

达芬奇机器人辅助肾部分切除术后急性肾损伤风险 预测模型构建及预防策略研究

苟伟挺¹, 詹海婷¹, 王瑞², 周燕燕¹, 穆博¹

(1. 新疆医科大学第一附属医院麻醉科 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 新疆医科大学第三附属肿瘤医院妇外四科
新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要 目的: 构建使用第4代达芬奇 Xi 机器人手术系统行机器人辅助肾部分切除术 (RAPN) 后发生急性肾损伤 (AKI) 的风险预测模型, 并分析预防策略。**方法:** 回顾性收集 2023 年 5 月—2024 年 1 月收治的 86 例接受达芬奇 Xi 手术系统辅助 RAPN 的肾癌患者临床资料。根据术后是否发生 AKI 将患者分为 AKI 组 ($n=16$) 和非 AKI 组 ($n=70$)。比较两组患者基线资料及围手术期指标, 采用二元 Logistic 回归分析检验达芬奇 Xi 手术系统辅助 RAPN 后肾癌患者 AKI 的影响因素并构建列线图模型进行内部验证。**结果:** 高血压、糖尿病、体重指数、术后肺炎、热缺血时间是影响接受达芬奇 Xi 手术系统辅助 RAPN 肾癌患者术后 AKI 的危险因素, 24 h 内每 5 min RR 间期均值标准差 (SDANN) 是保护因素; C-index 值为 0.957, 模型具有良好区分度, ROC 结果显示列线图模型预测达芬奇 Xi 手术系统辅助 RAPN 术后肾癌患者 AKI 的 AUC 为 0.987, 具有一定预测价值; 特异度、敏感度、约登指数分别 0.952、0.970、0.922。**结论:** 高血压、糖尿病、体重指数、术后肺炎、热缺血时间及 SDANN 是达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 肾癌患者术后发生 AKI 相关的独立影响因素。

关键词 肾部分切除术; 机器人手术系统; 急性肾损伤; 影响因素

中图分类号 R737.11 R692 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 04-0620-06

Construction of acute kidney injury risk prediction model and prevention strategies after Da Vinci robot-assisted partial nephrectomy

GOU Weiting¹, ZHAN Haiting¹, WANG Rui², ZHOU Yanyan¹, MU Bo¹

(1. Department of Anesthesiology, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, China;
2. No.4 Department of Gynecologic Surgery, the Third Affiliated Cancer Hospital of Xinjiang Medical University,
Urumqi 830000, China)

Abstract Objective: To construct a risk prediction model for acute kidney injury (AKI) after Da Vinci Xi robot-assisted partial nephrectomy (RAPN) and to explore related prevention strategies. **Methods:** Clinical data of 86 renal cancer patients who underwent RAPN in the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University from May 2023 to January 2024 were retrospectively collected. Patients were divided into the AKI group ($n=16$) and non-AKI group ($n=70$) according to whether AKI occurred after surgery. General data and perioperative indicators of patients in the two groups were compared, and binary Logistic regression analysis was used to analyze the influencing factors for AKI after RAPN, and a Nomogram model was created for internal validation. **Results:** Hypertension, diabetes mellitus, body mass index (BMI), postoperative pneumonia, and warm ischemia time were risk factors affecting postoperative AKI in renal cancer patients who underwent RAPN, and standard deviation of the 5-minute average NN intervals (SDANN) was a protective factor. The C-index value was 0.957, and the model

收稿日期: 2024-02-28 录用日期: 2024-04-12

Received Date: 2024-02-28 Accepted Date: 2024-04-12

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金 (2019D01C293)

Foundation Item: Natural Science Foundation of Xinjiang Uygur Autonomous Region (2019D01C293)

通讯作者: 詹海婷, Email: 791131961@qq.com

Corresponding Author: ZHAN Haiting, Email: 791131961@qq.com

引用格式: 苟伟挺, 詹海婷, 王瑞, 等. 达芬奇机器人辅助肾部分切除术后急性肾损伤风险预测模型构建及预防策略研究 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (4): 620-625.

Citation: GOU W T, ZHAN H T, WANG R, et al. Construction of acute kidney injury risk prediction model and prevention strategies after Da Vinci robot-assisted partial nephrectomy [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(4): 620-625.

had good discrimination. The ROC results showed that the Nomograph model predicted AKI in renal cancer patients after RAPN with an AUC of 0.987, which has certain predictive value. The specificity, sensitivity, and Youden index were 0.952, 0.970, and 0.922, respectively. **Conclusion:** Hypertension, diabetes mellitus, BMI, postoperative pneumonia, warm ischemia time and SDANN are independent influencing factors associated with the occurrence of AKI in renal cancer patients underwent RAPN.

Key words Partial Nephrectomy; Robot Surgical System; Acute Kidney Injury; Influence Factor

肾癌是一种起源于肾小管上皮的恶性肿瘤，好发于中老年人，可引发神经、肾脏、骨关节等部位的病变，若不及时干预，会导致癌细胞扩散，使患者病情进一步加重，威胁患者生命安全^[1]。目前，外科手术被认为是肾癌的可靠治疗方式，肾部分切除术（Partial Nephrectomy, PN）是治疗 T₁ 期肾癌的推荐术式，能更好地保存患者肾功能，降低术后心血管事件发生风险，提升患者生活质量^[2]。机器人手术系统经过几十年的发展，技术已较为成熟，如今广泛运用于普外科、泌尿外科等领域。有研究显示，使用第 4 代达芬奇 Xi 机器人手术系统行机器人辅助肾部分切除术（Robot-assisted Partial Nephrectomy, RAPN）具有超清三维立体视野、远优于人手操作的灵活机械臂等优点，可显著增加手术的安全性，提升患者临床疗效^[3-4]。但部分肾癌患者行机器人辅助手术后仍会因各种因素诱发急性肾损伤（Acute Kidney Injury, AKI），对肾脏及远端器官产生不良影响，引发肺泡水肿及代谢性中毒，甚至导致患者呼吸衰竭，威胁患者生命安全。因此，分析影响接受 RAPN 的肾癌患者术后发生 AKI 的危险因素，制定针对性护理措施，对改善患者临床病症，消除不良因素，预防并减少术后 AKI，提升患者的护理质量具有至关重要的作用。鉴于此，本研究着重构建接受第 4 代达芬奇 Xi 手术系统辅助 RAPN 肾癌患者的术后 AKI 风险预测模型，评估患者术后发生 AKI 的风险及其护理策略研究，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性收集 2023 年 5 月—2024 年 1 月医院收治的 86 例接受达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 肾癌患者的临床资料。纳入标准：①符合《中国肾癌规范诊疗质量控制指标（2022 版）》^[5] 中肾细胞癌诊断标准，并经病理检查确诊；②单侧单发肾肿物；③认知及依从性良好；④术前血肌酐（Serum Creatinine, Scr）<133 μmol/L；⑤为 T₁ 期肾癌；⑥手术顺利，

无中转开腹；⑦临床资料完整；⑧患者及家属知情同意。排除标准：①肿瘤伴远处转移者；②合并其他恶性肿瘤者；③存在凝血功能异常者；④存在免疫系统疾病者；⑤术前存在严重慢性肾功能不全者；⑥精神疾病者；⑦既往存在肾手术史者；⑧孤立肾者。

1.2 观察指标 ①基线资料：使用医院电子病历系统收集患者年龄、性别、体重指数、病程、糖尿病（符合《中国老年 2 型糖尿病防治临床指南（2022 年版）》^[6] 诊断标准）、高血压（符合《国家基层高血压防治管理指南 2020 版》^[7] 诊断标准）等临床资料。②心率变异性：使用心率变异性分析仪评估患者 24 h 内每 5 min RR 间期平均值标准差（Standard Deviation of the 5-minute Average NN Intervals, SDANN）及 24 h 内全部正常窦性 RR 间期标准差（Standard Deviation of NN Intervals, SDNN）水平。③肿瘤情况：通过 CT 检查确认患者肿瘤部位及肿瘤最大直径。④术前血液指标：检测患者术前空腹血糖（Fasting Plasma Glucose, FPG）、胱抑素 C（Cystatin C, CysC）、β₂ 微球蛋白（β₂-microglobulin, β₂-MG）、Scr、血红蛋白（Hemoglobin, Hb）水平。⑤围手术期指标：记录患者术中胶体及晶体入量、术中出血量（出血量 = 血纱布重量 - 干纱布重量 + 吸引瓶中血量）、术中引流量、热缺血时间（自血管夹夹闭肾动脉时开始计算，至部分肾切除成功，放开肾动脉恢复肾脏供血为止）、术后肺炎发生情况、手术时间、住院时间。

1.3 AKI 诊断标准及分组 采用《中国急性肾损伤临床实践指南》^[8] 标准进行诊断：①术后 48 h 内 Scr 上升 ≥ 26.5 μmol/L；②尿量 <0.5 mL/(kg·h)，持续 6 h；③ 7 d 内 Scr 上升超过基础值的 1.5 倍。满足以上任意一条即可诊断为 AKI。根据患者术后是否发生 AKI，分为 AKI 组（n=16）和非 AKI 组（n=70）。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 25.0 软件进行数据处理，计量资料以均数 ± 标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，两组间比较采用独立样本 *t* 检验；计数资料用例

数(百分比)[$n(\%)$]表示,采用 χ^2 检验;采用二元 Logistic 回归分析达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 肾癌患者术后发生 AKI 的影响因素,采用 R4.1.3 语言“rms”包构建列线图模型;使用 Bootstrap 内部验证法对列线图模型进行内部验证;绘制接受者操作特征曲线(Receiver Operating Characteristic Curve, ROC),计算曲线下面积(Area Under Curve, AUC),检验列线图模型对达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 肾癌患者术后发生 AKI 的预测价值,AUC 值 >0.9 表示预测性能较高, $0.7 < \text{AUC 值} \leq 0.9$ 表示有一定预测性能, $0.5 \leq \text{AUC 值} \leq 0.7$ 表示预测性能较低, <0.5 表示无预测性能,检验水平 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

AKI 组患者体重指数、热缺血时间高于非 AKI 组,SDANN 低于非 AKI 组,合并糖尿病、合并高血压、术后发生肺炎患者占比高于非 AKI 组,差异有统计学意义($P < 0.05$),两组间其他资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。经二元 Logistic 回归分析显示,合并高血压、合并糖尿病、体重指数高、术后肺炎、热缺血时间长是影响达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 肾癌患者术后发生 AKI 的独立危险因素($OR > 1$, $P < 0.05$),SDANN 高是术后发生 AKI 的保护因素($OR < 1$, $P < 0.05$),见表 2~3。构建列线图模型,使用 Bootstrap 内部验证法对模型进行验证,C-index 值为 0.987,表明模型具有良好的区分度(如图 1)。绘制 ROC 曲线对列线图模型进行内部验证,结果显示,列线图模型预测达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 肾癌患者术后发生 AKI 的 AUC 为 0.987(95%CI: 0.971~1.000, $P < 0.05$),具有一定预测价值(如图 2);特异度、敏感度、约登指数分别 0.952、0.970、0.922。

3 讨论

AKI 是外科手术后常见的严重并发症,有相关研究显示,外科相关 AKI 的发生率为 5%~45%,一旦发生会给患者带来严重的心理及经济负担^[9]。达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 虽可更安全、有效的治疗肾癌,但仍有部分患者术后发生 AKI。因此,早期充分了解影响达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 肾癌患者

术后发生 AKI 的相关因素,根据危险因素提前制定针对性护理方式,对预防 AKI 发生,改善肾癌患者预后具有重要意义。

本研究经 Logistic 回归分析显示,合并高血压、合并糖尿病、体重指数高、术后肺炎、热缺血时间长是影响达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 肾癌患者术后发生 AKI 的独立危险因素,SDANN 高是术后发生 AKI 的保护因素,分析原因如下。①合并高血压:长期持续性高血压可导致肾小球纤维化、肾动脉硬化以及肾动脉血管狭窄,从而引发肾供血、供氧不足,导致肾脏产生实质性缺血及肾单位减少,造成肾功能下降,进而增加患者术后发生 AKI 的风险。②合并糖尿病:糖尿病患者血糖长期处于高水平状态,血液中会出现大量糖基化终末产物,增加肾小球毛细血管通透性,影响末梢血液循环,可导致肾脏血管病变,对肾脏造成损伤^[10]。由于糖代谢障碍,糖尿病患者肾小球内皮细胞内会沉淀大量糖基化终末产物,使白细胞介素-6、白细胞介素-18 等炎性因子水平增加,损坏患者的肾小球过滤功能,产生大量蛋白尿,加速肾脏损伤,最终诱发 AKI^[11]。除此之外,血糖过高还会增加氧化应激,损坏细胞与组织,进一步加重肾脏缺血再灌注损伤,对肾脏微血管造成损坏,影响血液循环,进而影响患者肾脏血供^[12]。③体重指数高:肥胖患者脂肪组织产生的炎性介质,会增加巨噬细胞的浸润,激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统,造成肾功能损伤,除此之外,脂肪细胞还会通过释放小细胞外囊泡诱导心肌线粒体氧化应激,增加患者氧化应激反应,增加患者术后发生 AKI 的风险^[13]。④术后肺炎:发生术后肺炎的患者易发生低氧血症,导致血管收缩顺应性减弱,降低肾小球过滤率,减少肾脏血流灌注,损害患者肾功能,从而诱发 AKI。⑤热缺血时间长:有研究显示,术中热缺血时间越长,患者肾功能损伤程度越重,热缺血时间每增加 5 min,患者发生 AKI 的风险就上升 16%^[14]。术中夹闭肾动脉时患者血流虽然中断,但机体内肾脏组织器官仍处于代谢中,若长时间缺少血供,可导致肾脏缺氧,肾组织持续低灌注,患者机体内有效循环血量、肾小球滤过率下降,体内代谢的酸性物质无法

表 1 两组患者基线资料比较
Table 1 Comparison of general data between the two groups of patients

变量	AKI 组 (n=16)	非 AKI 组 (n=70)	χ^2/t 值	P 值
年龄 (岁)	53.25 ± 4.88	52.97 ± 4.86	0.207	0.837
性别			0.054	0.817
男	11 (68.75)	46 (65.71)	—	—
女	5 (31.25)	24 (34.29)	—	—
体重指数 (kg/m ²)	26.52 ± 2.03	23.11 ± 2.05	6.013	<0.001
病程 (年)	3.38 ± 0.96	3.17 ± 1.02	0.727	0.469
糖尿病			3.922	0.048
合并	7 (43.75)	12 (17.14)	—	—
未合并	9 (56.25)	58 (82.86)	—	—
高血压			6.144	0.013
合并	8 (50.00)	12 (17.14)	—	—
未合并	8 (50.00)	58 (82.86)	—	—
SDANN (ms)	103.36 ± 15.27	128.29 ± 15.52	5.813	<0.001
SDNN (ms)	85.86 ± 13.33	87.63 ± 10.14	0.593	0.555
肿瘤部位			0.060	0.806
左肾	7 (43.75)	33 (47.14)	—	—
右肾	9 (56.25)	37 (52.86)	—	—
肿瘤直径 (cm)	3.69 ± 1.13	3.26 ± 1.09	1.426	0.158
术前 CysC 水平 (mg/L)	0.98 ± 0.25	0.94 ± 0.26	0.559	0.578
术前 FPG (mmol/L)	5.56 ± 1.06	5.94 ± 1.11	1.245	0.217
术前 β_2 -MG (mg/L)	1.98 ± 0.64	1.63 ± 0.71	1.810	0.074
术前 Scr (μ mol/L)	67.47 ± 9.52	66.52 ± 9.38	0.365	0.716
术前 Hb (g/L)	141.81 ± 12.63	138.25 ± 11.95	1.064	0.290
术中胶体入量 (mL)	20.71 ± 4.14	19.69 ± 4.36	0.852	0.397
术中晶体入量 (mL)	69.16 ± 5.63	70.59 ± 4.71	1.056	0.294
术中出血量 (mL)	95.33 ± 8.82	94.56 ± 8.56	0.323	0.748
术中引流量 (mL)	118.23 ± 12.36	114.47 ± 12.48	1.089	0.279
热缺血时间 (min)	26.85 ± 2.96	22.93 ± 2.11	6.197	<0.001
术后肺炎			9.826	0.002
有	9 (56.25)	11 (15.71)	—	—
无	7 (43.75)	59 (84.29)	—	—
手术时间 (min)	170.51 ± 19.56	168.26 ± 15.67	0.494	0.623
住院时间 (d)	10.91 ± 1.09	10.88 ± 1.06	0.102	0.919

排出体外，出现酸中毒。不仅如此，肾脏缺血再灌注还可促进炎性细胞的生成，增加患者体内炎症反应，诱导肾小管坏死，导致肾小球过滤降低，最终造成肾功能障碍，且在血液再灌

注过程中，会产生大量自由基，破坏细胞膜结构，从而出现缺血再灌注损伤，进一步损伤患者的肾功能，诱发 AKI^[15-16]。⑥ SDANN 高：SDANN 是心率变异性的评价指标，可反映患者交感神

表 2 变量赋值说明

Table 2 Description of variable assignments

因素	变量类型	赋值说明
高血压	分类变量	1= 合并, 0= 未合并
糖尿病	分类变量	1= 合并, 0= 未合并
体重指数	连续变量	—
术后肺炎	分类变量	1= 有, 0= 无
热缺血时间	连续变量	—
SDANN	连续变量	—

表 3 术后发生 AKI 的多因素分析

Table 3 Multivariate analysis on the occurrence of AKI after surgery

相关因素	β	标准误	Wald χ^2	P值	OR	95% CI
高血压	2.993	1.449	4.226	0.039	19.953	1.165~341.651
糖尿病	3.882	1.459	7.079	0.008	48.514	2.780~846.729
体重指数	1.401	0.528	7.036	0.008	4.057	1.441~11.420
术后肺炎	3.338	1.556	4.740	0.029	29.602	1.402~625.603
热缺血时间	0.989	0.413	5.726	0.017	2.688	1.195~6.042
SDANN	-0.198	0.076	6.862	0.009	0.820	0.707~0.951

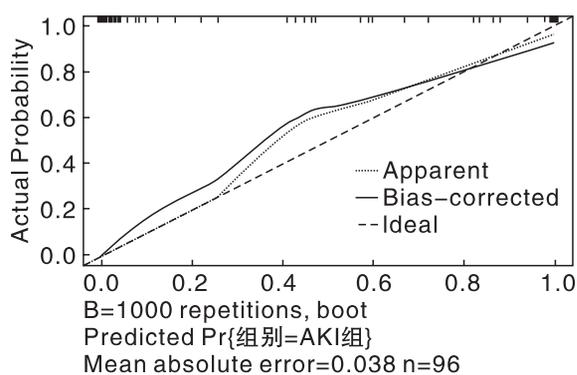


图 1 列线图校准曲线

Figure 1 Calibration curve of Nomogram

经、迷走神经状态, SDANN 水平降低则提示交感神经兴奋性下降。而交感神经系统与肾脏有着密切的联系, 交感神经兴奋性降低会减少肾小球过滤率, 增加肾脏水钠潴留, 损伤肾功能, 从而增加患者术后 AKI 发生风险^[17]。

根据达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 肾癌患者术后发生 AKI 的危险因素, 提前制定针对性预防方式, 可有效降低 AKI 的发生率。具体方式如下: ①严格控制患者血糖、血压, 引导患者多食用高膳食纤维的水果蔬菜, 以及鸡蛋、牛肉等富含优质蛋白的食物, 少食用升糖指数过高的主食, 每日适当进行运动; 帮助

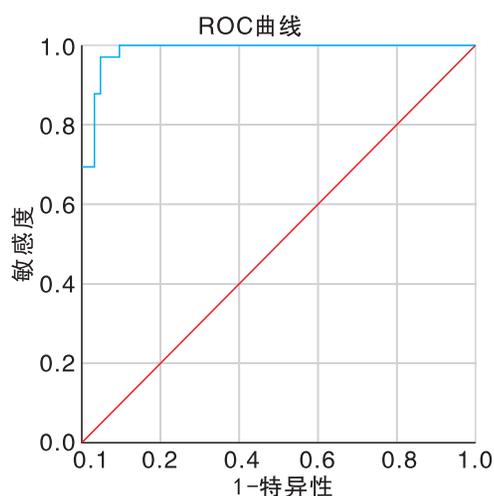


图 2 列线图模型内部检验 ROC 曲线

Figure 2 ROC curves for internal testing in Nomogram model

患者养成良好的饮食习惯, 纠正患者饮食不规律、暴饮暴食等不良习惯, 引导患者每日进行慢走、打太极拳等有氧运动, 帮助患者维持身形, 降低体重; 部分患者家属思想老旧, 会进行术后大补, 导致患者体重上升, 因此需对患者及家属进行健康教育, 扭转错误认知。②术后通过侧卧体位护理或摇高床头的方式帮助患者进食, 防止患者出现误吸, 造成吸入性肺炎;

使用背部叩击或雾化治疗的方式帮助患者排痰，降低患者肺部感染的风险；加强对人员的管理，减少外来人员的探视次数，防止患者发生交叉感染。③将术中热缺血时间控制在 25 min 内，可最大限度降低患者术后发生 AKI 的概率，若预计热缺血时间 >25 min，可以采取局部降温，在肾动脉插管灌注冰水或在肾脏表面灌注冰水进行降温，延长肾脏缺血耐受时间。④有研究表明，焦虑、抑郁等负性情绪会对患者的心率变异性产生一定的影响^[18]。因此，可通过鼓励、劝导、倾听的方式改善患者焦虑、抑郁等负性情绪，对重度焦虑、抑郁患者可遵医嘱给予盐酸氟西汀、艾司唑仑片进行药物干预，通过缓解患者负性情绪的方式改善心率变异性，进而降低 AKI 发生风险。

既往研究显示，性别是影响肾癌患者行 PN 后发生 AKI 的危险因素，男性患者在 PN 后发生 AKI 的概率高于女性患者，雌激素可通过抗炎、抗氧化等作用抑制细胞凋亡，从而减轻炎症反应对肾脏的损伤，还可在肾脏缺血再灌注中起到一定程度的保护作用，而男性患者由于存在睾丸急速，术中血流中断后会引发更多的近端小管损伤以及炎症反应，更易发生 AKI^[19-20]。该结果与本研究不相符，原因可能与本研究样本量较少有关，或受其他因素影响，未能发现性别与术后 AKI 发生的关系。本研究仍旧存在一定局限性，未进行外部验证，同时受限于收集能力，仅纳入常见指标，未来可通过联合多中心的方式增加样本量，并进行外部验证，同时纳入更多因素，进一步探讨 PN 后发生 AKI 的危险因素，以提升临床研究价值。

综上所述，高血压、糖尿病、体重指数、术后肺炎、热缺血时间及 SDANN 是达芬奇 Xi 机器人手术系统辅助 RAPN 肾癌患者术后发生 AKI 相关的独立影响因素，需提前采取针对性措施，降低术后 AKI 发生风险。

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明：苟伟挺、王瑞负责设计论文框架，起草论文，论文撰写；詹海婷负责指导撰写文章，提供基金课题；周燕燕负责研究过程实施，数据收集，统计学分析，绘制图表；穆博负责拟定写作思路，指导撰写文章并最后定稿。

参考文献

- [1] Bukavina L, Bensalah K, Bray F, et al. Epidemiology of renal cell carcinoma: 2022 update[J]. *Eur Urol*, 2022, 82(5): 529-542.
- [2] LIU Z H, YANG Z Y, LI J B, et al. Partial versus radical nephrectomy for the treatment of pT3aN0M0 renal cell carcinoma: a propensity score analysis[J]. *Asian J Surg*, 2023, 46(9): 3607-3613.
- [3] 段鑫鑫, 廖文峰, 张超, 等. 三维可视化重建技术在机器人辅助肾部分切除术中的应用[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2021, 2(3): 205-212.
- [4] 魏勇, 王省博, 左文仁, 等. 经腹膜后入路机器人辅助单孔腹腔镜肾部分切除治疗孤立肾肾癌合并双肾盂双输尿管畸形一例报道[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2023, 4(1): 79-84.
- [5] 国家癌症中心, 国家肿瘤质控中心肾癌质控专家委员会. 中国肾癌规范诊疗质量控制指标(2022版)[J]. *中华肿瘤杂志*, 2022, 44(12): 1256-1261.
- [6] 中国老年 2 型糖尿病防治临床指南编写组, 中国老年医学学会老年内分泌代谢分会, 中国老年保健医学研究会老年内分泌与代谢分会, 等. 中国老年 2 型糖尿病防治临床指南(2022年版)[J]. *中华内科杂志*, 2022, 61(1): 12-50.
- [7] 国家心血管病中心国家基本公共卫生服务项目基层高血压管理办公室, 国家基层高血压管理专家委员会. 国家基层高血压防治管理指南 2020 版[J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(3): 209-220.
- [8] 国家慢性病病临床医学研究中心, 中国医师协会肾脏内科医师分会, 中国急性肾损伤临床实践指南专家组. 中国急性肾损伤临床实践指南[J]. *中华医学杂志*, 2023, 103(42): 3332-3366.
- [9] Zarbock A, Weiss R, Albert F, et al. Epidemiology of surgery associated acute kidney injury (EPIS-AKI): a prospective international observational multi-center clinical study[J]. *Intensive Care Med*, 2023, 49(12): 1441-1455.
- [10] 高原, 张雪盟, 杨孟雪, 等. 2 型糖尿病肾病患者无创晶状体晚期糖基化终末产物与不同肾损伤评价体系的关系研究[J]. *中国实用内科杂志*, 2023, 43(5): 396-400, 406.
- [11] Hapca S, Siddiqui M K, Kwan R S Y, et al. The relationship between AKI and CKD in patients with type 2 diabetes: an observational cohort study[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2021, 32(1): 138-150.
- [12] Osada Y, Nakagawa S, Ishibe K, et al. Antibiotic-induced microbiome depletion alters renal glucose metabolism and exacerbates renal injury after ischemia-reperfusion injury in mice[J]. *Am J Physiol Renal Physiol*, 2021, 321(4): F455-F465.
- [13] Hennrikus M T, Hennrikus W P, Lehman E, et al. Obesity, angiotensin-blocking drugs, and acute kidney injury in orthopedic surgery[J]. *Orthopedics*, 2021, 44(2): e253-e258.
- [14] Kim N Y, Chae D, Lee J, et al. Development of a risk scoring system for predicting acute kidney injury after minimally invasive partial and radical nephrectomy: a retrospective study[J]. *Surg Endosc*, 2021, 35(4): 1626-1635.
- [15] Nørgård M Ø, Svenningsen P. Acute kidney injury by ischemia/reperfusion and extracellular vesicles[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(20): 15312.
- [16] 李爽, 包宇实. 缺血再灌注急性肾损伤机制研究进展[J]. *医学综述*, 2020, 26(19): 3848-3853.
- [17] 刘秀敏. BPV、HRV 与原发高血压合并 STEMI 患者发生急性肾损伤的相关性分析[J]. *医学临床研究*, 2021, 38(6): 870-872, 875.
- [18] CHENG Y C, Su M I, LIU C W, et al. Heart rate variability in patients with anxiety disorders: a systematic review and meta-analysis[J]. *Psychiatry Clin Neurosci*, 2022, 76(7): 292-302.
- [19] Ciarambino T, Para O, Giordano M. Gender in acute kidney disease: a narrative review[J]. *Clin Nephrol*, 2021, 95(3): 123-126.
- [20] Hernandez P, O'Brien C, Concors S J, et al. The selective estrogen receptor modulator, raloxifene, is protective against renal ischemia-reperfusion injury[J]. *Transplantation*, 2022, 106(11): 2166-2171.

编辑：张笑嫣