50±51.16）mL，所有患者术后顺利出院，随访至术后一年未发现明显异常。本次临床试验并未出现严重不良事件，偶有因网络波动或

器械安装不当等造成的短暂手术暂停，但未对远程手术的顺利完成造成影响。

#### 4 第一助手配合要点

**4.1 远程手术术前协同筹备与高效执行** 术前准备阶段，第一助手应与主刀医生紧密协作，深入研究患者围手术期资料。同时，第一助手积极与患者及家属沟通，向患者及家属详尽阐述远程手术的优势、手术流程、预后及注意事项，增强患者信心与配合度。此外，第一助手负责组织麻醉、护理、网络保障及机器人工程师等多学科团队共同参与术前筹备，确保手术器械完备、手术室布局合理以及应急预案周全。面对复杂的远程手术，在主刀医生进行远程操作时，第一助手需发挥核心协调作用，监督各团队工作，促进其高效配合，确保手术流程顺畅，提升整体手术效率与质量。

#### 4.2 第一助手中配合

**4.2.1 第一助手的常规术中配合** 第一助手完成穿刺通道的建立后，将经调试的机械臂与Torcar连接，根治性肾切除术的远程操作正式开始。由于术中机械臂是通过主刀医生远程控制，其操作指令经网络传送时存在延迟，因此第一助手与主刀之间的配合有其独特性。主要总结如下：①远程手术过程中第一助手应与主刀医生保持高效沟通，确保信息交流准确、通畅，达到与现场手术同等的即时性与准确性，以有效促进手术流程的顺畅进行，保障远程手术的成功完成。②由于远程手术处于临床试验阶段，虽已经过充分的术前调试，但术中仍存在一定的故障率和错配率，因此术中助手对于切割点周围器官的保护至关重要，避免因为延迟操作导致患者周围器官损伤。③床旁内窥镜捕捉到的手术视野图像被重新编码、压缩后经网络传输至主手端，再经解压缩后呈现在显示器上。即便是使用了当前先进的5G无线网络传输技术以及图像压缩技术，上述过程中也不可避免地会出现手术视野图像延迟或术野清晰度下降的情况。

**4.2.2 突发事件发生后的助手配合** 远程机器人辅助手术是微创手术的一个新维度，其安全性及可靠性虽经过验证，但由于其关键环节多且复杂，相比于其他传统的非远程手术，其手术安全性有一定的不确定性。虽然术中所需设

备已经过充分的术前调试，但也无法将不良事件的发生率降为零。远程手术过程中特有的不良事件主要有网络相关不良事件以及手术机器人相关不良事件，主要表现为网络传输波动或手术机器人机械臂的运动障碍导致了主、从两端的机械臂运动不一致。

由于主刀医生不在手术现场，无法第一时间直观地了解术中情况，当术中出现突发不良事件时，第一助手应当及时告知主刀停止操作，同时协同远程手术现场的其他团队成员积极排查和解决不良事件。此外，第一助手同样需具有丰富的手术经验。当远程手术无法继续进行时，第一助手应及时中转为传统现场手术，以保证患者安全。

#### 5 结论

自2001年首例远程手术机器人辅助腹腔镜手术报道以来<sup>[12-13]</sup>，尽管国内外多个研究团队对其进行了探索，但由于技术复杂性、网络延迟及操作精准度要求高等多方面挑战，远程手术技术的发展整体较为缓慢<sup>[14-19]</sup>。本团队实施的远程根治性肾切除术<sup>[10]</sup>利用了5G网络通信技术的低时延、高带宽特性，并结合先进的远程定位、导航技术与腹腔镜连续操作技术，不仅克服了传统远程手术中的诸多技术障碍，还极大地推进了远程手术从理论到实践的跨越。尽管在远程手术中第一助手的重要性未获广泛报道，但在机器人外科学领域，第一助手在缩短手术时间、提升安全性等方面的作用显著。此外，远程手术中通常会面临网络延迟等挑战，助手需高度关注机械臂运动情况，确保与主刀医生的操作协同配合。尤其当远程图像传输质量下降时，相较于主手端图像，助手端图像保持了原有的术野清晰度，这时更需要第一助手引导主刀进行远程手术操作，使得术中决策更为安全。综上所述，第一助手在远程手术中扮演着至关重要的角色，是确保手术成功不可或缺的因素。

**利益冲突声明：**本文不存在任何利益冲突。

**作者贡献声明：**苑航，骆磊负责设计论文框架，起草论文；苑航，骆磊，焦伟，冯伟，丁雪梅，李琳琳，牛海涛，杨学成均参与该项目具体操作及研究过程的实施；牛海涛，杨学成负责论文修改，拟定写作思路，指导撰写文章并最后定稿。

## 参考文献

- [1] Contreras C M, Metzger G A, Beane J D, et al. Telemedicine: patient-provider clinical engagement during the COVID-19 pandemic and beyond[J]. *J Gastrointest Surg*, 2020, 24(7): 1692–1697.
- [2] Waller M, Stotler C. Telemedicine: a primer[J]. *Curr Allergy Asthma Rep*, 2018, 18(10): 54.
- [3] Shrestha B M. Telemedicine and virtual health care during coronavirus disease pandemic[J]. *JNMA J Nepal Med Assoc*, 2020, 58(228): 547–549.
- [4] Novara G, Checcucci E, Crestani A, et al. Telehealth in urology: a systematic review of the literature. how much can telemedicine be useful during and after the COVID-19 pandemic?[J]. *Eur Urol*, 2020, 78(6): 786–811.
- [5] Haidegger T, Sándor J, Benyó Z. Surgery in space: the future of robotic telesurgery[J]. *Surg Endosc*, 2011, 25(3): 681–690.
- [6] ZHENG J, WANG Y, ZHANG J, et al. 5G ultra-remote robot-assisted laparoscopic surgery in China[J]. *Surg Endosc*, 2020, 34(11): 5172–5180.
- [7] Al-Jabir A, Kerwan A, Nicola M, et al. Impact of the coronavirus (COVID-19) pandemic on surgical practice-Part 1[J]. *Int J Surg*, 2020. DOI: 10.1016/j.ijsu.2020.05.022.
- [8] WU X, WU Y, TU Z, et al. Cost-effectiveness and cost-utility of a digital technology-driven hierarchical healthcare screening pattern in China[J]. *Nat Commun*, 2024, 15(1): 3650.
- [9] ZHOU Y, JIANG H, WANG Q, et al. Use of contact tracing, isolation, and mass testing to control transmission of COVID-19 in China[J]. *BMJ*, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n2330.
- [10] LI J, YANG X, CHU G, et al. Application of improved robot-assisted laparoscopic telesurgery with 5G technology in urology[J]. *Eur Urol*, 2023, 83(1): 41–44.
- [11] Larkin M. Transatlantic, robot-assisted telesurgery deemed a success[J]. *Lancet*, 2001. DOI: 10.1016/S0140-6736(01)06240-7.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Rayman R, Croome K, Galbraith N, et al. Long-distance robotic telesurgery: a feasibility study for care in remote environments[J]. *Int J Med Robot*, 2006, 2(3): 216–224.
- [15] Sterbis J R, Hanly E J, Herman B C, et al. Transcontinental telesurgical nephrectomy using the Da Vinci robot in a porcine model[J]. *Urology*, 2008, 71(5): 971–973.
- [16] TIAN W, FAN M, ZENG C, et al. Telerobotic spinal surgery based on 5G network: the first 12 cases[J]. *Neurospine*, 2020, 17(1): 114–120.
- [17] Penn J W, Marcus H J, Uff C. Fifth generation cellular networks and neurosurgery: a narrative review[J]. *World Neurosurg*, 2021. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.09.054.
- [18] Alafaleq M. Robotics and cybersurgery in ophthalmology: a current perspective[J]. *J Robot Surg*, 2023, 17(4): 1159–1170.
- [19] 黄庆波, 艾青, 倪栋, 等. 如何成为一名合格的泌尿外科机器人手术助手 [J]. 微创泌尿外科杂志, 2017, 6(4): 193–197.

编辑: 魏小艳

(上接 1170 页)

- [13] Mehrholz J, Thomas S, Werner C, et al. Electromechanical-assisted training for walking after stroke[J]. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2020, 10(10): CD006185.
- [14] Brütsch K, Schuler T, Koenig A, et al. Influence of virtual reality soccer game on walking performance in robotic assisted gait training for children[J]. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2010, 7(15): 1–9.
- [15] 服部一郎. 康复技术全书 [M]. 北京: 北京出版社, 1989: 419.
- [16] 熊洁, 谢韶东, 陈幸谊, 等. 创伤性膝关节僵硬患者膝关节医疗体操干预的效果观察 [J]. *护理学报*, 2014, 21(16): 58–59.
- [17] 路琳, 柴家科, 杨红明, 等. 烧伤后膝关节功能的康复效果研究 [J]. *中国康复医学杂志*, 2008, 23(10): 928–930.
- [18] So Y J, Seung Y L, Yoon S C, et al. Effects of robot-assisted gait training in patients with burn injury on lower extremity: a single-blind, randomized controlled trial[J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2020, 9(9): 2813.
- [19] Serena M, Alejandro M C, Edwin V A, et al. Robot-aided assessment of lower extremity functions: a review[J]. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2016, 13(1): 72.
- [20] Yoon S C, So Y J, Cheong H S. Effect of robot-assisted gait training on the biomechanical properties of burn scars: a single-blind, randomized controlled trial[J]. *Burns & Trauma*, 2022. DOI: 10.1093/burnst/tkac026.
- [21] 刘燕平, 罗佳, 杨京辉, 等. 足下垂助行仪联合 Lokomat 下肢康复机器人对脑卒中患者步行功能的疗效 [J]. *中国康复理论与实践*, 2016, 22(8): 921–926.
- [22] 刘燕平, 林茜, 陈登钟, 等. 功能性电刺激同步下肢康复机器人对脑卒中后足下垂患者踝部功能的疗效研究 [J]. *中国当代医药*, 2021, 28(13): 46–50.
- [23] Lee S Y, Cha J Y, Yoo J W, et al. Effect of the application of virtual reality on pain reduction and cerebral blood flow in robot-assisted gait training in burn patients[J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2022, 11(13): 3762.
- [24] 孔维诗, 孙瑜, 罗怡平, 等. 虚拟现实技术在战伤康复中的应用进展 [J]. *中华损伤与修复杂志*, 2020, 15(6): 486–489.
- [25] Metzler M J, Blaufuss M, Dean S, et al. Neuromuscular electrical stimulation for children with stroke[J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2024, 105(1): 191–195.
- [26] Bae Y H, Ko Y J, Chang W H, et al. Effects of robot-assisted gait training combined with functional electrical stimulation on recovery of locomotor mobility in chronic stroke patients: a randomized controlled trial[J]. *J Phys Ther Sci*, 2014, 26(12): 1949–1953.
- [27] Awan L N, Esquenazi A, Francisco G E, et al. The Re-Walk ReStoreTM soft robotic exosuit: a multi-site clinical trial of the safety, reliability, and feasibility of exosuit-augmented poststroke gait rehabilitation[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2020, 17(1): 80.
- [28] Bessler J, Prange-Lasender G B, Schaake L, et al. Safety assessment of rehabilitation robots: a review identifying safety skills and current knowledge gaps[J]. *Front Robot AI*, 2021. DOI: 10.3389/frbt.2021.602878.

编辑: 崔明璠