

输尿管逆行冷缺血技术在机器人辅助复杂性肾部分切除术中的应用研究

马重¹, 姚丽², 赵福广¹, 滕竞飞¹, 高峰², 关亚伟¹, 艾星^{1, 3}

(1. 解放军总医院第三医学中心泌尿外科学部 北京 100039; 2. 解放军总医院第七医学中心泌尿外科 北京 100010; 3. 南方医科大学第二临床医学院 广东 广州 510515)

摘要 **目的:** 探讨逆行输尿管导管冷缺血的肾功能保护技术用于机器人辅助复杂性肾部分切除术的有效性和安全性。**方法:** 对 17 例 RENAL 评分 ≥ 7 分的复杂性肾肿瘤, 予以超滑导丝引导下患侧输尿管导管逆行插管, 行常规机器人辅助腹腔镜下肾部分切除术。至阻断肾动脉同期, 予以 4℃ 生理盐水逆行低温灌注。记录冷缺血时间、手术时间、出血量、并发症及肾功能恢复情况等临床指标。**结果:** 所有手术均在机器人辅助腹腔镜下完成, 无中转开腹、无中转肾根治术, 无严重并发症。手术时长 156 (122, 204) min, 其中冷缺血时间 22 (15, 36) min、出血量 77 (30, 210) mL。术后 3 个月患肾的分肾功能与术前相比差异无统计学意义 ($P=0.35$)。**结论:** 逆行输尿管导管冷缺血技术可用于高 RENAL 评分的复杂性机器人辅助肾部分切除术中保护肾功能。

关键词 机器人辅助手术; 肾肿瘤; 肾部分切除术; 肾功能

中图分类号 R737.11 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 05-0922-04

Retrograde ureteral cold ischemia technique in complex robot-assisted partial nephrectomy

MA Chong¹, YAO Li², ZHAO Fuguang¹, TENG Jingfei¹, GAO Feng², GUAN Yawei¹, AI Xing^{1, 3}

(1. Department of Urology, the Third Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100039, China;

2. Department of Urology, the Seventh Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100010, China;

3. The Second Clinical Medical College of Southern Medical University, Guangzhou 510515, China)

Abstract **Objective:** To investigate the efficacy and safety of renal function preservation with retrograde ureteral cold ischemia technique in complex robot-assisted partial nephrectomy. **Methods:** 17 cases of complex renal tumors with RENAL score ≥ 7 were retrogradely intubated with a ureteral catheter on the affected side, and robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy was performed. At the same time as clamping the renal artery, 4℃ normal saline was used for retrograde hypothermic perfusion. Clinical parameters such as cold ischemia time, operative time, bleeding volume, complications, pre- and post-operative renal function were recorded. **Results:** All surgeries were completed with no conversion to open surgery or radical nephrectomy, and no major complications occurred. The operative time was 156(122, 204)min, including 22(15, 36)min of cold ischemia time and 77(30, 210)mL of blood loss. There was no significant difference in the split renal function of the affected kidneys at 3 months postoperatively compared with that before surgery ($P=0.35$). **Conclusion:** Retrograde ureteral catheter cold ischemia technique can be used to protect renal function in high RENAL score and complex robot-assisted partial nephrectomy.

Key words Robot-assisted Surgery; Renal Cell Carcinoma; Partial Nephrectomy; Renal Function

收稿日期: 2023-12-05 录用日期: 2024-09-09

Received Date: 2023-12-05 Accepted Date: 2024-09-09

基金项目: 军队计生专项课题 (17JS009); 解放军总医院第七医学中心创新培育基金 (QZX-2023-17)

Foundation Item: Special Project for Military Family Planning (17JS009); Innovation Cultivation Fund of the Seventh Medical Center of Chinese PLA General Hospital (QZX-2023-17)

通讯作者: 艾星, Email: aixing0007@163.com

Corresponding Author: AI Xing, Email: aixing0007@163.com

引用格式: 马重, 姚丽, 赵福广, 等. 输尿管逆行冷缺血技术在机器人辅助复杂性肾部分切除术中的应用研究 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (5): 922-925.

Citation: MA C, YAO L, ZHAO F G, et al. Retrograde ureteral cold ischemia technique in complex robot-assisted partial nephrectomy[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(5): 922-925.

注: 马重, 姚丽为共同第一作者

Co-first Author: MA Chong, YAO Li

保留肾单位的肾部分切除术已被广泛证实是一种肾功能保护确切、肿瘤切除效果可靠的手术技术，已成为 T₁ 期肾肿瘤手术的金标准。近年来，随着机器人辅助腹腔镜技术的推广，更精巧的层面分离、更精准的肿瘤切除、更精细的创面缝合成为可能。肾部分切除术的手术适应证有进一步扩大的趋势。2023 年的欧洲泌尿学会指南就提出，肾部分切除术可选择性用于 T₂ 期肾肿瘤^[1]。

当肾部分切除术逐步用于体积更大、更复杂的肾肿瘤时，随之而来的问题是手术时间延长，尤其是肾动脉阻断后热缺血时间的延长，阻断开放后缺血-再灌注损伤加重。如何在复杂性肾部分切除术中更好地保护肾功能，也是近年来机器人领域的热点问题^[2]。Ward J 等人^[3]基于动物实验，于 1975 年首先提出了 20℃ 以下肾脏代谢可暂时停滞，认为 15℃~20℃ 是缺血时保留肾功能的理想温度。此后，肾周冰屑浴、冷水浴、动脉插管低温灌注、输尿管逆行插管低温灌注等不同的冷缺血技术均有报道被用于肾部分切除术中保护肾功能^[4-6]。Jaime J 等人^[7]于 2002 首次报道逆行输尿管导管低温灌注技术，认为该技术具有降温确切、无需增加 Trocar、无需介入科医生辅助等特点。本研究回顾性分析本中心逆行冷缺血技术用于机器人辅助复杂性肾部分切除术病例，基于术中及术后主要临床指标，介绍该技术的效果和经验。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性分析 2020—2023 年本中心单一术者运用逆行输尿管导管冷缺血技术的机器人辅助复杂性肾部分切除术病例。收集患者年龄、性别、BMI 等基线数据。术前根据病史及血液生化检验常规评估整体麻醉风险，肝、肾功能。以 MDRD 公式估计肾小球滤过率(eGFR) 即 $eGFR (mL/min/1.73m^2) = 175 \times (Scr)^{-1.154} \times (Age)^{-0.203} \times (0.742 \text{ if female})$ ^[8]。分肾功能评估采用 Mir C 等人^[9-10]报道的基于影像学肾实质体积的分肾 eGFR 估算法。具体采用 MIMICS 17.0 软件系统于 CT 影像中人工圈出肾实质区域，再根据分肾肾实质体积比例进行估算。Clavien-Dindo 分类用于评估术后并发症严重程度^[11]。本

研究获得本中心伦理委员会批准。

研究对象纳入标准：①术前影像学(CT 或 MR)明确有手术指征、可行肾部分切除的肾占位性病变的患者；②术前肾占位 RENAL 评分 ≥ 7 分的复杂性肾占位^[12]的患者；③术前检查未见远处转移的患者；④术后病理明确为肾恶性肿瘤的患者。排除标准：①不能耐受全麻手术的患者；②术前肝功能不全的患者(转氨酶或胆红素异常)；③术前肾功能不全的患者(术前血清肌酐异常)；④伴泌尿系感染的患者。

1.2 逆行冷缺血技术

1.2.1 逆行输尿管导管置入 术前 1 d 通知手术室准备 4℃ 的 0.9% 氯化钠溶液。患者取截石位，消毒铺单后，置入膀胱镜，行膀胱镜检查，寻及患侧输尿管口。超滑导丝引导下，逆行置入输尿管导管，根据管身刻度置入长度 25 cm，至患肾肾盂(如图 1A)。输尿管导管末端与输液器相连，待术中行低温逆行灌注。

1.2.2 机器人辅助肾部分切除术 以左侧经腹手术为例。取右侧 70° 侧卧位，消毒铺单后，于脐上两横指、左侧腹直肌外侧缘位置建立气腹，Trocar 布局及手术步骤同本院常规经腹肾部分切除术^[13]。

1.2.3 逆行灌注冷缺血 将 4℃ 预冷的 0.9% 氯化钠溶液袋置于输液架，调整输液架高度，使溶液平面高于患者肾盂平面 50 cm，使得逆行灌注压力略高于肾盂内压(如图 1B)。手术进行到阻断肾动脉时，开放逆行灌注液，并调整滴速为 60 mL/min。在持续低温逆行灌注下，确切降低患肾温度并冲洗术野(如图 1C)。若患者身高较高、冲洗液灌注不到位，可根据输尿管导管体外部分的管身刻度测量，再逆行向上置入 3~5 cm，确切灌注。待缝合结束后，开放阻断、停止逆行灌注，并记录冷缺血时长。术后标本常规送病理活检。术后 3~5 d，床旁拔除尿管同时，拔除输尿管导管。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据分析。连续性变量采用中位数(四分位数间距)[M(Q25, Q75)]表示；计量资料 eGFR 的统计检验采用独立样本 *t* 检验；计数资料以例数(百分比)[*n*(%)]表示。*P* < 0.05 认为差异有统计学意义。

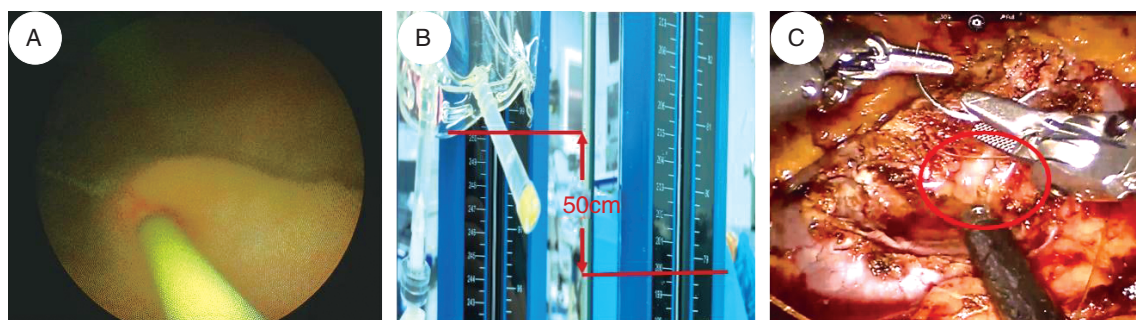


图1 输尿管导管逆行低温冷缺血技术

Figure1 Retrograde ureteral cold ischemia technique

注：A. 膀胱镜下置入输尿管导管；B. 逆行灌注压 50 cmH₂O；C. 灌注液自破损的集合系统漏出，指示精准缝合位点

2 结果

纳入患者临床资料见表1。所有患者均顺利完成机器人辅助单侧肾部分切除术，无中转肾癌根治切除、无中转开腹、无术中或术后输血、无Clavien 3~4级手术并发症。两例Clavien 1~2级术后情况为血压短暂升高予以口服降压药。

术前影像评估所有纳入患者均为复杂性肾占位，中位RENAL评分9（7，11）分。含逆行置管在内的整体手术时间156（122，204）min，其中冷缺血时间22（15，36）min，出血量77（30，210）mL，术后住院日6（4，9）d。术后病理证实T_{1a}肿瘤6例（35.3%），T_{1b}肿瘤8例（47.1%），T_{2a}肿瘤3例（17.6%）。病理类型除1例为囊性肾瘤外，均为透明细胞性肾癌。无切缘阳性。术中及术后主要临床指标见表2。

经影像学肾实质体积评估患侧分肾功能。术前患肾eGFR 42.7（33.2，51.2）mL/min，术后3个月eGFR 39.8（30.7，46.6）mL/min，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），说明逆行冷缺血技术对肾功能有保护作用。

表1 患者基线资料 [M（Q25，Q75）]

Table 1 Baseline data of included patients [M（Q25，Q75）]

项目	数值
患者例数（n）	17
年龄	58（45，66）
性别 [n（%）]	
男	10（58.8）
女	7（41.2）
BMI（kg/m ² ）	26.4（19.0，36.2）
肿瘤直径（cm）	5.8（3.5，8.6）
肿瘤RENAL评分	9（7，11）

表2 主要手术指标 [M（Q25，Q75）]

Table 2 Major surgical indicators [M（Q25，Q75）]

指标	数值
手术时长（min）	156（122，204）
冷缺血时长（min）	22（15，36）
出血量（mL）	77（30，210）
术后住院日（d）	6（4，9）
术后并发症（n）	
Clavien 1~2	2
Clavien 3~4	0
病理 [n（%）]	
T _{1a}	6（35.3）
T _{1b}	8（47.1）
T _{2a}	3（17.6）

3 讨论

随着手术技术的进步，尤其是机器人辅助腹腔镜技术的推广，肾部分切除术的适应证有扩大的趋势，但随之而来的是复杂性肾肿瘤手术时间的延长的问题。其中，热缺血时间过长可致残留的肾单位功能严重受损，使得“保肾”的意义大打折扣^[14-15]。本研究总结了本中心逆行输尿管插管低温技术的特点和经验，证实该技术是一项安全、便捷的冷缺血技术，无需增加Trocars，可用于高RENAL评分的复杂性肾部分切除术。

低温技术可以减少细胞能量代谢、氧化应激反应以及缺血-再灌注损伤，变“热缺血”为“冷缺血”^[16]。Becker F等人^[17]研究发现，为最大限度保护肾功能，热缺血时间应控制在20 min内，而冷缺血时间可长达2 h。本研究纳入病例的中位冷缺血时长超过20 min，而术后3个月

患侧肾功能未出现显著性降低，证实了冷缺血技术的肾功能保护作用。Theodore S 等人^[18]发现逆行低温灌注 1℃ 的冷生理盐水，可使肾皮质平均在 203 s 达到 20℃ 以下。目前，尚无比较不同冷缺血技术优劣的对照研究。此外，无动脉阻断的零缺血技术也表现出良好的肾功能保护作用^[19]。

与肾周冰屑浴、肾动脉介入灌注等冷缺血技术相比，逆行插管技术具有以下特点：①操作简便，无需增加 Trocar，无需其他科室辅助；②低温灌注比冰屑和肾周冲洗能保持更长的肾实质有效低温时间^[17]；③可持续冲洗出血，提供更清晰的手术视野；④可明确集合系统破损位置，精准修补集合系统；⑤降低肾盂压力，利于术后尿液引流及创面愈合。

术前仔细评估影像学资料对于肾部分切除术的术中策略至关重要^[20]。对于术前阅片含以下危险因素时，笔者建议可考虑逆行冷缺血技术：①肿瘤直径 >4 cm 或 RENAL 评分 ≥ 7 分；②肿瘤血管丰富，预期出血多或涉及血管修补；③肿瘤基底深，预期涉及集合系统修补；④术前合并肾功能不全、糖尿病等对肾功能保护要求高的患者。

本研究是一项小样本、单中心、回顾性研究。逆行冷缺血技术用于机器人辅助复杂性肾部分切除术的效果尚需通过设置基线数据匹配的对照组，用更大样本的研究证实。此外，本研究未与其他冷缺血技术，如逆行动脉插管灌注、冰屑浴等技术进行比较，后续可设计证据等级更高的对照研究。

综上，逆行输尿管插管的冷缺血技术可用于复杂性的机器人辅助肾部分切除术，其能够在精准切除肿瘤的同时，更有效地保护肾功能。

利益冲突说明：所有作者声明无相关利益冲突。

作者贡献声明：马重、艾星负责课题设计；马重、姚丽负责论文撰写；姚丽、赵福广负责数据分析；滕竞飞、高峰、关亚伟负责临床数据收集。

参考文献

- [1] Ljungberg B, Bex A, Albiges L, et al. 2023 EAU guidelines on renal cell carcinoma presented at the eau annual congress milan 2023[M]. EAU Guidelines Office, 2023: 29–43.
- [2] Alessio P, Riccardo C, Riccardo B, et al. Estimating postoperative renal function after surgery for nonmetastatic renal masses: a systematic review of available prediction models[J]. *Eur Urol Oncol*, 2023, 6(2): 137–147.
- [3] Ward J. Determination of the optimum temperature for regional renal hypothermia during temporary renal ischaemia[J]. *Br J Urol*, 1975, 47(1): 17–24.
- [4] Lorenzo M, Mihir D, Vincenzo F. Renal preservation and partial nephrectomy: patient and surgical factors[J]. *Eur Urol Focus*, 2016, 2(6): 589–600.
- [5] BAI Y C, YANG Y K, WEI H B, et al. Clinical outcomes of robotic-assisted laparoscopic partial nephrectomy with renal hypothermia perfusion by renal artery balloon catheter in treating patients with complex renal tumors[J]. *Front Oncol*, 2022, 26(12): 918143.
- [6] Lee J, Hwang Y C, Yoo S, et al. Changes in kidney function according to ischemia type during partial nephrectomy for T1a kidney cancer[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 4223–4229.
- [7] Jaime L, Ramakrishna V, David L, et al. Renal hypothermia achieved by retrograde endoscopic cold saline perfusion: technique and initial clinical application[J]. *Urology*, 2003, 61(5): 1023–1025.
- [8] Levey A S, Coresh J, Greene T, et al. Expressing the modification of diet in renal disease study equation for estimating glomerular filtration rate with standardized serum creatinine values[J]. *Clin Chem*, 2007, 53(4): 766–772.
- [9] Mir C, Campbell A, Sharma N, et al. Parenchymal volume preservation and ischemia during partial nephrectomy: functional and volumetric analysis[J]. *Urology*, 2013, 82(2): 263–268.
- [10] ZHOU Z H, LI Z Y, NING K, et al. Long-term effect of acute ischemic injury on the kidney underwent clamped partial nephrectomy[J]. *iScience*, 2023, 26(9): 107610–107619.
- [11] Dindo D, Demartines N, Clavien P A. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey[J]. *Annals of Surgery*, 2004, 240(2): 205–213.
- [12] Alexander K, Robert U. The R.E.N.A.L. nephrometry score: a comprehensive standardized system for quantitating renal tumor size, location and depth[J]. *J Urol*, 2009, 182(3): 844–853.
- [13] LIU F Y, YUAN H J, LI X, et al. Application of hypothermic perfusion via a renal artery balloon catheter during robot-assisted partial nephrectomy and effect on renal function[J]. *Acad Radiol*, 2019, 26(8): e196–e201.
- [14] XIONG L B, Nguyen J K, PENG Y L, et al. What happens to the preserved renal parenchyma after clamped partial nephrectomy?[J]. *Eur Urol*, 2022, 81(5): 492–500.
- [15] Alessan A, Luca C, Marco S, et al. The role of warm ischemia time on functional outcomes after robotic partial nephrectomy: a radionuclide renal scan study from the clock randomized trial[J]. *World J Urol*, 2023, 41(5): 1337–1344.
- [16] Liu J, Kumar S, Dolzhenko E, et al. Molecular characterization of the transition from acute to chronic kidney injury following ischemia/reperfusion[J]. *JCI Insight*, 2017, 2(18): e94716.
- [17] Becker F, Poppel V, Hakenberg W, et al. Assessing the impact of ischaemia time during partial nephrectomy[J]. *Eur Urol*, 2009, 56(4): 625–634.
- [18] Theodore S, Philip D, Jan C, et al. Induction of cold ischemia in patients with solitary kidney using retrograde intrarenal cooling: 2-year functional outcomes[J]. *Int Urol Nephrol*, 2013, 45(2): 313–320.
- [19] DONG K, SHEN M J, JU G Q, et al. Off-clamp retroperitoneoscopic tumour evacuation for sporadic renal angiomyolipomas with high renal nephrometry scores: a novel surgical technique and its outcomes[J]. *Eur Urol*, 2021, 79(2): 283–289.
- [20] 彭程, 黄庆波, 朱捷, 等. 基于三维影像重建的肾窦内肿瘤手术难度评分系统 [J]. *机器人外科学杂志*, 2020, 1(5): 345–354.

编辑：刘静凯