· 论著 ·

慢性肾脏病3期行肾部分切除术患者围术期急性肾损伤的危险因素

肖若陶[1*],谢志飞[1,2*],洪 鹏[1],杨 斌[1],刘 磊[1],张树栋[1△]
(1. 北京大学第三医院泌尿外科,北京 100191;2. 天津市武清区第二人民医院泌尿外科,天津 300170)

[摘 要] **目的**:探讨慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)3期患者行肾部分切除术后发生急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)的危险因素。**方法**:回顾性分析2013年1月至2025年12月于北京大学第三医院行肾部分切除术的CKD 3期患者的临床资料,收集患者人口学特征、合并症、手术相关指标及实验室数据。根据改善全球肾脏病预后组织(Kidney Disease: Improving Global Outcomes, KDIGO)的标准定义术后AKI。采用单因素和多因素回归分析筛选术后AKI的独立危险因素,并通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线确定相关因素的预测截断值。**结果**:共纳入126例CKD 3期患者,术后AKI发生率为31.0%(39/126)。单因素分析显示,AKI组患者机器人手术比例更低(12.8% *vs.* 33.3%,$P=0.018$),肾动脉阻断时间更长(25 min *vs.* 18 min,$P<0.001$),术中出血量更多(20 mL *vs.* 50 mL,$P=0.028$)。多因素Logistic回归分析显示,肾动脉阻断时间($OR=1.105$,95% CI:1.041~1.173,$P=0.001$)和术中出血量($OR=1.004$,95% CI:1.000~1.007,$P=0.046$)是术后发生AKI的独立危险因素。ROC曲线分析显示,肾动脉阻断时间预测AKI的曲线下面积为0.737,最佳截断值为18 min,阻断时间≥18 min的患者AKI发生率显著高于<18 min的患者(43.2% *vs.* 8.8%,$P<0.001$)。**结论**:CKD 3期患者行肾部分切除术后AKI发生率较高,肾动脉阻断时间与术中出血量是术后发生AKI的独立危险因素,将肾动脉阻断时间控制在18 min以内并尽量减少术中出血,有助于降低该高危人群术后AKI的风险。

[关键词] 慢性肾脏病3期;肾部分切除术;急性肾损伤;危险因素;肾动脉阻断时间
[中图分类号] R699.2 [文献标志码] A [文章编号] 1671-167X(2026)04-0723-06
doi:10.19723/j.issn.1671-167X.2026.04.007

Risk factors for perioperative acute kidney injury following partial nephrectomy in patients with stage 3 chronic kidney disease

XIAO Ruotao[1*], XIE Zhifei[1,2*], HONG Peng[1], YANG Bin[1], LIU Lei[1], ZHANG Shudong[1△]
(1. Department of Urology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China; 2. Department of Urology, The Second People's Hospital of Wuqing Tianjin, Tianjin 300170, China)

ABSTRACT **Objective**: To explore the risk factors for acute kidney injury (AKI) in patients with stage 3 chronic kidney disease (CKD) after partial nephrectomy. **Methods**: The clinical data of 126 stage 3 CKD patients who underwent partial nephrectomy at Peking University Third Hospital from January 2013 to December 2025 were retrospectively analyzed. Demographic characteristics, comorbidities, surgical-related indicators, and laboratory data of the patients were collected. AKI was defined according to the Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) criteria. Univariate and multivariate regression analyses were used to identify the independent risk factors for postoperative AKI, and the predictive cutoff value of the receiver operating characteristic (ROC) curve was determined. **Results**: A total of 126 stage 3 CKD patients were included. The incidence of AKI after surgery was 31.0% (39/126). Univariate analysis showed that the proportion of robotic surgery was lower in the AKI group (12.8% *vs.* 33.3%, $P=0.018$), the duration of renal artery occlusion was longer (25 min *vs.* 18 min, $P<0.001$), and the intraoperative blood loss was greater (20 mL *vs.* 50 mL, $P=0.028$). Multivariate Logistic regression analysis confirmed that the duration of renal artery occlusion ($OR=1.105$, 95% CI: 1.041 – 1.173, $P=0.001$) and intraoperative blood loss ($OR=1.004$, 95% CI: 1.000 – 1.007, $P=0.046$) were independent risk factors for postoperative AKI. ROC curve analysis showed that the area under the curve for predicting AKI by renal artery occlusion time was 0.737, and the optimal cutoff value was 18 min. The incidence of AKI was significantly higher in the patients with renal artery occlusion time ≥ 18 min than those with < 18 min (43.2% *vs.* 8.8%, $P<0.001$). **Conclusion**: The incidence of AKI after partial

基金项目:北京大学第三医院临床重点项目(BYSYZD2023050) Supported by the Clinical Key Project of Peking University Third Hospital (BYSYZD2023050)
△ Corresponding author's e-mail, zhangshudong@bjmu.edu.cn
* These authors contributed equally to this work
网络出版时间:2026-04-30 11:20:54 **网络出版地址**:http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4691.R.20260429.1627.004.html

nephrectomy in stage 3 CKD patients is relatively high. The duration of renal artery occlusion and intraoperative blood loss are independent risk factors for postoperative AKI. Controlling the renal artery occlusion time within 18 min and minimizing intraoperative blood loss can help reduce the risk of AKI in this high-risk population after surgery.
KEY WORDS Chronic kidney disease stage 3; Partial nephrectomy; Acute kidney injury; Risk factors; Renal artery occlusion time

肾细胞癌是泌尿系统常见的恶性肿瘤,近年来,随着影像学技术的进步,无症状早期肾癌的检出率显著增加。对于T1期肾肿瘤,肾部分切除术已成为标准治疗方案,其在确保肿瘤学疗效的同时,能够最大限度地保留正常肾单位,降低术后慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)的发生风险[1]。然而,即使采用保留肾单位手术,术后仍有一部分患者出现肾功能不全[2]。

急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)是肾部分切除术后常见的并发症之一。由于手术中需暂时阻断肾动脉,由此导致的缺血-再灌注损伤以及肾单位丢失可使术后AKI的发生率高达22%~43.9%[2-5]。多数AKI表现为血清肌酐一过性升高,但部分患者,尤其是严重AKI(2~3期)患者的肾功能可能无法完全恢复,增加远期CKD进展的风险[6]。有研究表明,术后AKI是肾切除术后新发CKD 3期及以上的独立预测因素,且AKI严重程度与肾功能恶化风险呈正相关[3,7]。

CKD 3期患者由于肾功能储备已显著下降,对缺血等损伤的耐受性更差,这部分患者行肾部分切除术时,如何在保证肿瘤完整切除的前提下尽可能保护肾功能,一直是临床关注的焦点。既往研究探讨了肾部分切除术后AKI的危险因素,包括男性、高血压、糖尿病、肿瘤复杂程度(R. E. N. A. L.评分)、术前估算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate,eGFR)水平以及肾动脉阻断时间等[2,7-8]。然而,针对CKD 3期这一特定高危人群的研究尚不充分,该类患者基线肾功能已处于临界水平,术后若发生AKI,不仅可能导致需要短期肾脏替代治疗,更可能加速残余肾功能丧失,使其进入终末期肾病。因此,识别CKD 3期患者行肾部分切除术后发生AKI的危险因素,对于术前风险分层、手术策略优化以及围术期管理具有重要临床意义。基于上述背景,本研究回顾性分析了CKD 3期患者行肾部分切除术后AKI的发生情况,探讨其危险因素,以期为临床决策提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性分析北京大学第三医院2013年1月至2025年12月期间行肾部分切除手术患者的临床数据。依据改善全球肾脏病预后组织(Kidney Disease: Improving Global Outcomes, KDIGO)制定的标准,将满足eGFR≥30 mL/(min·1.73 m^2)且<60 mL/(min·1.73 m^2)的患者定义为CKD 3期,将其中eGFR为30~44 mL/(min·1.73 m^2)的患者划分为CKD 3b期,eGFR为45~60 mL/(min·1.73 m^2)的患者划分为CKD 3a期[9]。纳入标准为所有行肾部分切除手术且术前为CKD 3期的患者,排除孤立肾、多发肿瘤及围术期肌酐数据缺失的患者。

1.2 数据收集

查阅北京大学第三医院电子病历系统,收集患者围术期的临床资料,包括年龄、性别、术前是否有临床症状、体重指数(body mass index, BMI)、既往合并症情况(高血压、糖尿病、心脑血管疾病)、术前美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists,ASA)评分、术前血肌酐水平、术后1周血肌酐水平、术后是否发生并发症等;收集患者的肿瘤资料,包括肿瘤侧别、肿瘤最大直径、术后病理类型等;收集患者的手术资料,包括手术入路、手术时间、肾动脉阻断时间、术中出血量等。手术入路分为腹腔镜手术和机器人手术,具体的腹腔镜和机器人手术步骤可参照本单位既往的研究报道[10-11]。依据R. E. N. A. L.评分对肿瘤复杂程度进行定义,评分4~6分定义为低危组,评分7~9分定义为中危组,评分10~12分定义为高危组[12]。

eGFR的计算参照Cockcroft-Gault公式:eGFR[mL/(min·1.73 m^2)]=[(140-年龄)×体重(kg)×性别系数]/[血肌酐(μmol/L)×0.011 3]。男性的性别系数为1,女性为0.85[13]。AKI的判定标准依据KDIGO发布的标准:(1)48 h内血清肌酐上升≥26.5 μmol/L;(2)7 d内血清肌酐上升至≥基础值的1.5倍;(3)尿量<0.5 mL/(kg·h)并持续6 h[14]。

1.3 统计学分析

采用SPSS 31.0软件及Graphpad Prism进行统计分析。连续变量采用均数±标准差或中位数(四分位距)表示,组间比较采用两独立样本t检验或

Mann-Whitney U 检验;分类变量采用例数(百分比)表示,组间比较采用 Pearson χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。对于单因素分析结果中 $P<0.05$ 的变量纳入多因素模型,采用 Logistic 回归模型进行多因素分析。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线确定肾动脉阻断时间对应 AKI 发生的最佳临界值。双侧 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　患者基本特征

本研究共入组 126 例 CKD 3 期行肾部分切除手术的患者,其中男性 97 例(77%),女性 29 例(23%),平均年龄(69.76±8.86)岁。本组患者绝大多数为体检发现肾脏肿物(114 例,90.5%),平均肿瘤直径为(3.22±1.76) cm。患者的既往合并症中,高血压 90 例(71.4%)、糖尿病 44 例(34.9%)、心脑血管疾病 35 例(27.8%)。术前诊断为 CKD 3a 期的患者 94 例(74.6%),CKD 3b 期 32 例(25.4%)。术前依据 R. E. N. A. L. 评分分组,低危组 45 例(35.7%),中危组 57 例(45.2%),高危组 24 例(19.1%)。所有患者均进行了肾部分切除手术,其中,92 例(73.0%)行腹腔镜手术,34 例(27.0%)行机器人手术,中位手术时间 143 (114, 178) min,中位肾动脉阻断时间 20 (15, 26) min,术中中位出血量 20 (15, 100) mL。术后组织病理诊断为透明细胞癌 98 例(77.8%),非透明细胞癌 22 例(17.4%),良性肿瘤 6 例(4.8%)。术后共有 5 例(3.9%)患者出现并发症,2 例为术后出现发热(1 例为术区包裹性积液形成,1 例出现肺部感染),另 3 例分别为双下肢静脉血栓形成、贫血行输血治疗、淋巴瘘。

2.2　AKI 危险因素的单因素分析

术后 39 例(31.0%)患者出现 AKI,依据是否出现 AKI 对本组患者进行分组分析(表 1)。单因素分析结果显示,术后非 AKI 组与 AKI 组相比,机器人手术占比更高(33.3% *vs.* 12.8%, $P=0.018$),肾动脉阻断时间更短(中位 18 min *vs.* 25 min, $P<0.001$),术中出血更少(中位 20 mL *vs.* 50 mL, $P=0.028$)。术后肾功能方面,AKI 组的术后肌酐值[(185.56±102.11) μmol/L *vs.* (114.33±27.42) μmol/L, $P<0.001$]、术后肌酐绝对增值[(64.74±84.25) μmol/L *vs.* (1.30±27.21) μmol/L, $P<0.001$]和术后肌酐增长率[(57.43±92.16)% *vs.* (0.98±15.72)%, $P<0.001$]均显著高于非 AKI 组。两组的其他人口学资料差异无统计学意义。

2.3　AKI 危险因素的多因素分析

依据单因素分析结果,将手术方式、肾动脉阻断时间和术中出血量纳入多因素 Logistic 回归模型,分析显示,肾动脉阻断时间($OR=1.105$, 95% CI: 1.041~1.173, $P=0.001$)和术中出血量($OR=1.004$, 95% CI: 1.000~1.007, $P=0.046$)是肾部分切除术后发生 AKI 的独立危险因素(表 2)。

2.4　肾动脉阻断时间对术后发生 AKI 的影响

采用 ROC 曲线对肾动脉阻断时间对应 AKI 发生进行截断值筛选,ROC 曲线下面积为 0.737,提示肾动脉阻断时间对术后 AKI 具有良好区分度(图 1)。依据最大约登指数(Youden index),选取 18 min 作为最佳截断值,肾动脉阻断时间≥18 min 的患者共有 81 例,其中 35 例术后出现 AKI,AKI 发生率为43.2%;肾动脉阻断时间<18 min 的患者共有45 例,术后仅有 4 例患者出现 AKI,AKI 发生率为 8.8%,两组间差异有统计学意义($P<0.001$)。

3　讨论

本研究探讨了 CKD 3 期患者行肾部分切除术后 AKI 的发生情况及危险因素,结果显示,在 126 例 CKD 3 期患者中,术后 AKI 发生率为 31.0%(39/126),与以往文献报道的肾部分切除术后 AKI 发生率(22%~43.9%)基本一致[2-5]。多因素分析表明,肾动脉阻断时间和术中出血量是 CKD 3 期患者术后发生 AKI 的独立危险因素。进一步 ROC 曲线分析显示,肾动脉阻断时间预测 AKI 的曲线下面积为 0.737,最佳截断值为 18 min,阻断时间≥18 min 的患者 AKI 发生率显著升高(43.2% *vs.* 8.8%, $P<0.001$)。此外,单因素分析中,机器人手术比腹腔镜手术具有更低的 AKI 发生率,但在多因素分析中该结果差异没有统计学意义。

缺血-再灌注损伤是肾部分切除术后 AKI 的核心机制之一。本研究证实,肾动脉阻断时间是 CKD 3 期患者术后 AKI 的独立危险因素($OR=1.105$, 95% CI: 1.041~1.173, $P=0.001$),且随着阻断时间延长,AKI 风险呈持续增加趋势,这一结果与既往多项研究结论一致。当肾动脉阻断时间从<10 min 延长至>20 min 时,低风险患者术后发生 AKI 的绝对风险从 13% 增加到 28%,绝对风险增加了 15%;而高风险患者术后发生 AKI 的绝对风险从 31% 急剧升高至 77%,绝对风险增加了 46%[15]。Obrecht 等[8]对于机器人辅助肾部分切除术的研究同样发现,热缺血时间超过 17 min 与术后发生 AKI 呈显著相关($OR=0.1$, $P<0.001$),并提出 17 min 可作为预测 AKI 发生的重要阈值。

表 1 AKI 组与非 AKI 组基线资料对比

Table 1 Comparison of baseline data between AKI group and non-AKI group

Variable	Non-AKI group (n = 87)	AKI group (n = 39)	$\chi^2/t/Z$	P
Gender, n (%)			0.220	0.652
Male	68 (78.2)	29 (74.4)		
Female	19 (21.8)	10 (25.6)		
Age/years, $\bar{x} \pm s$	70.34 ± 9.01	68.46 ± 8.48	1.104	0.272
BMI/(kg/m^2), $\bar{x} \pm s$	24.06 ± 2.82	23.72 ± 3.98	0.542	0.589
Symptom, n (%)			0.712	0.512
Asymptomatic	7 (8.0)	5 (12.8)		
Symptomatic	80 (92.0)	34 (87.2)		
Comorbidity, n (%)				
Hypertension	61 (70.1)	29 (74.4)	0.238	0.675
Diabetes	32 (36.8)	12 (30.8)	0.428	0.551
Cardiovascular diseases	23 (26.4)	12 (30.8)	0.252	0.669
ASA grade, n (%)			2.048	0.359
Ⅰ	4 (4.6)	0 (0)		
Ⅱ	63 (72.4)	31 (79.5)		
Ⅲ - Ⅳ	20 (23.0)	8 (20.5)		
Surgical approach, n (%)			5.751	0.018
Laparoscopic	58 (66.7)	34 (87.2)		
Robotic	29 (33.3)	5 (12.8)		
Tumor side, n (%)			0.301	0.695
Left	40 (46.0)	19 (51.4)		
Right	47 (54.0)	18 (48.6)		
Tumor size/cm, $\bar{x} \pm s$	3.11 ± 1.97	3.47 ± 1.13	−1.081	0.282
R. E. N. A. L. scores, n (%)			3.199	0.202
Low risk	35 (40.2)	10 (25.6)		
Moderate risk	35 (40.2)	22 (56.4)		
High risk	17 (19.6)	7 (18.0)		
Duration of the surgery/min, M (P_{25}, P_{75})	136 (112, 169)	155 (120, 196)	−1.887	0.059
Duration of renal artery occlusion/min, M (P_{25}, P_{75})	18 (13, 25)	25 (20, 30)	−4.257	<0.001
Intraoperative bleeding/mL, M (P_{25}, P_{75})	20 (10, 50)	50 (20, 200)	−2.200	0.028
Complication, n (%)	5 (5.7)	4 (10.3)	0.826	0.457
Length of hospital stay/d, M (P_{25}, P_{75})	6 (5, 7)	6 (4, 7)	−0.379	0.705
Pathologic subtype, n (%)			0.177	0.916
ccRCC	67 (77.0)	31 (79.5)		
Non-ccRCC	16 (18.4)	6 (15.4)		
Benign tumor	4 (4.6)	2 (5.1)		
Baseline creatinine/(μmol/L), $\bar{x} \pm s$	113.03 ± 27.42	120.82 ± 49.04	−1.139	0.257
CKD stage, n (%)			0.860	0.381
CKD 3a	67 (77.0)	27 (69.2)		
CKD 3b	20 (23.0)	12 (30.8)		
Postoperative creatinine/(μmol/L), $\bar{x} \pm s$	114.33 ± 27.42	185.56 ± 102.11	−5.850	<0.001
Absolute increase in creatinine/(μmol/L), $\bar{x} \pm s$	1.30 ± 27.21	64.74 ± 84.25	−6.747	<0.001
Creatinine elevation rate/%, $\bar{x} \pm s$	0.98 ± 15.72	57.43 ± 92.16	−5.561	<0.001

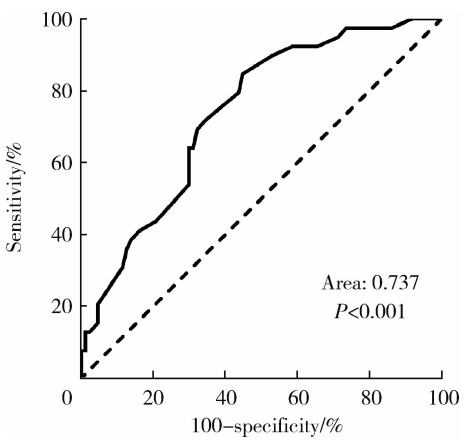
AKI, acute kidney injury; BMI, body mass index; ASA, American Society of Anesthesiologists; R. E. N. A. L., radius, exophytic/endophytic, nearness, anterior/posterior, location; ccRCC, clear cell renal cell carcinoma; CKD, chronic kidney disease.

表2　肾部分切除术后发生AKI的多因素Logistic回归模型分析

Table 2　Multivariate Logistic regression model analysis of AKI occurrence after partial nephrectomy

Variable	*OR*	95% *CI*	*Wald*	*P*[a]
Surgical approach				
Laparoscopic	Reference	Reference	Reference	
Robotic	0.302	0.086 – 1.067	3.458	0.063
Duration of renal artery occlusion	1.105	1.041 – 1.173	10.758	0.001
Intraoperative bleeding	1.004	1.000 – 1.007	16.788	0.046

a, *P* value refers to multivariate Logistic regression with enter methods. AKI, acute kidney injury.



AKI, acute kidney injury; ROC, receiver operating characteristic.

图1　肾动脉阻断时间对应AKI发生的ROC曲线

Figure 1　ROC curve of the relationship between the duration of renal artery occlusion and the occurrence of AKI

本研究通过ROC曲线确定的最佳截断值为18 min,与上述研究高度吻合。这一阈值的临床意义在于,对于CKD 3期患者,由于肾功能储备已显著下降,肾单位对缺血的耐受性更差,因此,即使相对较短的热缺血时间也可能导致不可逆的肾小管损伤。基础研究表明,肾缺血-再灌注损伤涉及线粒体功能障碍、活性氧产生、炎症反应激活及细胞凋亡等多重机制[16]。当热缺血时间超过35 min,肾小管上皮细胞可出现明显的亚致死性损伤,即使在血流恢复后,细胞修复过程仍可能不完全,导致部分肾单位永久性丧失功能[17]。值得注意的是,本研究纳入的均为CKD 3期患者,其eGFR已降至30～59 mL/(min·1.73 m^2),这类患者的肾血管自动调节能力减弱,对缺血的敏感性更高。Schmid等[18]的研究表明,术前CKD分期与术后发生AKI风险呈显著正相关,CKD 3期患者较肾功能正常者发生AKI的风险增加26倍以上(*OR* = 26.49, *P* = 0.02),提示对于CKD 3期患者,即使手术技术娴熟,阻断时间控制良好,仍应保持高度警惕并尽可能缩短热缺血时间。

本研究发现,术中出血量是CKD 3期患者术后AKI的另一独立危险因素(*OR* = 1.004, 95% *CI*: 1.000～1.007, *P* = 0.046)。尽管效应值较小,但考虑到临床实践中出血量的波动范围可达数百毫升,其对AKI的累积效应不容忽视。Li等[19]的研究同样证实,围术期贫血是肾部分切除术后AKI的强预测因子(*OR* = 31.272),且血红蛋白下降幅度对AKI的预测价值最高(曲线下面积 = 0.784)。术中出血导致AKI的机制可从以下几方面理解:(1)大量失血可引起有效循环血量减少,肾灌注压下降,激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统,导致肾血管收缩和肾血流量进一步减少[20];(2)失血引起的低血压可加重已存在的缺血性损伤,尤其对于经历肾动脉阻断的肾脏,缺血后再灌注期若合并全身低灌注,将加剧线粒体损伤和氧化应激反应[21];(3)失血后,输血需求本身也可能带来额外的肾损伤风险,库存血中的游离血红蛋白、炎性介质和微聚物均可对肾小管造成直接损伤[22]。对于CKD 3期患者,其对失血的耐受性较肾功能正常的患者更差。慢性肾功能不全状态下,肾小管上皮细胞的修复能力下降,抗氧化防御系统功能受损,使得细胞更容易发生凋亡和坏死[23]。因此,在手术过程中精细解剖、减少出血对于保护肾功能至关重要。本研究的单因素分析中,机器人手术可降低AKI风险,但在多因素分析中未呈现出来(*P* = 0.063),其原因可能是,机器人手术的优势部分通过缩短肾动脉阻断时间及减少出血间接体现,当这两项独立危险因素纳入模型后,手术方式的直接效应被稀释;此外,本研究中行机器人手术的例数较少(34例),AKI事件数有限,可能影响统计效能,未来需扩大样本量进一步验证。

本研究存在以下局限性:(1)单中心回顾性设计可能存在选择偏倚和信息偏倚,尽管是连续入组患者,但无法完全排除混杂因素的影响;(2)AKI的判定主要依据血清肌酐变化,未常规监测尿量,可能导致部分少尿型AKI漏诊;(3)未收集术后远期肾功能数据,无法评估AKI对CKD进展的影响;(4)

未分析肾动脉阻断方式(动脉单独阻断 *vs*. 动静脉同时阻断)对肾功能的影响,既往有荟萃分析研究提示,肾动脉阻断技巧可能与肾功能预后相关[24]。

综上所述,CKD 3 期患者行肾部分切除术后 AKI 的发生率为 31.0%,肾动脉阻断时间和术中出血量是术后 AKI 的独立危险因素。肾动脉阻断时间≥18 min 者 AKI 风险显著增加。对于 CKD 3 期这一高危人群,进行术前充分评估、术中精细操作以缩短阻断时间并减少出血,是保护肾功能的关键策略。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明 肖若陶:提出研究思路,设计研究方案,撰写论文;谢志飞:收集、分析、整理数据,撰写论文;洪鹏、杨斌:收集、分析、整理数据;刘磊:审定论文;张树栋:设计研究方案,总体把关和审定论文。所有作者均参与论文修改,并对最终文稿进行审读和确认。

参考文献

[1] Bex A, Abu Ghanem Y, Albiges L, et al. European association of urology guidelines on renal cell carcinoma: The 2025 update[J]. Eur Urol, 2025, 87(6): 683 – 696.
[2] Saitta C, Afari JA, Autorino R, et al. Development of a novel score (RENSAFE) to determine probability of acute kidney injury and renal functional decline post surgery: A multicenter analysis [J]. Urol Oncol, 2023, 41(12): 487. e15 – 487. e23.
[3] Yang X, Zhang T, Zhou H, et al. Acute kidney injury as an independent predicting factor for stage 3 or higher chronic kidney disease after nephrectomy [J]. Urol Oncol, 2023, 41 (3): 149. e1 – 149. e9.
[4] Kong H, Yin QL, Li M, et al. Effect of perioperative dexmedetomidine on acute kidney injury after partial nephrectomy: A single-centre, randomised, double-blind, placebo-controlled trial [J]. Br J Anaesth, 2025, 135(5): 1212 – 1222.
[5] Rajan S, Babazade R, Govindarajan SR, et al. Perioperative factors associated with acute kidney injury after partial nephrectomy [J]. Br J Anaesth, 2016, 116(1): 70 – 76.
[6] Bravi CA, Vertosick E, Benfante N, et al. Impact of acute kidney injury and its duration on long-term renal function after partial nephrectomy[J]. Eur Urol, 2019, 76(3): 398 – 403.
[7] Suer E, Akpinar C, Izol V, et al. Predicting factors of acute kidney injury after partial nephrectomy and its impact on long-term renal function: A multicentre study of the Turkish Urooncology Association[J]. Int J Clin Pract, 2021, 75(11): e14751.
[8] Obrecht F, Padevit C, Froelicher G, et al. The association of ischemia type and duration with acute kidney injury after robot-assisted partial nephrectomy[J]. Curr Oncol, 2023, 30(11): 9634 – 9646.
[9] 程改平, 秦伟, 刘婧, 等.《KDOQI 慢性肾脏病营养临床实践指南 2020 更新版》解读[J]. 中国全科医学, 2021, 24(11): 1325 – 1332.
[10] Shu F, Liu Z, Duan P, et al. A predictive model for surgical approach selection in robotic partial nephrectomy and its perioperative outcomes based on single-center retrospective data[J]. Cancer Med, 2025, 14(3): e70625.
[11] 邱敏, 宗有龙, 王滨帅, 等. 腹腔镜肾部分切除术治疗中高复杂程度肾肿瘤的效果[J]. 北京大学学报(医学版), 2023, 55(5): 833 – 837.
[12] 张中元, 唐琦, 李学松, 等. R. E. N. A. L. 肾肿瘤评分系统用于保留肾单位手术的临床分析[J]. 北京大学学报(医学版), 2012, 44(4): 539 – 543.
[13] 付帅, 李晓宁. 肾小球滤过率计算公式研究进展: 从 Cockcroft-Gault 公式到 FAS 公式[J]. 临床肾脏病杂志, 2020, 20(1): 73 – 77.
[14] 郭锦洲. 改善全球肾脏病预后组织(KDIGO)临床实践指南: 急性肾损伤[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志, 2013, 22(1): 57 – 60.
[15] Bravi CA, Mari A, Larcher A, et al. Toward individualized approaches to partial nephrectomy: Assessing the correlation between ischemia time and patient health status (RECORD2 project)[J]. Eur Urol Oncol, 2021, 4(4): 645 – 650.
[16] Bonventre JV, Yang L. Cellular pathophysiology of ischemic acute kidney injury[J]. J Clin Invest, 2011, 121(11): 4210 – 4221.
[17] Holderied A, Kraft F, Marschner JA, et al. "Point of no return" in unilateral renal ischemia reperfusion injury in mice [J]. J Biomed Sci, 2020, 27(1): 34.
[18] Schmid M, Abd-El-Barr AER, Gandaglia G, et al. Predictors of 30-day acute kidney injury following radical and partial nephrectomy for renal cell carcinoma [J]. Urol Oncol, 2014, 32(8): 1259 – 1266.
[19] Li Q, Huang Y, Zhang L, et al. Perioperative anemia predicts kidney injury after partial nephrectomy[J]. Investig Clin Urol, 2022, 63(5): 514 – 522.
[20] Gumbert SD, Kork F, Jackson ML, et al. Perioperative acute kidney injury[J]. Anesthesiology, 2020, 132(1): 180 – 204.
[21] Goren O, Matot I. Update on perioperative acute kidney injury [J]. Curr Opin Crit Care, 2016, 22(4): 370 – 378.
[22] Karkouti K. Transfusion and risk of acute kidney injury in cardiac surgery[J]. Br J Anaesth, 2012, 109(Suppl 1): i29 – i38.
[23] Thomas AA, Demirjian S, Lane BR, et al. Acute kidney injury: Novel biomarkers and potential utility for patient care in urology [J]. Urology, 2011, 77(1): 5 – 11.
[24] 李强, 李铁军, 刘亮程, 等. 机器人辅助腹腔镜下阻断与不阻断肾血管肾部分切除术比较的系统评价和 Meta 分析[J]. 临床泌尿外科杂志, 2020, 35(9): 709 – 715.

(2026-02-25 收稿)
(本文编辑:任英慧)