

DOI:10.16781/j.CN31-2187/R.20220284

• 技术方法 •

国产单孔蛇形臂机器人手术系统在经后腹腔肾肿瘤肾部分切除术和肾上腺肿瘤切除术中的初步应用

朱清毅¹, 张超², 魏勇¹, 王正², 肖成武², 沈露明¹, 杨健¹, 周铁², 杨波², 王林辉^{2*}

1. 南京医科大学第二附属医院泌尿外科, 南京 210011

2. 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院泌尿外科, 上海 200433

[摘要] **目的** 探索经后腹腔单孔机器人肾肿瘤肾部分切除术和肾上腺肿瘤切除术的安全性和有效性。**方法** 2021年11月至2022年2月, 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院和南京医科大学第二附属医院采用国产单孔蛇形臂机器人手术系统完成经后腹腔肾肿瘤肾部分切除术和肾上腺肿瘤切除术7例, 其中肾上腺肿瘤切除术4例, 肾肿瘤肾部分切除术3例。记录所有患者肿瘤最大直径、手术入路、手术时间、术中出血量、切口数量、切口大小、围手术期并发症、病理诊断等资料。记录肾肿瘤肾部分切除术患者术前和出院前血肌酐、热缺血时间和切缘情况。**结果** 所有手术均采用经后腹腔途径。4例患者接受肾上腺肿瘤切除术, 3例肿瘤位于右侧、1例位于左侧, 肿瘤最大直径1.2~3.3 cm; 4例均为纯单孔手术, 切口直径3.0~4.5 cm; 手术操作时间50~96 min, 术中出血量10~50 mL, 围手术期无明显并发症。3例患者接受肾肿瘤肾部分切除术, 术前血肌酐分别为77、43、108 $\mu\text{mol/L}$; 3例肿瘤均位于右侧, 最大直径1.9~2.7 cm, R.E.N.A.L.评分分别为5P、4X、4P; 2例采用纯单孔术式, 切口分别为4.5、4.0 cm, 1例增加一个12 mm辅助通道; 手术操作时间52~150 min, 术中出血量10~50 mL, 热缺血时间22~30 min; 术后病理诊断为肾透明细胞癌2例、切缘均为阴性, 血管平滑肌脂肪瘤1例, 围手术期未出现出血、漏尿、发热等并发症, 出院前血肌酐分别为99、50、93 $\mu\text{mol/L}$ 。**结论** 采用国产单孔蛇形臂机器人手术系统可安全、有效地开展经后腹腔肾肿瘤肾部分切除术和肾上腺肿瘤切除术。

[关键词] 机器人手术; 单孔腹腔镜手术; 肾上腺肿瘤; 肾肿瘤; 肾上腺部分切除术; 肾部分切除术; 蛇形臂
[中图分类号] R 699.2; R 699.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-1338(2022)10-1189-05

Preliminary application of a domestic single-port robotic surgical system in retroperitoneal partial nephrectomy and partial adrenalectomy

ZHU Qing-yi¹, ZHANG Chao², WEI Yong¹, WANG Zheng², XIAO Cheng-wu², SHEN Lu-ming¹, YANG Jian¹, ZHOU Tie², YANG Bo², WANG Lin-hui^{2*}

1. Department of Urology, The Second Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210011, Jiangsu, China

2. Department of Urology, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To explore the safety and effectiveness of retroperitoneal robotic single-port partial nephrectomy and partial adrenalectomy. **Methods** From Nov. 2021 to Feb. 2022, doctors in The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University) and The Second Affiliated Hospital of Nanjing Medical University completed 7 cases of retroperitoneal partial nephrectomy and partial adrenalectomy with a domestic single-port robotic surgical system, including 4 cases of partial adrenalectomy and 3 cases of partial nephrectomy. The maximal tumor diameter, surgical approach, operation time, estimated blood loss, incision number, incision size, perioperative complications and pathological diagnosis were recorded in all patients. The serum creatinine before operation and discharge, warm ischemia time, and surgical margin were recorded in patients undergoing partial nephrectomy. **Results** All surgeries were carried out through retroperitoneal approach. Four patients underwent partial adrenalectomy. Three tumors were located on the right side and 1 on the left. The maximal tumor diameter was 1.2-3.3 cm. All 4 cases were pure single-port surgery, and the incision diameter was 3.0-4.5 cm. The operation time was 50-96 min, the amount of intraoperative bleeding was 10-50 mL, and there were no obvious complications during the perioperative period. Three patients underwent partial nephrectomy, and their

[收稿日期] 2022-04-07 **[接受日期]** 2022-05-10

[基金项目] 国家自然科学基金(81730073, 82000654). Supported by National Natural Science Foundation of China (81730073, 82000654).

[作者简介] 朱清毅, 博士, 教授、主任医师. E-mail: drzhuqingyi@126.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31161717, E-mail: wanglinhui@smmu.edu.cn

preoperative serum creatinine were 77, 43, and 108 $\mu\text{mol/L}$, respectively. All 3 tumors were located on the right side, with a maximal diameter of 1.9-2.7 cm. The R.E.N.A.L. scores were 5P, 4X, and 4P, respectively. Pure single-port operation was applied in 2 cases, the incision was 4.5 and 4.0 cm, respectively. A 12-mm auxiliary trocar was placed in 1 case. The operation time was 52-150 min, the intraoperative bleeding was 10-50 mL, and the warm ischemia time was 22-30 min. There were 2 cases of renal clear cell carcinoma diagnosed by pathology after operation, and surgical margins were negative; there was 1 case of angiomyolipoma. There were no complications such as bleeding, urinary leakage or fever during the perioperative period. The serum creatinine before discharge was 99, 50, and 93 $\mu\text{mol/L}$, respectively. **Conclusion** Retroperitoneal partial nephrectomy and partial adrenalectomy can be carried out safely and effectively with this domestic single-port robotic surgical system.

[**Key words**] robotic surgical procedures; single-port laparoscopic surgery; adrenal gland neoplasms; kidney neoplasms; partial adrenalectomy; partial nephrectomy; deformable surgical instrument

[Acad J Naval Med Univ, 2022, 43(10): 1189-1193]

随着体检的普及和影像学诊断水平的不断提高, 肾上腺肿瘤和肾肿瘤的检出率不断提高^[1-2]。由于发现早、肿瘤小, 外科手术是针对此类患者的成熟治疗手段^[3-5], 并可在切除肿瘤的同时保留器官的正常组织和功能。机器人手术由于切口小、操作精细、动作灵活等特点, 近年来应用愈发广泛。2014年, Kaouk等^[6]首次报道采用达芬奇sp单孔机器人手术系统顺利完成4例肾肿瘤肾部分切除术, 证明单孔机器人手术系统可以安全、有效地完成高风险手术。

肾肿瘤肾部分切除术和肾上腺肿瘤切除术均可通过经腹腔和经后腹腔两种方式完成。经后腹腔手术能避开腹腔脏器, 有利于术后肠道恢复, 寻找肾动脉更直接, 且更适合有腹部手术史、腹腔粘连患者^[7]。然而, 后腹腔存在空间较小的显著缺陷。单孔机器人手术器械在体内操作时, 需通过工作通道进入手术区域展开后进行操作, 因此需要较大的操作空间。截至目前, 文献中尚无经后腹腔纯单孔机器人平台进行肾上腺和肾脏手术的报道。2021年11月至2022年2月, 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院和南京医科大学第二附属医院采用国产单孔蛇形臂机器人手术系统开展经后腹腔肾肿瘤肾部分切除术和肾上腺肿瘤切除术, 探讨经后腹腔纯单孔机器人手术的安全性和有效性。

1 资料和方法

1.1 一般资料 选择2021年11月至2022年2月在海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院、南京医科大学第二附属医院就诊并接受国产单孔蛇形臂机器人手术系统经后腹腔肾肿瘤肾部分切除术和肾上腺肿瘤切除术治疗的患者7例, 其中肾肿瘤

肾部分切除术3例, 肾上腺肿瘤切除术4例(中国临床试验注册中心注册号ChiCTR2100048179)。纳入标准:(1)患者年龄 ≥ 18 周岁, BMI 18.5~30 kg/m^2 ; (2)美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)物理状态分类系统分级I~III级; (3)能配合完成方案规定的随访和相关检查; (4)接受肾上腺肿瘤切除术的患者肿瘤直径须 ≤ 7 cm, 若为无功能腺瘤, 肿瘤直径须 ≥ 3 cm; 接受肾部分切除术的患者须为单发肿瘤患者, 肿瘤最大直径 ≤ 4 cm; (5)受试者自愿参加临床试验, 并签署知情同意书。排除标准:

(1)患有其他恶性肿瘤, 或既往有其他恶性肿瘤病史且研究人员认为不适合纳入本研究者; (2)既往接受过同类型泌尿系统外科手术治疗, 且研究者评估认为不适合参与本研究者; (3)入组前3个月内及研究期间计划行其他大型手术者, 或无法从任何此类手术的不良反应中恢复者; (4)有严重全身性疾病, 研究人员认为不适合行手术治疗者; (5)入组前3个月内参与过其他干预性临床试验者。本研究通过海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院伦理委员会审批(CHEC2021-143)。

1.2 手术器械 术锐单孔蛇形臂机器人手术系统由北京术锐技术有限公司提供, 腹腔镜器械购自卡尔史托斯内窥镜(上海)有限公司。

1.3 手术方法 术锐单孔蛇形臂机器人手术系统由包含高清3D显示器的远程控制台、包含高清显示器的手术设备台车、可容纳4个蛇形机械臂的手术执行系统、可弯的蛇形机械臂组成^[8]。患者全身麻醉后, 取完全健侧卧位, 升高腰桥, 常规消毒铺巾。于腋中线上, 髂嵴和肋弓连线中点处做一切口, 逐层进入后腹腔并钝性扩张, 置入单孔机器

人专用通道, 连接机器人系统, 置入高清 3D 腹腔镜镜头和蛇形手术器械(电剪刀、双极抓钳), 助手通过该专用通道置入一把普通腹腔镜器械进行辅助。行肾部分切除术时, 若考虑肾脏肿瘤较大, 可在单孔通道腹侧 8 cm 处增加一个 12 mm 辅助通道, 以提高辅助效果, 保证手术安全性。

肾肿瘤肾部分切除术: 自上而下清理腹膜后脂肪, 于腰大肌前方纵行打开 Gerota 筋膜, 沿腰大肌表面游离, 在肾门处寻找到肾动脉, 并彻底游离。打开肾周脂肪, 沿肾脏表面游离, 完整暴露肿瘤。阻断肾动脉, 用剪刀沿肿瘤边缘将肿瘤切除, 并以倒刺线分别缝合创面内层和外层, 随后开放肾动脉。检查无活动性出血后, 取出标本, 留置引流管 1 根, 逐层关闭切口。关键步骤见图 1。

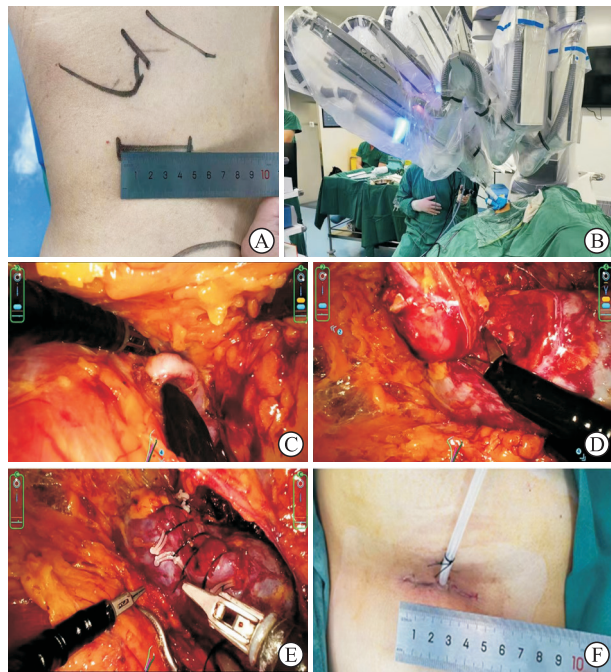


图 1 经后腹腔右肾肿瘤肾部分切除术关键步骤
Fig 1 Key steps of retroperitoneal partial nephrectomy of right kidney

A: Trocar placement; B: Complete docking; C: Isolating the right renal artery; D: Resecting the renal tumor; E: Suturing the renal cortex; F: The incision and the drainage tube.

肾上腺肿瘤切除术: 自上而下清理腹膜后脂肪, 于腰大肌前方纵行打开 Gerota 筋膜, 于肾上极内侧沿肾脏表面游离, 并游离肾上腺腹侧及背侧, 寻及肾上腺及其肿瘤, 完整切除肿瘤。检查无活动性出血, 取出标本, 留置引流管 1 根, 逐层关闭切口。关键步骤见图 2。

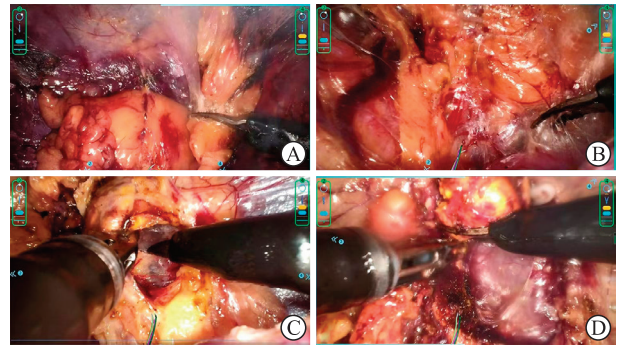


图 2 经后腹腔右肾上腺肿瘤切除术关键步骤
Fig 2 Key steps of retroperitoneal right partial adrenalectomy

A: Isolating the retroperitoneal fat; B: Mobilizing the superior pole of kidney; C: Exposing the adrenal tumor; D: Resecting the adrenal tumor.

1.4 主要观察指标 完善常规术前检查, 记录所有患者年龄、性别、BMI、肿瘤最大直径、手术入路、手术时间、术中出血量、切口数量、切口大小、围手术期并发症、病理检查结果等资料。记录肾部分切除术患者术前和出院前血肌酐、热缺血时间和切缘情况。

2 结果

本研究共纳入 7 例患者。3 例患者接受肾肿瘤肾部分切除术, 男 2 例、女 1 例, 年龄 39~57 岁, BMI 24.0~25.2 kg/m², ASA 分级均为 II 级, 术前血肌酐分别为 77、43、108 μmol/L。3 例肿瘤均位于右侧, 最大直径 1.9~2.7 cm, R.E.N.A.L. 评分分别为 5P、4X、4P。2 例手术采用纯单孔术式, 切口分别为 4.5、4.0 cm, 1 例考虑肿瘤稍复杂, 增加一个 12 mm 辅助通道。手术操作时间 52~150 min, 术中出血 10~50 mL, 热缺血时间 22~30 min。术后病理诊断为肾透明细胞癌 2 例, 切缘均为阴性; 血管平滑肌脂肪瘤 1 例。围手术期未出现出血、漏尿、发热等并发症, 出院前患者血肌酐分别为 99、50、93 μmol/L。

4 例患者接受肾上腺肿瘤切除术, 男 2 例、女 2 例, 年龄 40~68 岁, BMI 21.5~29.8 kg/m², ASA 分级均为 II 级。3 例肿瘤位于右侧, 1 例位于左侧, 肿瘤最大直径 1.2~3.3 cm。4 例手术均为纯单孔手术, 切口直径 3.0~4.5 cm。手术操作时间 50~96 min, 术中出血量 10~50 mL。术后病理提示肾上腺皮脂腺瘤 2 例, 肾上腺皮质结节性增生伴

腺瘤1例,肾上腺血管内乳头状内皮增生1例。围手术期患者病情平稳,未出现并发症。

3 讨论

1992年,Gagner等^[9]首先报道采用经腹腹腔镜肾上腺切除术治疗库欣综合征和嗜铬细胞瘤。此后,经腹腹腔镜这一术式逐渐替代开放手术,加速了患者的术后康复,减少了住院时间。1996年,Walz等^[10]报道了经后腹腔的肾上腺切除术,作为一种替代的手术入路。一项meta分析表明两种入路在手术时间、术中出血、术后住院时间、围手术期并发症方面差异无统计学意义^[11]。自达芬奇sp平台投入使用以来,单孔机器人肾上腺肿瘤切除术逐渐增多。Fang等^[12]对比了单孔机器人肾上腺肿瘤切除术与传统多孔机器人手术,发现两者在手术时间、围手术期并发症等方面无显著区别,单孔机器人手术的术中出血量可能更少。

与肾上腺肿瘤切除术类似,经腹腔和经后腹腔的机器人肾肿瘤肾部分切除术都是极为成熟的术式,两者各有利弊。经腹腔手术空间大、机械臂布局灵活,但经后腹腔肾部分切除术手术时间缩短、术中出血量减少、术后恢复更快^[13-14]。Mittakanti等^[15]回顾比较了281例经后腹腔和263例经腹腔入路的机器人肾部分切除术,发现在肿瘤学特征类似的前提下,经后腹腔组的平均手术时间、平均操作时间、平均出血量分别为162 min、122 min和134 mL,显著优于经腹腔组(191 min、141 min和171 mL)。单孔手术具有切口美观、术后恢复快的特点,可使患者显著获益。2014年,Kaouk等^[6]采用达芬奇单孔机器人对4例患者进行肾部分切除术,手术均顺利完成。Francavilla等^[16]报道了12例机器人单孔肾部分切除术,平均手术时间为172 min,平均术中出血量为68 mL,且热缺血时间均控制在30 min以内,达到了预期的手术效果。

早在腹腔镜时代,Wright和Porter^[17]就发现与经腹腔途径相比,经后腹腔入路的手术时间更短、术中出血量更小、术后肠道功能恢复更快。进入机器人时代后,由于经后腹腔入路的这些优点,这一术式被广泛开展^[18-19],且未增加围手术期并发症的发生^[14]。经后腹腔入路手术时间短可能与无须游离结肠、肾动脉暴露便捷有关,游离工作量小、

持续稳定的气腹压力有助于减少术中出血;此外,由于该入路与腹腔隔绝,更加适合有腹部手术史、腹腔粘连的患者。由于两种入路各有优势,主刀医师应根据患者病史、肿瘤的大小和位置等因素综合考虑,选择合适的手术入路^[20]。

虽然单孔机器人手术取得了令人满意的手术效果,经后腹腔手术途径也具有其独特的优点,但目前报道的单孔机器人手术病例均为经腹腔入路,究其原因,可能与手术空间较小有关。与腹腔空间相比,后腹腔空间有限,而单孔机器人手术器械进入手术区域后需展开、重新构建三角构型,从而进行复杂操作。本研究采用术锐单孔蛇形臂机器人手术系统,体内仅需要7 cm的展开空间,优于达芬奇sp(12 cm)^[21],更适合后腹腔的狭小空间。本研究中4例肾上腺肿瘤切除术均采用纯单孔手术,除1例由于患者肥胖操作时间为96 min外,其余3例操作时间均在60 min左右,术中出血量为10~50 mL,在保证手术质量的同时取得了较好的外观效果。在肾肿瘤肾部分切除术中,蛇形机械臂能够灵活地进行肾动脉和肿瘤的游离,同时精准地进行肿瘤的切除和创面的缝合,热缺血时间均在30 min之内,术中出血量为10~50 mL,术后病理证实无切缘阳性。

基于以上病例,我们总结了单孔机器人应用于后腹腔入路手术的注意事项:(1)由于研究尚处于早期,宜选取肿瘤较小的病例,本研究中我们排除了直径7 cm以上的肿瘤;(2)后腹腔空间较小,应避免选择过于肥胖的患者行纯单孔机器人手术,大量脂肪的清理可能耗费较长的时间;(3)尽量建立较大的后腹腔间隙,充分推开腹膜;(4)充分清理腹膜外脂肪,从而进一步扩大操作空间;(5)手术早期,后腹腔空间最小,可将机器人通道外移,使通道内口缩至腹壁内,从而增加机械臂的展开空间;(6)打开Gerota筋膜后,后腹腔空间显著增大,必要时可将机器人通道重新置入腹壁内,提高系统气密性。

本研究结果显示,采用术锐单孔蛇形臂机器人手术系统能够安全、有效地开展经后腹腔手术。这是国内首个纯单孔机器人平台经后腹腔行肾肿瘤肾部分切除术和肾上腺肿瘤切除术的报道。进一步的随机对照试验将有利于比较该手术系统与达芬奇机器人系统的优劣。

[参考文献]

- [1] SHERLOCK M, SCARSBROOK A, ABBAS A, FRASER S, LIMUMPORNPECH P, DINEEN R, et al. Adrenal incidentaloma[J]. *Endocr Rev*, 2020, 41: 775-820.
- [2] GILL I S, ARON M, GERVAIS D A, JEWETT M A. Clinical practice. Small renal mass [J]. *N Engl J Med*, 2010, 362: 624-634.
- [3] BRANDAO L F, AUTORINO R, LAYDNER H, HABER G P, OUZAID I, DE SIO M, et al. Robotic versus laparoscopic adrenalectomy: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Urol*, 2014, 65: 1154-1161.
- [4] CAMPBELL S, UZZO R G, ALLAF M E, BASS E B, CADEDDU J A, CHANG A, et al. Renal mass and localized renal cancer: AUA guideline [J]. *J Urol*, 2017, 198: 520-529.
- [5] LJUNGBERG B, BENSALAH K, CANFIELD S, DABESTANI S, HOFMANN F, HORA M, et al. EAU guidelines on renal cell carcinoma: 2014 update [J]. *Eur Urol*, 2015, 67: 913-924.
- [6] KAOUK J H, HABER G P, AUTORINO R, CROUZET S, OUZZANE A, FLAMAND V, et al. A novel robotic system for single-port urologic surgery: first clinical investigation [J]. *Eur Urol*, 2014, 66: 1033-1043.
- [7] PORRECA A, D'AGOSTINO D, DENTE D, DANDREA M, SALVAGGIO A, CAPP A E, et al. Retroperitoneal approach for robot-assisted partial nephrectomy: technique and early outcomes [J]. *Int Braz J Urol*, 2018, 44: 63-68.
- [8] 张超, 王正, 张宗勤, 邬凌峰, 何屹, 周铁, 等. 国产单孔蛇形臂机器人手术系统在零缺血肾部分切除术中的初步应用[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2022, 43: 132-137.
- [9] GAGNER M, LACROIX A, BOLTE E. Laparoscopic adrenalectomy in Cushing's syndrome and pheochromocytoma [J/OL]. *N Engl J Med*, 1992, 327: 1033. DOI: 10.1056/NEJM199210013271417.
- [10] WALZ M K, PEITGEN K, HOERMANN R, GIEBLER R M, MANN K, EIGLER F W. Posterior retroperitoneoscopy as a new minimally invasive approach for adrenalectomy: results of 30 adrenalectomies in 27 patients [J]. *World J Surg*, 1996, 20: 769-774.
- [11] NIGRI G, ROSMAN A S, PETRUCCIANI N, FANCELLO A, PISANO M, ZORCOLO L, et al. Meta-analysis of trials comparing laparoscopic transperitoneal and retroperitoneal adrenalectomy [J]. *Surgery*, 2013, 153: 111-119.
- [12] FANG A M, FAZENDIN J M, RAIS-BAHRAMI S, PORTERFIELD J R. Comparison of perioperative outcomes between single-port and multi-port robotic adrenalectomy [J/OL]. *Am Surg*, 2022: 31348221075777. DOI: 10.1177/00031348221075777.
- [13] KIM E H, LARSON J A, POTRETZKE A M, HULSEY N K, BHAYANI S B, FIGENSHAU R S. Retroperitoneal robot-assisted partial nephrectomy for posterior renal masses is associated with earlier hospital discharge: a single-institution retrospective comparison [J]. *J Endourol*, 2015, 29: 1137-1142.
- [14] XIA L, ZHANG X, WANG X, XU T, QIN L, ZHANG X, et al. Transperitoneal versus retroperitoneal robot-assisted partial nephrectomy: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Surg*, 2016, 30: 109-115.
- [15] MITTAKANTI H R, HEULITT G, LI H F, PORTER J R. Transperitoneal vs. retroperitoneal robotic partial nephrectomy: a matched-paired analysis [J]. *World J Urol*, 2020, 38: 1093-1099.
- [16] FRANCAVILLA S, ABERN M R, DOBBS R W, VIGNESWARAN H T, TALAMINI S, ANTONELLI A, et al. Single-port robot assisted partial nephrectomy: initial experience and technique with the da Vinci single-port platform (IDEAL phase 1) [J]. *Minerva Urol Nephrol*, 2022, 74: 216-224.
- [17] WRIGHT J L, PORTER J R. Laparoscopic partial nephrectomy: comparison of transperitoneal and retroperitoneal approaches [J]. *J Urol*, 2005, 174: 841-845.
- [18] HUGHES-HALLETT A, PATKI P, PATEL N, BARBER N J, SULLIVAN M, THILAGARAJAH R. Robot-assisted partial nephrectomy: a comparison of the transperitoneal and retroperitoneal approaches [J]. *J Endourol*, 2013, 27: 869-874.
- [19] MAURICE M J, KAOUK J H, RAMIREZ D, BHAYANI S B, ALLAF M E, ROGERS C G, et al. Robotic partial nephrectomy for posterior tumors through a retroperitoneal approach offers decreased length of stay compared with the transperitoneal approach: a propensity-matched analysis [J]. *J Endourol*, 2017, 31: 158-162.
- [20] ZHOU J, LIU Z H, CAO D H, PENG Z F, SONG P, YANG L, et al. Retroperitoneal or transperitoneal approach in robot-assisted partial nephrectomy, which one is better? [J]. *Cancer Med*, 2021, 10: 3299-3308.
- [21] System user manual supplement for abdominal and pelvic procedures (U.S. only) [EB/OL]. [2022-04-07]. https://manuals.intuitivesurgical.com/c/document_library/get_file?uuid=fb25fb1b-ad71-60fd-4bad-50152b102f34&groupId=73750789.

[本文编辑] 魏莎莎, 孙岩