

## 中国西部首例 5G 远程机器人辅助肾脏手术 (附视频)



扫码观看视频

吕海迪, 张冲, 郭柏鸿, 张晓峰, 郝有诚, 冯彬, 张发, 周逢海

(甘肃省人民医院泌尿外科 甘肃 兰州 730000)

**摘要** 本文报道了 2023 年 5 月 24 日甘肃省人民医院泌尿外科应用图迈® 腹腔镜手术机器人完成的中国西部首例 5G 远程机器人辅助腹腔镜下肾囊肿去顶减压微创手术。手术采用左侧经腹膜外入路完成肾囊肿去顶减压术, 手术过程顺利, 总手术时间约 30 min, 术中无明显出血, 术后麻醉恢复满意后患者拔除气管插管返回病房, 术后引流管引流约 10 ml, 患者于次日拔除引流管并出院。

**关键词** 5G; 远程手术; 机器人辅助手术; 肾囊肿

**中图分类号** R699.2 TN929.5 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 01-0091-05

## 5G remote robot-assisted laparoscopic kidney surgery: the first case report in the west of China (with video)

LYU Haidi, ZHANG Chong, GUO Bohong, ZHANG Xiaofeng, HAO Youcheng, FENG Bin, ZHANG Fa,  
ZHOU Fenghai

(Department of Urology, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, China)

**Abstract** On May 24, 2023, the Urology Department of Gansu Provincial Hospital successfully performed the first case of 5G remote robot-assisted laparoscopic renal cyst decortication in western China using the Toumai® laparoscopic surgical robot. The procedure involved a left-sided transperitoneal decortication of the renal cyst wall. The operation proceeded smoothly with a total operative time of 30 min approximately and minimal intraoperative bleeding. Following a satisfactory recovery from postoperative anesthesia, the patient had the endotracheal tube removed and was then transferred to the ward with a drainage tube, and approximately 10 ml of fluid was collected. The drainage tube was removed and the patient was discharged on the following day.

**Key words** 5G; Remote Surgery; Robot-assisted Surgery; Renal Cyst

收稿日期: 2023-07-11 录用日期: 2023-11-27

Received Date: 2023-07-11 Accepted Date: 2023-11-27

基金项目: 甘肃省重点研发计划项目 (No.21YF5FA016)

Foundation Item: Gansu Provincial Key R&D Plan Project (No.21YF5FA016)

通讯作者: 周逢海, Email: zhoulfengh@163.com

Corresponding Author: ZHOU Fenghai, Email: zhoulfengh@163.com

引用格式: 吕海迪, 张冲, 郭柏鸿, 等. 中国西部首例 5G 远程机器人辅助肾脏手术 (附视频) [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (1): 91-95.

Citation: LYU H D, ZHANG C, GUO B H, et al. 5G remote robot-assisted laparoscopic kidney surgery: the first case report in the west of China (with video)[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(1): 91-95.

传统的开放手术或腹腔镜手术受空间的限制，主刀医师和患者必须处于同一个手术室内才能完成手术。而远程手术打破了空间限制，医生可以远程控制手术设备为相距几十公里甚至几千公里外的患者实施手术<sup>[1]</sup>。近年来，5G通信系统和国产人工智能设备的快速发展，使5G远程机器人手术得以实现。5G网络的高速率、大带宽、低时延特性保证了远程机器人手术的顺利完成<sup>[2]</sup>。查阅文献发现中国西部尚无5G远程机器人泌尿外科手术相关案例报道。2023年5月24日本团队顺利完成中国西部首例5G远程图迈机器人辅助腹腔镜下肾囊肿去顶减压术，手术顺利，网络无可感延迟，术后恢复理想，现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

患者女性，58岁。主因“体检发现左肾囊肿10年”入院，外院彩超检查提示：左肾上极囊肿，大小约6 cm×6 cm。入院查体，患者生命体征平稳，双侧肋脊角无叩击痛，腹部无压痛。入院后CT检查提示：左肾上极囊肿，Bosniak分级I级，囊肿与集合系统不相通（如图1）。为推进5G远程机器人手术临床应用，总结相关手术流程及经验，甘肃省人民医院开展5G远程机器人手术临床试验，术前充分告知患者及家属远程手术优势与风险，患者签署临床试验知情同意书及手术知情同意书。完善相关术前检查，排除手术禁忌，进行充足的术前

准备，手术团队、5G通信团队和图迈<sup>®</sup>腹腔镜手术机器人设备维护团队多次沟通，制定手术实施方案和应急方案。为保证手术安全，手术设置为主从双主刀模式：主端位于甘肃省人民医院新区分院，从端位于甘肃省人民医院本部，相距70 km。2023年5月24日患者在全身麻醉下行5G远程图迈<sup>®</sup>腹腔镜手术机器人辅助腹腔镜下肾囊肿去顶减压术。

## 1.2 方法

### 1.2.1 手术体位与入路

手术开始前，图迈<sup>®</sup>腹腔镜手术机器人设备维护团队进行设备调试，5G网络通信团队进行5G网络专线连接及流量测试。经过测试，网络连接稳定，主刀医生在甘肃省人民医院新区分院手术室内操作医生控制台，手术动作可流畅地在从端机器人机械臂上复现。设立手术预案，预防网络中断、明显延迟等情况发生，确保如发生特殊状况，机械臂控制权可顺畅切换至从端医生控制台。设备调制完毕后开始手术。

患者全身麻醉并行常规气管插管，留置导尿管，取右侧侧卧折刀位，常规消毒铺单。首先在患者腋中线腋脊上4 cm处切开皮肤1.5 cm，使用中弯血管钳钝性分离肌肉，进入腹膜外间隙，手指钝性分离扩大腹膜外间隙，置入自制双气囊，气囊内分别注气700 ml进一步充分扩大腹膜外间隙。然后在腋后线和腋前线肋缘下2 cm处分别切开皮肤1 cm，置入10 mm图

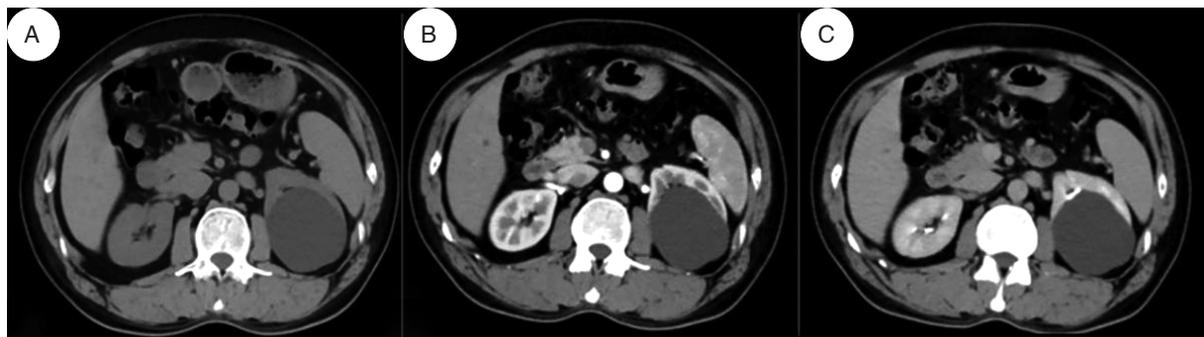


图1 肾囊肿CT图像

Figure 1 CT images of renal cyst

注：A. 平扫；B. 动脉期；C. 排泄期

迈 Trocar 作为机器人机械臂的操作通道（R1、R3）。最后在髂嵴内上方 3 cm 处切开皮肤 1.5 cm，置入 12 mm 一次性 Trocar 作为辅助孔（A1），腋中线置入 12 mm 图迈 Trocar 作为镜头孔（R2）。腋后线 R1 处连接 1 号臂置入单极电剪刀，腋中线 R2 处连接 2 号臂置入 30° 镜头，腋前线 R3 处连接 3 号臂置入双极电凝抓钳，辅助孔 A1 处使用吸引器、抓钳等（如图 2）。

**1.2.2 手术过程** 腹内探查见腹膜完整，腹膜外空间宽敞，无明显活动性出血，在背侧靠近腰大肌处分离暴露出 Gerota 筋膜，自上而下沿 Gerota 筋膜清除腹膜外脂肪，显露 Gerota 筋膜，仔细辨认 Gerota 筋膜与腹膜、腰大肌界限，纵行切开 Gerota 筋膜（上界避免损伤腹膜），显露肾周脂肪囊，沿脂肪层钝性分离肾脏背侧、腹侧及上极。然后在肾脏背外侧纵行切开肾周脂肪囊显露肾脏，在上极寻及肾囊肿，大小约 6 cm × 6 cm，囊壁薄，囊液清亮。充分游离囊肿，显露囊肿与正常肾实质界限，使用穿刺针吸出囊液，避免囊液外漏，距离肾实质 0.5 cm 处切除囊壁，切缘电凝止血，避免出血。最后检查囊肿底部，见囊肿底部完整，与集合系统不相通，降低气腹压观察未见漏尿（如图 3），再次检查手术区域无出血，腋前线通道内放置 F18 引流管，手术结束，患者待麻醉清醒后返回病房。

## 2 结果

术中电信 5G 网络信号稳定，下载网速 190.94 Mbps，上传网速 86 Mbps，最大延时 97.28 ms，最小延时 29.11 ms，平均延时 47.36 ms，术者无延迟感，主刀医生的手术动作可流畅地在机器人机械臂上复现，3D 手术画面可清晰流畅地在主端医生控制台上显示，无明显卡顿，术中主刀医生和助手之间语音通话清晰、顺畅、无卡顿。手术过程顺利，总手术时间约 30 min，术中无明显出血。患者麻醉恢复完全后拔除气管插管返回病房，于次日下床活动、恢复饮食、拔除引流管并出院，术后引流管引流约 10 ml，

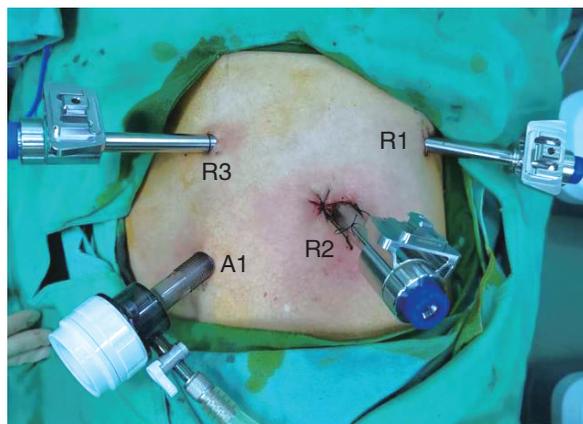


图 2 机械臂位置

Figure 2 Distribution of robotic arms

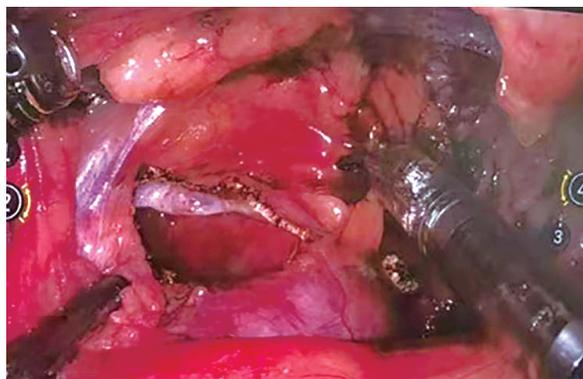


图 3 术中视野

Figure 3 Intraoperative view

无并发症发生。术后病理检验结果符合单纯性肾囊肿病理改变。术后 1 个月复查彩超示肾周无积液，未见囊肿复发。

## 3 讨论

伴随着 5G 通信技术的迅猛发展，医学技术得到了极大的推进，特别是在包括监测、教学、会诊和手术等内容的远程医疗方面。5G 通信系统和国产人工智能设备的快速发展为实现机器人 5G 远程手术提供了契机，而 5G 网络的高速率、大带宽和低时延特性，保证了机器人远程手术的顺利进行<sup>[3-5]</sup>。机器人 5G 远程手术在智慧医疗领域的应用具有巨大意义。为了深化重点领域“机器人+”应用，推动机器人 5G 远程手术等新技术和新产品的应用，工业和信息化部、国家卫生健康委、国家药监局等 17 个部门联合印发了《“机器人+”应用行动实施方案》。在

响应国家号召的同时,本中心积极推动机器人5G远程手术在临床实践中的应用。

机器人5G远程手术的引入使手术突破了空间的限制,将推动地区诊疗水平同质化,有利于优质医疗资源下沉<sup>[6]</sup>。在中国这个地域广大且医疗资源分布不均衡的国家,东部沿海地区的医疗资源显著优于西部欠发达地区。对于一些疑难复杂病例,可能需要国家级医疗中心的会诊、手术,但由于东西部距离遥远,将国家级专家支援至西部地区需要耗费大量时间和资源,一定程度上降低了医疗资源的利用效率。而5G远程机器人手术打破了地域局限,使得西部地区或基层医院始终处于国家级医疗中心的“火力”支持范围内,从而确保医疗安全。机器人手术系统通过5G网络实现远程控制,使得专家可以随时远程参与手术过程,提供指导和支持<sup>[7]</sup>。这样,即使患者身处医疗水平欠发达地区,也能够享受到国家级医疗中心的优质医疗资源,从而提高了国内整体医疗水平和医疗安全性。

5G远程手术在医疗卫生人员的培训方面具有节省医疗资源的潜力<sup>[8-10]</sup>。动物手术是培养年轻医生的重要方式之一,但建设动物手术中心需要投入大量资金,并且需要专业技术人员维护保证其正常运行。通过实施机器人5G远程手术,可以让全国范围内的医院共享动物手术中心,进而减少动物手术中心的数量,显著降低医疗成本<sup>[11]</sup>。通过5G远程技术,医学生和年轻医生可以远程操作机器人参与真实手术,不必亲自到动物手术中心就能接受高质量的培训,这样不仅节省了大量的时间和金钱,还可以提高培训的效率和质量。同时,共享动物手术中心也可以促进医疗资源的合理分配,使更多医院受益。随着5G远程机器人手术动物实验的顺利开展<sup>[12]</sup>,共享动物手术中心也已逐步进入现实。

机器人手术系统已经在泌尿外科领域展现出巨大的应用价值。2019年11月,上海市东方医院成功完成了图迈<sup>®</sup>腔镜手术机器人系统辅助

下前列腺癌根治术<sup>[13]</sup>,为国产机器人的应用和推广奠定了良好的基础。2022年2月15日,周辉霞教授团队首次利用机器人手术平台开展了单一体位儿童肾母细胞瘤根治术联合下腔静脉Ⅱ级瘤栓取出术这一高难度手术<sup>[14]</sup>,展示了机器人手术系统在泌尿外科中的明显优势。目前,机器人5G远程手术逐渐应用于临床实践中,但在泌尿外科领域的报道仍不多见。随着信息技术的迭代,机器人5G远程手术在未来将有更广阔的应用前景。

本中心开展的中国西部首例5G远程机器人泌尿外科手术具有突破性的意义。本中心引进了图迈机器人5G手术系统,经过前期理论论证、伦理论证、手术团队建设等充足准备,最终顺利开展本次手术。机器人辅助腹腔镜下肾囊肿去顶减压术是泌尿外科较为简单的手术,选择肾囊肿患者作为研究对象进行首次远程手术主要是出于安全考虑。在积累到足够的经验后本中心将会逐步开展各类泌尿外科复杂手术,后续计划实行包括5G远程机器人辅助前列腺癌根治术、膀胱癌根治术在内的其他临床常见术式。本中心积极进行技术储备,为后续在全省范围内开展5G远程手术做足准备,积极为推进甘肃省乃至西部地区医疗资源同质化贡献力量。

机器人5G远程手术具有巨大的社会价值和经济价值,虽然由于设备普及率较低等因素限制,目前在全国各医疗中心开展的手术数目并不多<sup>[15]</sup>,但相信在不远的将来,机器人5G远程手术将会是未来医疗发展的主要方向,机器人5G远程手术将会在全国乃至全世界内绽放异彩,为人类健康做出巨大贡献。

**利益冲突声明:** 本文不存在任何利益冲突。

**作者贡献声明:** ①吕海迪负责设计论文框架,撰写论文;②张冲、郭柏鸿、张晓峰负责搜集病例数据;③郝有诚、冯彬、张发负责病例分析、文献回顾;④周逢海负责拟定写作思路,指导撰写文章及修改。

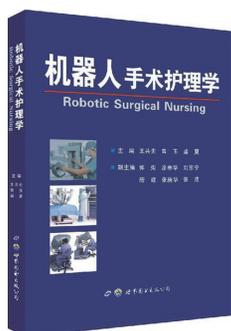
## 参考文献

- [1] 田东旭, 牛海涛. 远程手术的发展历史及现状 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2022, 3(5): 343-350.
- [2] 曲鑫, 潘琳, 刘威, 等. 5G 技术在康复医学领域的应用及进展 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2021, 2(3): 213-219.
- [3] Lacy A M, Bravo R, Otero-Piñeiro A M, et al. 5G-assisted telementored surgery[J]. Br J Surg, 2019, 106(12): 1576-1579.
- [4] ZHANG Z, WANG Y H, ZHANG Z L, et al. Application of deterministic networking for reducing network delay in urological telesurgery: a retrospective study[J]. Int J Med Robot, 2022, 18(2): e2365.
- [5] 盛煜, 彭恒, 冯毅. 基于 5G 移动网络的智慧医疗应用 [J]. 邮电设计技术, 2019, (7): 1-5.
- [6] 王野, 闫石, 常易凡, 等. 远程手术创新的现状和进展 [J]. 海军军医大学学报, 2023, 44(5): 627-630.
- [7] 赵刚, 王能才, 韦哲, 等. 基于 5G 的移动通讯技术在远程医疗中的应用 [J]. 中国医学装备, 2020, 17(10): 8-11.
- [8] 吴晓芬, 董宁欣, 邵蕾. 基于 5G 网络的消化内镜远程手术示教研究初探 [J]. 外科研究与新技术, 2022, 11(1): 60-63.
- [9] 陈越, 陈敏. 5G 技术在医疗卫生领域应用探讨 [J]. 中国数字医学, 2020, 15(1): 14-15.
- [10] 赵峰, 孙小磊, 胡益斌, 等. 5G 技术在医疗领域中的应用探讨 [J]. 中国医疗设备, 2020, 35(11): 158-161, 165.
- [11] Latif S, Qadir J, Farooq S, et al. How 5G wireless (and concomitant technologies) will revolutionize healthcare?[J].Future Internet, 2017, 9(4): 93.
- [12] 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.
- [13] 王燕, 瞿旻, 梅妮, 等. 国产腔镜机器人用于根治性前列腺切除术的Ⅲ期随机对照研究 [J]. 中华泌尿外科杂志, 2021, 42(7): 485-490.
- [14] 吕雪雪, 李品, 陶元东, 等. 全球首例全机器人下单一体位儿童肾母细胞瘤根治术联合下腔静脉Ⅱ级瘤栓取出术报道 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2023, 4(2): 154-159.
- [15] 郑岩, 付军桦, 赵林, 等. 5G 技术支持下远程国产机器人肾切除术的护理配合 [J]. 护理学杂志, 2022, 37(19): 48-51.

编辑：张笑嫣

## 《机器人手术护理学》购书信息

《机器人手术护理学》于 2017 年 6 月出版发行，由王共先、曾玉、盛夏教授主编。机器人手术系统是微创外科领域的革命性手术工具，目前国内外有关专著较少。《机器人手术护理学》是第一本介绍机器人手术护理学的专著，具有较强的先进性和实用性。全书共分两篇，上篇简要介绍了机器人手术发展史，以及机器人手术相关的手术室人员、物品、安全、护理质量、整体工作模式以及绩效管理等，其中第二章和第三章比较详细地介绍了手术机器人设备和器械的构造特点以及如何正确安装使用、维护保养、清洁消毒等；下篇介绍了泌尿外科、普通外科、妇产科、胸外科等专科机器人手术的护理配合。本书文字简练、图文并茂，层次清楚、通俗易懂，可供从事相关专业的医学人员使用。



订阅电话：029-87286478      QQ：2713004807

本刊编辑部