

## 国产手术机器人辅助单孔腹腔镜技术在泌尿外科的初步应用

丛戎<sup>1</sup>, 邵云强<sup>2</sup>, 田金勇<sup>2</sup>, 孙杰<sup>3</sup>, 白巍<sup>3</sup>, 刘立虎<sup>3</sup>, 吾尔开西·多里坤<sup>3</sup>, 吴连俊<sup>3</sup>,  
张嘉宜<sup>1</sup>, 依力亚斯·吐尔逊<sup>2</sup>, 艾克拜尔·阿不来提<sup>2</sup>, 买买提江·达吾提<sup>2</sup>,  
阿力米江·依米提<sup>2</sup>, 杨杰<sup>1,2</sup>, 宋宁宏<sup>1,2</sup>

(1. 南京医科大学第一附属医院泌尿外科 江苏 南京 210029; 2. 南京医科大学附属克州人民医院泌尿外科  
新疆 克孜勒苏柯尔克孜自治州 845350; 3. 上海微创医疗机器人(集团)股份有限公司 上海 201203)

**摘要 目的:** 探讨国产“图迈”手术机器人辅助单孔腹腔镜技术在泌尿外科手术中的安全性及可行性。

**方法:** 回顾性分析 2022 年 2 月—2022 年 5 月在南京医科大学附属克州人民医院泌尿外科行机器人辅助单孔腹腔镜手术的 6 例患者的临床资料, 观察患者的性别、年龄、既往手术史、术前诊断、手术方式、合并症、手术时间、术中出血量以及术后住院时间等指标。**结果:** 所有手术均顺利完成, 其中 2 例精索静脉曲张高位结扎术, 1 例肾盂输尿管切开取石术, 1 例肾囊肿去顶减压术, 1 例膀胱切开取石术, 1 例肾部分切除术。所有患者平均手术时间为(93.33 ± 33.12) min, 术中出血量为(42.50 ± 30.65) ml, 术后住院时间为(3.33 ± 1.49) d。术后 1 个月随访, 所有患者伤口愈合良好。**结论:** “图迈”手术机器人辅助单孔腹腔镜技术在泌尿外科的应用是安全、有效的, 但仍需更大样本量的临床研究加以验证。

**关键词** 机器人辅助手术; 单孔腹腔镜; 微创; 泌尿外科

**中图分类号** R699.2 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721(2023)06-0533-07

收稿日期: 2022-05-11 录用日期: 2022-11-01

Received Date: 2022-05-11 Accepted Date: 2022-11-01

**基金项目:** 吴阶平医学基金会临床科研专项资助基金(320.6750.2020-14-5); 国家自然科学基金(82071638); 自治州科技攻关重点项目(科技援疆项目); 国家青年科学基金项目(82103580)

**Foundation Item:** Special Fund for Clinical Research of Wu Jieping Medical Foundation (320.6750.2020-14-5); National Natural Science Foundation of China (82071638); Key Science and Technology Project of Autonomous Prefecture (Xinjiang Aid Science and Technology Project); National Natural Science Foundation of China (82103580)

**通讯作者:** 宋宁宏, Email: songninghong\_urol@163.com; 杨杰, Email: yj197912@163.com

**Corresponding Author:** SONG Ninghong, Email: songninghong\_urol@163.com; YANG Jie, Email: yj197912@163.com

**引用格式:** 丛戎, 邵云强, 田金勇, 等. 国产手术机器人辅助单孔腹腔镜技术在泌尿外科的初步应用 [J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2023, 4(6): 533-539.

**Citation:** CONG R, SHAO Y Q, TIAN J Y, et al. Primary study on domestic robot-assisted laparoscopic single-site surgery in urology[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2023, 4(6): 533-539.

# Primary study on domestic robot-assisted laparoscopic single-site surgery in urology

CONG Rong<sup>1</sup>, SHAO Yunqiang<sup>2</sup>, TIAN Jinyong<sup>2</sup>, SUN Jie<sup>3</sup>, BAI Wei<sup>3</sup>, LIU Lihu<sup>3</sup>, Wuerkaixi DUOLIKUN<sup>3</sup>,  
WU Lianjun<sup>3</sup>, ZHANG Jiayi<sup>1</sup>, Yiliyasi TUERXUN<sup>2</sup>, Aikebaer ABULAITI<sup>2</sup>, Maimaitijiang DAWUTI<sup>2</sup>,  
Alimijiang YIMITI<sup>2</sup>, YANG Jie<sup>1,2</sup>, SONG Ninghong<sup>1,2</sup>

(1. Department of Urology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China; 2. Department of Urology, Kizilsu Kirghiz Autonomous Prefecture People's Hospital Affiliated to Nanjing Medical University, Kizilsu Kirghiz Autonomous Prefecture 845350, China; 3. Shanghai MicroPort MedBot (Group) Co., Ltd., Shanghai 201203, China)

**Abstract** **Objective:** To investigate the safety and feasibility of Toumai robot-assisted laparoscopic single-site surgery in urology. **Methods:** The clinical data of 6 patients who underwent robot-assisted single-port laparoscopic surgery in the Department of Urology, Kizilsu Kirghiz Autonomous Prefecture People's Hospital Affiliated to Nanjing Medical University from February to May 2022 were retrospectively analyzed. The gender, age, history of previous surgery, preoperative diagnosis, surgical approach, complications, operative time, intraoperative blood loss, postoperative hospital stay and other indicators were observed. **Results:** All surgeries were successfully completed, including 2 cases of varicocele high ligation, 1 case of pyeloureterotomy, 1 case of renal cyst decompression, 1 case of cystotomy, 1 case of partial nephrectomy. The average operative time was  $(93.33 \pm 33.12)$  min, the average intraoperative blood loss was  $(42.50 \pm 30.65)$  ml, and the average postoperative hospital stay was  $(3.33 \pm 1.49)$  d. All patients were followed up 1 month after surgery, and the wounds healed well. **Conclusion:** The application of Toumai robot-assisted single-port laparoscopy in urology could be safe and effective, but it still needs to be verified by a larger sample size of clinical studies.

**Key words** Robot-assisted surgery; Single-port laparoscopy; Minimally invasive; Urology

自 20 世纪 90 年代以来, 随着腹腔镜技术在泌尿外科中的广泛应用, 泌尿微创手术取得了革命性的进步。因单孔腹腔镜手术 (Laparoscopic Single-site Surgery, LESS) 有着更好的术后恢复效果, 单孔腹腔镜手术逐渐取代了部分传统腹腔镜手术<sup>[1-2]</sup>。1991 年, 该技术首次应用于泌尿外科, 并成功实施了单孔腹腔镜肾切除术<sup>[3]</sup>。但单孔腹腔镜技术存在术野暴露不佳、操作难度大和器械互相干扰等缺点, 在临床的应用和推广相对局限<sup>[4]</sup>。2000 年, 美国食品药品监督管理局 (FDA) 批准达芬奇机器人手术系统应用于临床, 从此外科手术进入了机器人时代。机器人手术系统通过远程操作、立体

手术视野和灵活控制角度为术中提供高清的术野、较低的手术操作难度和便捷的操作空间, 有效解决了传统单孔腹腔镜操作中的难点<sup>[5-6]</sup>。笔者团队在单孔腹腔镜和机器人辅助手术的基础上, 开展了泌尿外科机器人辅助单孔腹腔镜手术 (Robot-assisted Laparoendoscopic Single-site Surgery, R-LESS), 现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2022 年 2 月—2022 年 5 月在南京医科大学附属克州人民医院泌尿外科行机器

人辅助单孔腹腔镜泌尿外科手术的6例患者临床资料，其中包括精索静脉曲张2例、膀胱结石1例、肾盂输尿管结石1例、肾囊肿1例、肾肿瘤1例。患者基本信息见表1。术前充分告知患者不同手术方式的优势与局限性，以及术中可能中转机器人辅助多孔腹腔镜甚至开放手术，所有患者签署手术知情同意书。

## 1.2 手术方法

经脐手术的患者于术前晚自行清洁脐部，术者术中碘伏消毒手术区域，术后留置导尿1 d。所有手术均由同一术者团队完成。手术采用国产“图迈”腹腔镜手术机器人（上海微创医疗机器人股份有限公司）和4通道单孔套管系统（4个可容纳器械的通道和2个进排气通道，北京航天卡迪技术开发研究所）。

单孔通道建立方法：①精索静脉曲张高位结扎术及膀胱切开取石术采用经腹途径（如图1）。患者全身麻醉后，取平卧位，常规消毒铺巾后导尿。在脐下缘处，取长度2.8~3.0 cm的弧形切口，切开皮肤及皮下组织，用血管钳住并向上牵拉，将气腹针置入，保持腹腔压力在14~15 mmHg。将机械臂与相应Trocar偶联，连接机器人镜头

并按手术步骤完成手术。术毕，按层次从内向外缝合切口。②肾囊肿去顶减压术、肾盂输尿管切开取石术及肾部分切除术采用经腹膜后途径（如图2）。患者全身麻醉，取侧卧位，常规消毒铺巾后导尿。在腋中线与髭嵴上2 cm处取长度2.5~3.0 cm的横形切口，切开皮肤及皮下组织，用弯钳分离肌层及腰背筋膜，用手指扩张后腹腔，置入自制的手套气囊，气囊内注入1000 ml气体，扩张5 min后拔除，此处置入单孔腹腔镜套件并固定，接充气管，接机器人套件器械插入镜子及操作件，按手术步骤完成手术。术毕，按层次从内向外缝合切口。

## 1.3 评估指标

收集患者性别、年龄、既往手术史、术前诊断、手术方式、合并症、手术时间、术中出血量和术后住院时间等指标。术后随访由本院泌尿外科医护人员共同完成。

## 1.4 统计学方法

所有数据采用统计学软件SPSS 22.0进行分析，符合正态分布的计量数据使用均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示，不符合正态分布的数据采用中位数表示。

表1 患者临床资料

Table 1 Clinical data of patients

患者编号	性别	年龄(岁)	既往手术史	术前诊断	手术方式	合并症
1	男	35	膀胱切开取石术	左侧精索静脉曲张	左侧精索静脉高位结扎术	左侧睾丸鞘膜积液，左侧附睾头囊肿
2	男	78	无	左肾囊肿	左肾囊肿去顶减压术	前列腺增生，高血压，冠状动脉粥样硬化性心脏病，脂肪肝
3	男	67	白内障囊外摘除术	右肾占位	右肾部分切除术	前列腺增生，冠状动脉粥样硬化性心脏病，高血压，糖尿病
4	男	23	疝气修补术+阑尾切除术	左侧精索静脉曲张	左侧精索静脉高位结扎术	左侧精索鞘膜积液，右侧附睾头囊肿
5	男	37	无	膀胱结石	膀胱切开取石术	左肾结石，泌尿道感染
6	男	47	无	左侧肾盂输尿管连接部结石	肾盂输尿管切开取石术	左肾积水，右肾结石，右肾萎缩

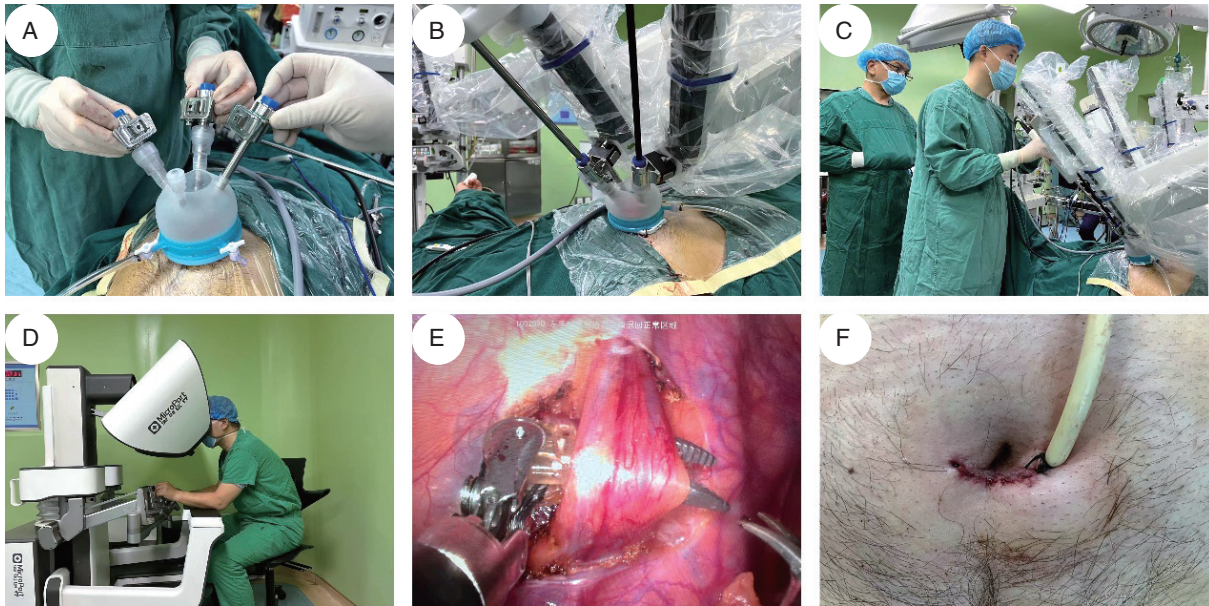


图1 机器人辅助单孔腹腔镜下精索静脉曲张高位结扎术操作

Figure 1 Surgical procedures of robot-assisted single-port ligation of varicoceles

注：A. 单孔套管与机器人金属 Trocar 衔接；B. 机械臂与金属 Trocar 偶联；C. 术中助手辅助操作；D. 术中主刀在控制台操作；E. 游离精索内静脉血管束；F. 脐部 2.8 cm 隐蔽切口

## 2 结果

2022 年 2 月—2022 年 5 月在南京医科大学附属克州人民医院泌尿外科进行的 6 例机器人辅助单孔腹腔镜泌尿外科手术均顺利完成，患者年龄  $(47.83 \pm 19.05)$  岁，平均手术时间为  $(93.33 \pm 33.12)$  min，平均术中出血量为  $(42.50 \pm 30.65)$  ml，平均术后住院时间为  $(3.33 \pm 1.49)$  d。所有患者术后 1 d 拔除尿管及引流管，并下床活动，无 1 例中转开放或改其他术式，无 II 级以上术中、术后并发症，无输血。手术时间、术中出血量等围手术期相关数据见表 2。肾部分切患者术后病理为透明细胞癌 II 级，肿瘤切缘基底阴性，根据病理结果进行门诊随访及进一步治疗。

## 3 讨论

2009 年，Escobar P F 等人首次将单孔腹腔镜技术与手术机器人技术结合起来，并应用于

妇产科手术<sup>[7]</sup>。这项技术在最大限度避免术后瘢痕的前提下，充分发挥了机器人辅助手术的灵活性和精准性。2008 年，Kaouk J H 等人<sup>[8]</sup>报道了首例单孔腹腔镜下根治性前列腺切除术，随后在 2016 年又通过机器人系统辅助降低单孔腹腔镜手术在解剖和缝扎上的难度，证明该术式的安全性与可行性<sup>[9]</sup>。2018 年，一种新的手术机器人平台——达芬奇单端口（Da Vinci SP）手术系统被美国食品药品监督管理局（FDA）批准了，该系统主要应用于泌尿外科手术<sup>[10]</sup>。达芬奇 SP 手术系统与传统的多端口手术机器人平台不同，灵活的摄像头和多关节操作臂是达芬奇 SP 手术系统进行单孔手术的技术优势<sup>[10]</sup>。目前关于应用达芬奇 SP 手术系统进行 R-LESS 手术已有多篇文献报道，包括根治性前列腺切除术、肾部分切除术和根治性膀胱切除术等<sup>[11-13]</sup>。由于医疗手术机器人属于高新技术产业，行业壁垒高，目前市场份额由外国公司占据主导地位。

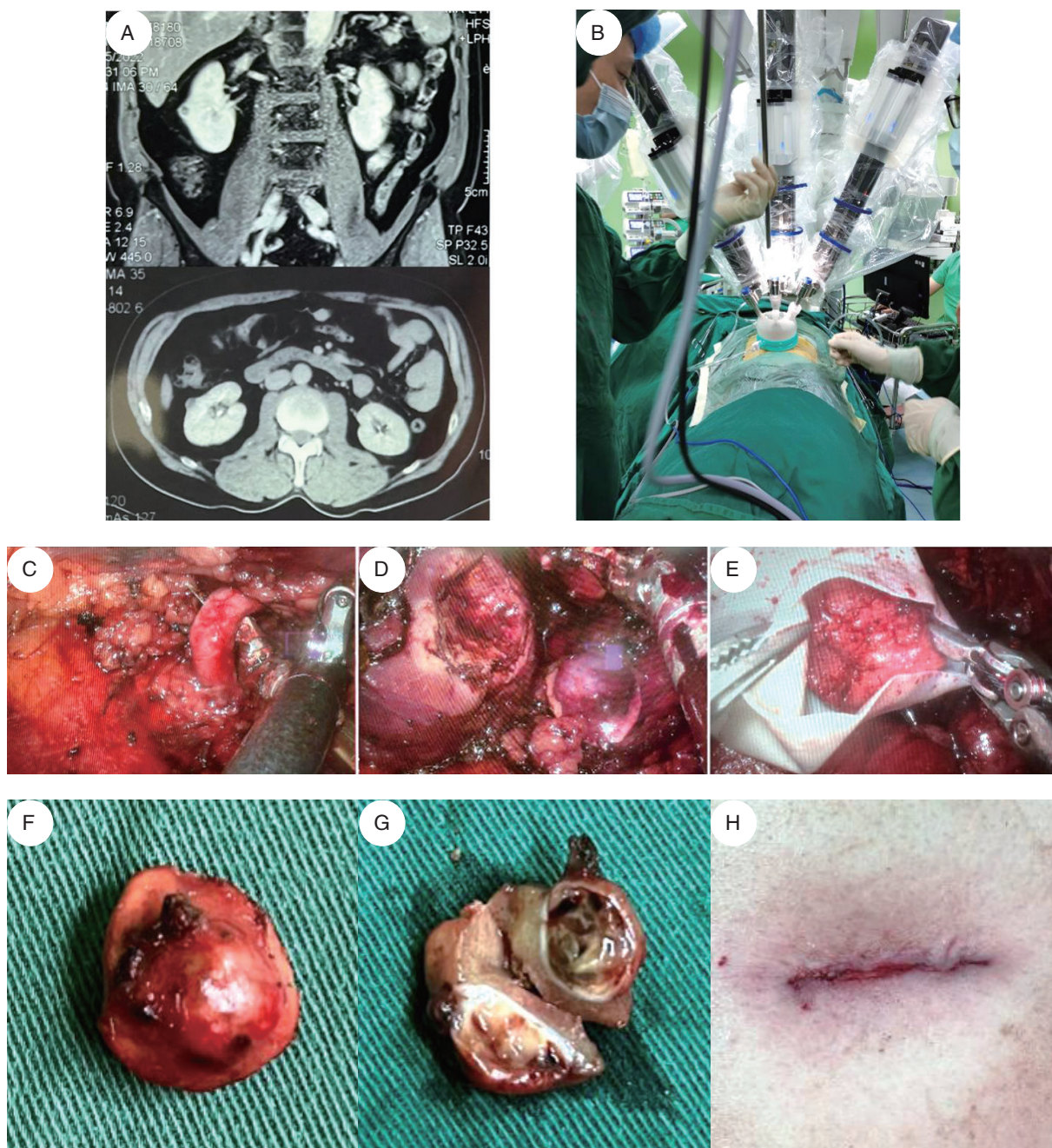


图2 机器人辅助单孔腹腔镜下肾部分切除术操作

Figure 2 Surgical procedures of robot-assisted single-port laparoscopic partial nephrectomy

注：A. 患者双肾冠状位及水平位CT片；B. 机械臂与金属Trocar偶联；C. 游离肾动脉；D. 完整切除肿瘤组织；E. 用自制标本袋回收肿瘤组织；F. 肿瘤组织外观；G. 肿瘤组织剖面；H. 2.5 cm 髂腰部超微横形切口

而上海微创医疗机器人股份有限公司自主研发的“图迈”微创腹腔镜手术机器人，打破了达芬奇系统在手术机器人领域的垄断，并顺利应用于根治性前列腺切除术、肺叶切除术等<sup>[14-15]</sup>。

手术机器人的国产化将大大降低机器人辅助手术的经济成本，在卫生经济学上减轻患者的经济负担，更好地服务患者。

自2015年以来，江苏省人民医院泌尿外科

表 2 患者围手术期情况

Table 2 Perioperative clinical data of patients

患者编号	手术操作时间 (min)	术中出血量 (ml)	术后住院时间 (d)
1	65	20	2
2	75	25	2
3	160	110	6
4	70	30	2
5	80	35	4
6	110	35	4

宋宁宏、杨杰团队在泌尿外科机器人辅助手术及单孔腹腔镜手术方面积累了超 900 例的手术经验。自 2021 年宋宁宏、杨杰参加援疆工作后，逐步将单孔腹腔镜技术及国产机器人“图迈”引入南京医科大学附属克州人民医院，最大限度实现了手术切口的隐蔽性、美观性，同时实现手术的精准性、灵活性和微创性。2022 年 2 月手术团队将上海微创医疗机器人股份有限公司研发的国产“图迈”机器人与北京航天卡迪技术开发研究所开发的 4 通道单孔套管系统相结合，完成了新疆首例机器人辅助单孔手术。2022 年 2 月—2022 年 5 月南京医科大学附属克州人民医院泌尿外科进行的 6 例国产机器人辅助单孔腹腔镜手术均顺利完成，无 1 例中转开放或改其他术式。6 例国产机器人辅助单孔腹腔镜泌尿外科手术的体会总结如下：①“图迈”腹腔镜手术机器人目前拥有全球首个腹腔镜手术机器人力觉感知组件，方便术中进行精细化操作。②其内置的目镜，可以为术者提供第一视角的裸眼 3D 高清立体视觉体验；“图迈”手术机器人采用双电子镜采集，1080p 全高清真实再现手术视野。③ 7 个自由度可转腕器械，使得复杂手术简单化；四组悬吊式机械臂，满足更多术式摆位，可用于辅助单孔腹腔镜手术。④在传统单孔腹腔镜中，复杂或粘连严重的泌尿外科手术是需要谨慎处理或禁忌的，而机器

人辅助手术可以放大术野 10 倍以上，同时过滤人手抖动，消除震颤，这些特性非常适合在狭窄的腹膜后间隙中进行切割、分离、电凝、缝合等精细操作，使得手术机器人在有限空间内完成精细操作<sup>[16]</sup>。⑤同时应用机器人辅助外科手术时，主刀医生在操作方式上更加贴合开放式手术的操作方式，不需要长时间的培训和学习，相比腹腔镜，其学习曲线更短。⑥相对传统 LESS，机器人辅助手术高昂的设备成本和维护费用是该技术推广应用的最大障碍<sup>[17]</sup>，然而国产手术机器人比进口机器人收费更低，大大降低了患者住院成本，且可以加快医院床位周转率，使得医疗资源不足的问题可以得到部分缓解。单孔机器人辅助手术还可以减少 1 个机械臂的使用，进一步节省了手术费用。⑦与传统 LESS 一样，为解决 R-LESS 中的“筷子效应”，使用交叉操作模式可以最大限度减少外部器械碰撞的问题，且能重新构成手术操作三角<sup>[18]</sup>。为及时避免机械臂的互相碰撞，助手应站在手术台旁与术者密切配合，在机械臂活动受限的时候，手动调节机械臂的位置。为满足手术需要，助手在术中可手动交换 1 号臂和 2 号臂的器械<sup>[19]</sup>。⑧机器人辅助单孔腹腔镜手术的局限性和不足：与 LESS 手术一样，该技术存在二次打孔或转开放手术的可能；尽管“图迈”手术机器人相比进口机器人收费更低，但是仍比普通 LESS 手术成本高，经济条件不佳的患者恐难以承受；此外，目前国内机器人辅助手术平台尚未全面普及，技术的推广仍有待发展<sup>[20]</sup>。

本研究表明，笔者所在团队采用国产“图迈”手术机器人平台可顺利辅助泌尿外科单孔腹腔镜手术的开展。机器人辅助单孔腹腔镜手术可最大限度满足患者对微创美观的要求。但是本研究纳入的病例数较少，其长期临床效果有待进一步大样本、多中心的研究进一步验证。

## 参考文献

- [1] Merseburger A S, Herrmann T R, Shariat S F, et al. EAU guidelines on robotic and single-site surgery in urology[J]. *Eur Urol*, 2013, 64(2): 277-291.
- [2] Gueli Alletti S, Vizzielli G, Lafuenti L, et al. Single-institution propensity-matched study to evaluate the psychological effect of minimally invasive interval debulking surgery versus standard laparotomic treatment: from body to mind and back[J]. *J Minim Invasive Gynecol*, 2018, 25(5): 816-822.
- [3] Clayman R V, Kavoussi L R, Figenschau R S, et al. Laparoscopic nephroureterectomy: initial clinical case report[J]. *J Laparoendosc Surg*, 1991, 1(6): 343-349.
- [4] 刘存东, 周冉冉, 包继明. 单孔腹腔镜技术在泌尿外科的应用进展及展望 [J]. *临床泌尿外科杂志*, 2022, 37(1): 1-5.
- [5] White M A, Haber G P, Autorino R, et al. Robotic laparoendoscopic single-site radical prostatectomy: technique and early outcomes[J]. *Eur Urol*, 2010, 58(4): 544-550.
- [6] Herron D M, Marohn M. A consensus document on robotic surgery[J]. *Surg Endosc*, 2008, 22(2): 313-325; discussion 311-312.
- [7] Escobar P F, Fader A N, Paraiso M F, et al. Robotic-assisted laparoendoscopic single-site surgery in gynecology: initial report and technique[J]. *J Minim Invasive Gynecol*, 2009, 16(5): 589-591.
- [8] Kaouk J H, Goel R K, Haber G P, et al. Single-port laparoscopic radical prostatectomy [J]. *Urology*, 2008, 72(6): 1190-1193.
- [9] Kaouk J H, Akca O, Zargar H, et al. Descriptive technique and initial results for robotic radical perineal prostatectomy[J]. *Urology*, 2016. DOI: 10.1016/j.urology.2016.02.063.
- [10] Kaouk J H, Bertolo R. Single-site robotic platform in clinical practice: first cases in the USA [J]. *Minerva Urol Nefro*, 2019, 71(3): 294-298.
- [11] Kim K H, Song W, Yoon H, et al. Single-port robot-assisted radical prostatectomy with the Da Vinci SP system: a single surgeon's experience[J]. *Investig Clin Urol*, 2020, 61(2): 173-179.
- [12] Kaouk J, Garisto J, Eltemamy M, et al. Pure single-site robot-assisted partial nephrectomy using the SP surgical system: initial clinical experience[J]. *Urology*, 2019. DOI: 10.1016/j.urology.2018.11.024.
- [13] Kaouk J, Garisto J, Eltemamy M, et al. Step-by-step technique for single-port robot-assisted radical cystectomy and pelvic lymph nodes dissection using the da Vinci(®) SPT™ surgical system[J]. *BJU Int*, 2019. DOI: 10.1111/bju.14744.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 周逢海, 王星. 机器人单孔腹腔镜手术在泌尿外科的发展现状及展望 [J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2022, 3(3): 165-170.
- [17] El Hachem L, Andikyan V, Mathews S, et al. Robotic single-site and conventional laparoscopic surgery in gynecology: clinical outcomes and cost analysis of a matched case-control study[J]. *J Minim Invasive Gynecol*, 2016, 23(5): 760-768.
- [18] Joseph R A, Goh A C, Cuevas S P, et al. "Chopstick" surgery: a novel technique improves surgeon performance and eliminates arm collision in robotic single-incision laparoscopic surgery[J]. *Surg Endosc*, 2010, 24(6): 1331-1335.
- [19] 吕小慧, 郭欣, 李佳, 等. 机器人单孔腹腔镜在妇科手术中的初步应用探讨 [J]. *中华腔镜外科杂志(电子版)*, 2019, 12(3): 154-158.
- [20] Kaouk J, Garisto J, Bertolo R. Robotic urologic surgical interventions performed with the single port dedicated platform: first clinical investigation[J]. *Eur Urol*, 2019, 75(4): 684-691.