

· 论著 ·

DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2024.08.003

肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后急性肾损伤分级的影响因素分析

焦鹏¹, 张博文², 祝海³, 侯四川³✉

(1. 山东第二医科大学临床医学院, 山东 潍坊 261000; 2. 青岛市胶州中心医院泌尿外科, 山东 青岛 266000; 3. 青岛市市立医院泌尿外科, 山东 青岛 266000)

【摘要】 目的 探讨肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后急性肾损伤(AKI)分级的影响因素。方法 收集2013年1月至2023年1月在青岛市市立医院因恶性肾肿瘤行肾部分切除术的患者一般信息、手术及治疗相关数据、临床分期和病理分级、实验室检查结果、手术记录等临床资料,根据患者术后是否出现AKI及AKI程度分为非AKI组、AKI 1期组和AKI 2期组,应用Logistic回归分析AKI的影响因素,受试者操作特征(ROC)曲线分析血清肌酐对肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生AKI的预测效能。结果 共纳入503例肾恶性肿瘤行肾部分切除术患者,其中非AKI 378例(75.1%),AKI 1期83例(16.5%),AKI 2期42例(8.3%)。AKI 1期组中高血压患者比例、糖尿病患者比例、术前48 h内血清肌酐变化值、肿瘤体积、热缺血时间、体质量指数与非AKI组比较差异均有统计学意义(P 均 < 0.05);AKI 2期组中性别构成、高血压患者比例、糖尿病患者比例、R.E.N.A.L.评分、术前48 h内血清肌酐变化值、肿瘤体积、热缺血时间、BMI与AKI 1期组比较差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。Logistic回归分析显示,肾部分切除术后发生AKI的影响因素包括BMI、高血压、糖尿病、术前48 h内血清肌酐变化值、肿瘤体积、热缺血时间,发生AKI 2期的影响因素还包括性别和R.E.N.A.L.评分(P 均 < 0.05)。血清肌酐对AKI和AKI 2期的诊断截断值分别为23.29、39.88 mmol/L,灵敏度分别为98.1%、99.8%,特异度分别为81.3%、89.6%,ROC曲线下面积分别为0.969、0.974。结论 恶性肾肿瘤患者行肾部分切除术后发生AKI的影响因素有高血压、糖尿病、术前48 h内血清肌酐变化值、肿瘤体积、热缺血时间、BMI,AKI 2期的影响因素还有性别和R.E.N.A.L.评分,临床医师应早期识别这些影响因素并采取积极干预,以降低术后AKI发生率及减轻损伤程度。

【关键词】 肾恶性肿瘤; 肾部分切除术; 急性肾损伤; 影响因素; 高血压; 糖尿病; 血清肌酐

Analysis of factors influencing the grading of acute kidney injury in patients with malignant renal tumors after partial nephrectomy

JIAO Peng¹, ZHANG Bowen², ZHU Hai³, HOU Sichuan³✉

(1. School of Clinical Medicine, Shandong Second Medical University, Weifang 261000, China; 2. Department of Urology, Qingdao Jiaozhou Central Hospital, Qingdao 266000, China; 3. Department of Urology, Qingdao Municipal Hospital, Qingdao 266000, China)

Corresponding author: HOU Sichuan, E-mail: housichuandoctor@126.com

【Abstract】 Objective To investigate the influencing factors of the grading of acute kidney injury (AKI) caused by partial nephrectomy in patients with malignant renal tumors. **Methods** General information, surgery and treatment data, clinical and pathological grading, laboratory test results, surgical records and pathological reports and other clinical data of patients with malignant renal tumors who underwent partial nephrectomy in Qingdao Municipal Hospital from January 2013 to January 2023 were collected. All patients were divided into the non-AKI, stage 1 and stage 2 AKI groups according to the incidence of AKI. The influencing factors of AKI were identified by Logistic regression analysis. The efficiency of serum creatinine in predicting AKI after partial nephrectomy was analyzed by the receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** A total of 503 patients with malignant renal tumors underwent partial nephrectomy, including 378 cases (75.1%) of non-AKI, 83 cases (16.5%) of stage 1 AKI and 42 cases (8.3%) of stage 2

收稿日期: 2024-01-28

基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2023MH327); 青岛市自然科学基金(23-2-1-193-zzyd-jch)

作者简介: 焦鹏, 硕士研究生, 研究方向: 前列腺疾病和泌尿生殖系肿瘤, E-mail: 1397725356@qq.com; 侯四川, 通信作者, 主任医师, 研究方向: 前列腺疾病和泌尿生殖系肿瘤, E-mail: housichuandoctor@126.com

AKI, respectively. Patients with stage 1 AKI showed statistically significant differences in the proportion of hypertension and diabetes mellitus, changes of creatinine levels at preoperative 48 h, tumor volume, warm ischemia time, and body mass index (BMI) compared with non-AKI counterparts (all $P < 0.05$). Patients with stage 2 AKI showed statistically significant differences in the gender composition, proportion of hypertension and diabetes mellitus, R.E.N.A.L. score, changes of creatinine levels at preoperative 48 h, tumor volume, warm ischemia time and BMI compared with AKI counterparts (all $P < 0.05$). Logistic regression analysis revealed that the influencing factors of stage 1 AKI after partial nephrectomy included BMI, hypertension, diabetes mellitus, the changes of serum creatinine levels at preoperative 48 h, tumor volume and warm ischemia time, and the influencing factors of stage 2 AKI also consisted of gender and R.E.N.A.L. score (all $P < 0.05$). The cutoff values of serum creatinine levels for the diagnosis of AKI and stage 2 AKI were 23.29 and 39.88 mmol/L, with a sensitivity of 98.1% and 99.8%, a specificity of 81.3% and 89.6%, and an area under the ROC curve (AUC) of 0.969 and 0.974, respectively. **Conclusions** The influencing factors for AKI after partial nephrectomy in patients with malignant renal tumors are hypertension, diabetes mellitus, changes in creatinine levels at preoperative 48 h, tumor volume, warm ischemia time and BMI. In addition, the influencing factors for patients with stage 2 AKI consist of gender and R.E.N.A.L. score. Early identification of these influencing factors and active interventions can reduce the incidence of postoperative AKI and alleviate the severity of AKI.

[Key words] Malignant renal tumor; Partial nephrectomy; Acute kidney injury; Influencing factor; Hypertension; Diabetes mellitus

随着临床诊断与检测技术的提高,肾恶性肿瘤的检出率也逐渐攀升^[1]。对于肾恶性肿瘤,可根据患者病情选择保留肾单位肾部分切除术或者根治性肾癌切除术,而绝大多数患者期望仅切除肿瘤并非全部肾脏,但是这种诉求要考虑切除后确保肾功能不受影响,需要对患者肿瘤分期及全身整体情况进行详细评估,以防造成患者术后肾功能难以恢复。一般对于早期肾恶性肿瘤直径不超过 10 cm,未出现淋巴结及远处脏器的转移,临床上倾向于行肾部分切除术^[2]。但是行肾部分切除术后会造成急性肾损伤 (acute kidney injury, AKI),这可能与肾脏储备不足、肿瘤体积、术中出血、热缺血时间等多种因素有关^[3-4]。为了早期识别肾恶性肿瘤患者肾部分切除术后出现 AKI 的影响因素,积极保护肾功能,以降低 AKI 发生率,本研究收集了接受肾部分切除术的肾恶性肿瘤患者临床资料,并对相关因素进行探索,现报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象

回顾性收集 2013 年 1 月至 2023 年 1 月在青岛市市立医院确诊肾肿瘤并行机器人或者腹腔镜下肾部分切除术患者。纳入标准:①术前检查中,临床 T 分期为 T2a 或以下,且未发现盆腔淋巴结增大或可疑转移灶,未接受术前新辅助治疗(放射治疗、化学治疗、免疫治疗等);②行达芬奇机器人辅助或常规腹腔镜下肾部分切除术,并由能

熟练完成手术的副主任医师或以上级别职称者完成手术;③临床及随访资料完整;④术后病理显示为透明细胞癌、乳头状细胞癌、嫌色细胞癌、囊性细胞癌、嗜酸性细胞癌等。排除标准:①术后病理活组织检查(活检)示静脉癌栓、切缘阳性、侵犯脉管等预后不佳患者;②术前诊断为 AKI 的患者;③术前存在孤立肾、双侧肾肿瘤、慢性肾脏病、单侧或者双侧肾功能不全、既往服用肾脏毒性药物、有肾脏手术史等患者。本研究经青岛市市立医院伦理委员会批准(批件号:2023 临审字第 144 号),在收集数据前已征得患者本人及家属同意,并签署知情同意书。

1.2 资料收集

收集入组患者的以下资料:①一般信息,包括年龄、性别、身高、体质量、是否患有高血压或糖尿病、肿瘤体积等;②手术及治疗相关数据,包括手术时间、手术方式、手术入路(达芬奇机器人辅助或常规腹腔镜)、热缺血时间、出血量、胃肠恢复时间(以术后肛门排气为准)、引流管拔出时间、住院时间;③临床评分、分期和病理类型,包括 R.E.N.A.L. 评分^[5]、临床 T 分期、病理类型;④实验室及辅助检查结果,包括术前 48 h 内血清肌酐、血尿素氮和血红蛋白变化值等,变化值指术前 2 天与手术当天清晨检测结果的差值。

1.3 AKI 诊断、分级标准及分组

根据患者在术前 1 天和手术次日的血清肌酐值使用 KDIGO 指南诊断患者是否发生 AKI:48 h 内血清肌酐浓度上升超过 26.5 $\mu\text{mol/L}$ 即诊断为 AKI。

AKI分为1~3期:1期指48h内血清肌酐浓度上升超过26.5 $\mu\text{mol/L}$ 和(或)血清肌酐浓度超过基线值的1.5倍;2期指血清肌酐浓度超过基线值的2倍;3期指血清肌酐浓度超过基线值的3倍或上升至353.6 $\mu\text{mol/L}$ 或开始肾脏替代治疗^[2,3]。根据患者是否发生AKI及AKI程度分组,比较各指标的组间差异。

1.4 统计学方法

采用SPSS 26.0处理数据。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较用单因素方差分析,两两比较用LSD-*t*法;不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较用Kruskal-Wallis秩和检验。计数资料以频数表示,组间比较用 χ^2 检验,两两比较用卡方分割法,对上述单因素分析有统计学意义的变量计算方差膨胀系数(variance inflation factor, VIF),通过消除变量共线性后确保VIF值小于5,采用无序多分类Logistic回归模型进行多因素分析,应用受试者操作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线分析得

出的影响因素对预测肾部分切除术后发生AKI的效能。总体比较检验水准为双侧0.05,两两比较检验水准为0.017。

2 结果

2.1 肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生AKI的单因素分析

共收集病例624例,纳入符合筛选标准503例。其中,非AKI患者(非AKI组)378例(75.1%),AKI 1期患者(AKI 1期组)83例(16.5%),AKI 2期患者(AKI 2期组)42例(8.3%),无AKI 3期患者。3组患者的年龄、性别、体质量指数(body mass index, BMI)、患高血压或糖尿病患者比例、肿瘤体积、临床T分期、R.E.N.A.L.评分、热缺血时间、出血量、术前48h内血清肌酐和血尿素氮变化值在组间比较差异均有统计学意义(P 均<0.05),见表1。

表1 肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生AKI的单因素分析

Table 1 Univariate analysis of AKI occurrence in patients with renal malignant tumors undergoing partial nephrectomy

项目	非AKI组($n=378$)	AKI 1期组($n=83$)	AKI 2期组($n=42$)	χ^2 值	P 值
年龄(>60岁)/ n (%)	183(48.4)	17(20.5) ^a	14(33.3)	23.311	<0.001
男性/ n (%)	230(60.8)	66(79.5) ^a	14(33.3) ^{ab}	25.550	<0.001
BMI(>25 kg/m ²)/ n (%)	107(28.3)	63(75.9) ^a	23(54.8) ^{ab}	70.406	<0.001
高血压/ n (%)	71(18.8)	54(65.1) ^a	16(38.1) ^{ab}	74.546	<0.001
糖尿病/ n (%)	66(17.4)	67(80.7) ^a	15(35.7) ^{ab}	132.035	<0.001
肿瘤体积(>50 cm ³)/ n (%)	126(33.3)	52(62.7) ^a	31(73.8) ^a	43.722	<0.001
肿瘤位置/ n (%)				2.810	0.245
左	160(42.3)	29(34.9)	21(50.0)		
右	218(57.7)	54(65.1)	21(50.0)		
临床T分期/ n (%)				23.157	<0.001
T1	296(78.3)	70(84.3)	20(47.6)		
T2a	82(21.6)	13(15.7)	22(52.4) ^{ab}		
R.E.N.A.L.评分(7~12分)/ n (%)	310(82.0)	62(74.7)	27(64.3) ^a	8.537	<0.014
手术方式/ n (%)				4.515	0.105
腹腔镜	297(78.6)	72(86.7)	30(71.4)		
机器人	81(21.4)	11(13.3)	12(28.6)		
热缺血时间(>0.5 h)/ n (%)	137(36.2)	51(61.4) ^a	29(69.0) ^a	30.161	<0.001
手术时间/h	2.24 \pm 0.21	2.43 \pm 0.46	3.11 \pm 0.71	1.061	0.105
出血量/mL	150(130, 175)	200(185, 250) ^a	325(270, 350) ^{ab}	20.548	<0.001
术前48h内变化值					
血清肌酐/($\mu\text{mol/L}$)	19.27 \pm 10.67	39.88 \pm 15.12 ^a	67.33 \pm 26.34 ^{ab}	21.407	<0.001
血尿素氮/(mmol/L)	1.37 \pm 1.26	1.84 \pm 1.53 ^a	2.65 \pm 2.95 ^{ab}	11.113	<0.001
血红蛋白/(g/L)	15.63 \pm 7.65	19.19 \pm 10.23	24.17 \pm 15.23	2.329	0.265

注:与非AKI组比较,^a P <0.017;与AKI 1期组比较,^b P <0.017。

2.2 肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生 AKI 的多因素 Logistic 回归分析

将单因素分析中差异有统计学意义的因素用线性回归共线性分析,将存在变量共线性的变量通过删减等方式消除共线性后行 VIF 检验,确保 VIF 值小于 5 再纳入无序多分类 Logistic 回归分析。以非 AKI 组为参照, BMI、高血压、糖尿病、术前 48 h 内血清肌酐变化值、肿瘤体积、热缺血时间均为肾部分切除术后发生 AKI 的影响因素;性别、患高血压或糖尿病患者比例、R.E.N.A.L. 评分、术

前 48 h 内血清肌酐变化值、肿瘤体积、热缺血时间、BMI 是肾部分切除术后发生 AKI 2 期的影响因素 (P 均 < 0.05)。见表 2。

2.3 肾部分切除术前 48 h 内血清肌酐变化值对 AKI 和 AKI 2 期发生的预测价值

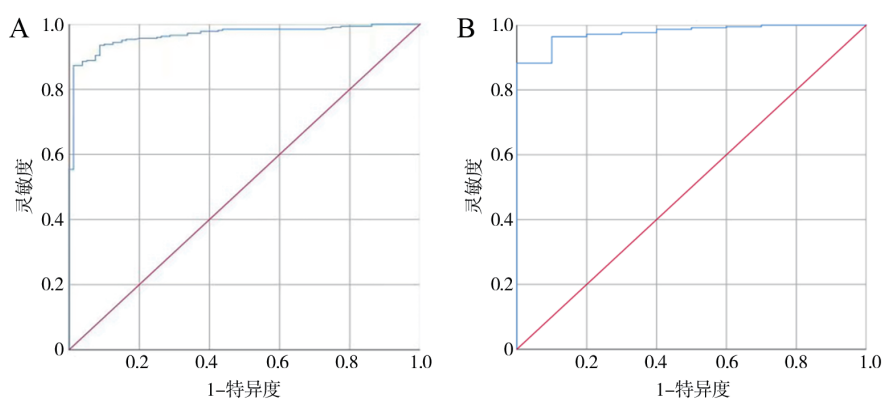
ROC 曲线分析结果显示, AKI 和 AKI 2 期截断值分别为 23.29、39.88 mmol/L, 约登指数分别为 0.823、0.891, 灵敏度分别为 98.1%、99.8%, 特异度分别为 81.3%、89.6%, 曲线下面积分别为 0.969、0.974 (P 均 < 0.001)。见图 1。

表 2 肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生 AKI 的无序多分类 Logistic 回归分析

Table 2 Multinomial Logistic regression analysis of AKI in patients with renal malignant tumors undergoing partial nephrectomy

影响因素	AKI		AKI 2 期	
	OR (95%CI)	P 值	OR (95%CI)	P 值
性别 (男)	3.210 (2.319~4.021)	0.271	3.823 (3.142~4.536)	0.032
高血压 (是)	4.339 (2.072~6.335)	< 0.001	4.766 (2.112~6.992)	< 0.001
糖尿病 (是)	3.211 (1.072~5.364)	< 0.001	3.852 (2.423~5.245)	< 0.001
BMI ($> 25 \text{ kg/m}^2$)	2.362 (1.883~2.903)	< 0.001	3.442 (3.227~3.678)	< 0.001
肿瘤体积 ($> 50 \text{ cm}^3$)	3.452 (2.182~4.803)	< 0.001	4.672 (3.172~6.015)	< 0.001
R.E.N.A.L. 评分 (7~12 分)	3.117 (2.021~4.107)	0.719	4.119 (2.336~6.978)	< 0.001
出血量	2.553 (1.427~3.611)	0.381	2.613 (1.991~3.372)	0.572
热缺血时间 ($> 0.5 \text{ h}$)	2.642 (1.240~4.042)	< 0.001	3.245 (1.125~5.337)	< 0.001
术前 48 h 内血清肌酐变化值	5.673 (4.246~7.013)	< 0.001	8.328 (2.967~14.034)	< 0.001
术前 48 h 内血尿素氮变化值	1.024 (0.993~1.231)	0.501	1.112 (1.092~1.317)	0.921

注:具体赋值如下,非 AKI 为 0、AKI 1 期为 1、AKI 2 期为 2,女为 0、男为 1,高血压否为 0、是 1,糖尿病否为 0、是 1,R.E.N.A.L. 评分 0~6 分为 0、7~12 分为 1,肿瘤体积 $\leq 50 \text{ cm}^3$ 为 0、 $> 50 \text{ cm}^3$ 为 1, BMI $\leq 25 \text{ kg/m}^2$ 为 0、 $> 25 \text{ kg/m}^2$ 为 1,热缺血时间 $\leq 0.5 \text{ h}$ 为 0、 $> 0.5 \text{ h}$ 为 1,其余变量以实际值纳入。



注:A 为肾部分切除术患者术前 48 h 内血清肌酐变化值出现 AKI 预测的 ROC 曲线(非 AKI vs. AKI 1 期+AKI 2 期); B 为肾部分切除术患者术前 48 h 内血清肌酐变化值出现 AKI 2 期预测的 ROC 曲线(非 AKI+AKI 1 期 vs. AKI 2 期)。

图 1 肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术前 48 h 内血清肌酐变化值预测 AKI 和 AKI 2 期的 ROC 曲线

Figure 1 The ROC curve of changes in serum creatinine levels during 48 hours before partial nephrectomy in patients with renal malignancies for predicting AKI and stage 2 AKI

3 讨论

在肾恶性肿瘤行部分切除术的临床诊疗过程中,通常需要考虑的一般情况包括肿瘤体积、外凸率、与集合系统的距离、腹背侧的关系、与肾上下级的关系以及是否存在远处转移等;特殊情况则包括解剖性或功能性孤立肾的肾癌、对侧肾功能不全或无功能,以及其他可能导致肾功能恶化的疾病(如高血压、糖尿病、肾动脉狭窄等)^[4,6]。对于存在上述情况的患者,进行根治性肾切除术可能会引发肾功能不全或者尿毒症。特别是对于有特殊情况的患者,其出现的肾功能不全或者尿毒症的风险往往高于普通患者。肾部分切除术可以减少这种风险,但在术前需要评估患者是否存在可能导致术后AKI的影响因素,并且尽早采取预防措施以保护患者的肾功能。

本研究显示,男性是肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生AKI 2期的危险因素,AKI 2期的OR值为3.823,说明男性发生AKI 2期的风险高于女性。这可能与男性患者体内的糖皮质激素、醛固酮等多种活性激素对水的排出作用降低了肾前有效循环血量,影响短期肾功能有关。范春玲等^[3]研究也表明女性的易患风险比男性低,可能与雌激素激活了相关抑制肾血管收缩的酶或激素以及抑制交感系统功能,而对肾脏的急性损伤起到了保护作用有关,Bravi等^[7]和Zhang等^[8]也报道了类似的研究结果。但他们的研究未能确定性别对AKI具体分级的影响。本研究中性别是AKI 2期的影响因素,至于具体的影响机制需进一步研究。所以,有必要在肾部分切除术前检测患者体内雌激素、醛固酮和糖皮质激素等水平,从而预测患者发生AKI的风险,并据此制定有效的预防策略。

既往研究证明高血压是肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生AKI的危险因素^[3],本研究结果与之一致。高血压患者在术后发生AKI的风险高于非高血压患者,本研究中AKI、AKI 2期相应OR值分别为4.339和4.766。高血压会造成肾小球滤过功能下降、肾小动脉收缩,进一步使肾小球内压力增高、肾小球毛细血管损伤和硬化、肾脏血管收缩和狭窄,肾脏将无法有效清除体内代谢产物,继而尿液中蛋白质和尿酸等物质异常增加。高血压还会降低肾脏的血流量和氧供,缺血和低氧的环境致使肾组织纤维化和微血管病变。上述

病理及生理变化更易导致AKI的出现及加重,术前血压的监测是预防AKI的必要手段。

本研究显示,糖尿病是肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生AKI的危险因素。糖尿病患者发生风险高于非糖尿病患者,AKI、AKI 2期OR值分别为3.211和3.852。糖尿病引起AKI的原因是肾小球高滤过、高灌注,造成肾小球基膜增厚,肾小球内系膜改变,引起了肾脏结构的破坏。出现的代谢紊乱如氧化应激、多元醇通路代谢激活、晚期的糖基化终末产物形成、蛋白激酶活化等,进一步加速AKI的进展。张超等^[2]研究表明,术前GHbA_{1c}>7%时AKI发生风险显著增加,但是未能证明两者之间具体的关系。糖尿病是肾部分切除术后发生AKI的危险因素,具体的作用机制还需进一步验证。本研究结果提示,术前患者的血糖检测结果也是值得临床医师关注的指标之一。

本研究中,BMI也是肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生AKI的影响因素。在AKI、AKI 2期BMI(>25 kg/m²)的OR值相应为2.362和3.442。以往的研究表明,肥胖(BMI超过25 kg/m²)会改变肾血流的动力学变化,增加肾脏的代谢负担,也可加剧肾小球肥大与硬化,造成功能性肾单位减少。脂肪细胞也可激活炎性物质,加重氧化应激导致肾小球损伤,进一步造成肾脏的损伤^[9-11]。如果患者BMI超过25 kg/m²,术前可以行饮食管控和适当的体育锻炼,减少术后出现AKI的概率,对患者术后的健康教育也是一种补充治疗。

本研究显示,肿瘤体积是肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生AKI的影响因素。在AKI、AKI 2期肿瘤体积(>50 cm³)的OR值相应为3.452和4.672。肿瘤体积与R.E.N.A.L.评分有一定关联,因为R.E.N.A.L.评分评估内容包含肿瘤体积,至于具体关联性还需进一步探索。Suer等^[12]表明肿瘤体积决定着手术的切除范围,切除体积越大,损失的肾组织越多,造成短期肾性肾功能不全。为了确保手术成功并最大限度地保留正常肾脏组织,术前对患者肿瘤体积的准确评估至关重要。术中,精细的操作技术是关键,它可以帮助在确保足够切缘的同时减少对正常组织的损伤。此外,术后的恰当护理和合理使用血管活性药物对于促进肾功能的恢复也至关重要。

本研究显示,R.E.N.A.L.评分是肾恶性肿瘤行部分切除术后发生AKI 2期的影响因素。AKI 2期R.E.N.A.L.评分(7~12分)的OR值为4.119,说

明 R.E.N.A.L. 评分高者发生 AKI 2 期风险升高。R.E.N.A.L. 评分在肾部分切除术后发生 AKI 2 期患者中明显升高可能与肿瘤体积、外凸率、距集合系统距离、腹背侧关系、肾上下级关系有关,也与术中切除肾组织的大小、损伤肾集合系统的程度等多种因素密不可分^[13]。各个影响因素的具体作用需要进一步探究。Ishiyama 等^[14]和 Makevičius 等^[15]研究表明, R.E.N.A.L. 评分越高代表肾脏功能延迟恢复时间越长。本研究仅显示 R.E.N.A.L. 评分越高则发生 AKI 的风险越大,至于延迟恢复时间的长短尚有待研究。手术医师需要根据患者术前影像学检查,制定详细手术方案,尽量减少对患者术后肾功能的影响。

本研究中,热缺血时间是肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生 AKI 的影响因素。在 AKI、AKI 2 期热缺血时间 (> 0.5 h) 的 OR 值分别为 2.642 和 3.245。既往的研究表明,阻断过程中会造成各种炎性因子水平升高,减少肾血灌注量,诱发肾小管炎症、坏死,再次血液灌注时,产生氧化应激损伤可加剧肾脏缺血并损伤肾功能^[16-19]。Yang 等^[20]和 Rosiello 等^[21]报道,术中控制热缺血时间在 25 min 以内,对于减少 AKI 的发生有所帮助。本研究表明热缺血时间在 20 min 以内对于降低术后 AKI 发生率有重要意义。热缺血时间越短,患者术后肾功能恢复越好,这需要手术医师尽量缩短肿瘤切除的时间^[22]。

术前 48 h 血清肌酐变化值是肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后发生 AKI 的影响因素。AKI、AKI 2 期的 OR 值分别为 5.673 和 8.328,即当血清肌酐变化值增加 1 个单位量,发生 AKI 或者 AKI 2 期的风险提高至原先的 5.673 倍或 8.328 倍。Martini 等^[23]的研究也显示血清肌酐升高的幅度越大,肾损伤越严重。另有研究表明,在术中或者术后给予患者晶体液、胶体液的补充能够改善肾功能,避免应用损害肾脏的抗生素或者药物,降低对血清肌酐变化值的影响^[24-25]。至于补液具体方案的用量和种类尚需要后续研究确定。血清肌酐的主要功能是评价肾脏功能,当血清肌酐变化幅度越大往往提示肾功能受损^[25]。在肾部分切除术围术期要及时测量 48 h 内血清肌酐变化值,对检测结果异常者及时干预,以降低 AKI 的发生率。

在单因素分析中,临床 T 分期与肿瘤体积在组间比较差异有统计学意义,考虑与手术中切除的范围有关。在未有远处转移情况下,如果临床

T 分期越高,代表瘤体越大,术后保留肾单位将会变少。但是在多因素分析结果中临床 T 分期并非肾切除术后 AKI 的影响因素,后续还需扩大样本量进一步研究。

本研究属于回顾性单中心研究,样本量偏少,难免存在回忆偏倚和选择偏倚,未评估患者术后长期肾功能的变化,纳入的因素后续还需要多中心、大样本量的前瞻性随机对照研究的进一步证实。

综上所述,肾恶性肿瘤患者行肾部分切除术后很可能出现 AKI,应重视 AKI 的影响因素,即高血压、糖尿病、BMI、肿瘤体积、热缺血时间、术前 48 h 内血清肌酐变化值,应特别关注男性和 R.E.N.A.L. 评分 7~12 分的患者。因此手术医师需要做好术前相关准备,选择恰当的手术方案并精准切除肿瘤,重视治疗过程中的液体管理,及时恢复患者肾功能,缩短住院时间,进一步促进患者术后康复。

参 考 文 献

- [1] 程波,邹菊,向碧兰,等. lncRNA 在肾癌诊治及预后方面的研究进展 [J]. 西南医科大学学报, 2022, 45 (3): 272-276. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3351.2022.03.018.
CHENG B, ZOU J, XIANG B L, et al. Research progress of lncRNA in the diagnosis, treatment and prognosis of renal cell carcinoma [J]. J Southwest Med Univ, 2022, 45 (3): 272-276. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3351.2022.03.018.
- [2] 张超,乔保平,陈跃帅,等. 腹腔镜下肾部分切除术后出现急性肾损伤的影响因素分析 [J]. 肿瘤基础与临床, 2023, 36 (1): 27-31. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5412.2023.01.006
ZHANG C, QIAO B P, CHEN Y S, et al. Analysis of influencing factors of acute kidney injury after laparoscopic partial nephrectomy [J]. J Basic Clin Oncol, 2023, 36 (1): 27-31. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5412.2023.01.006
- [3] 范春玲,刘永哲. 腹腔镜下肾部分切除术后急性肾损伤的危险因素及其预测价值 [J]. 解放军医学杂志, 2022, 47 (5): 493-499. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2022.05.0493.
FAN C L, LIU Y Z. Risk factors and predictive value of acute kidney injury after laparoscopic partial nephrectomy [J]. Med J Chin People's Liberation Army, 2022, 47 (5): 493-499. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2022.05.0493.
- [4] 李晓飞,丘少鹏,吴荣佩,等. 保留肾实质手术治疗肾癌 22 例疗效观察 [J]. 新医学, 2003, 34 (4): 231-232. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2003.04.017.
LI X F, QIU S P, WU R P, et al. Clinical observation on 22 cases of renal cell carcinoma treated by operation with renal parenchyma preservation [J]. J New Med, 2003, 34 (4): 231-

232. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2003.04.017.
- [5] 李法江, 陈帅, 黄红星, 等. R.E.N.A.L., PADUA 和 C-index 三种评分系统在肾部分切除术中的应用价值研究 [J]. 岭南现代临床外科, 2021, 21 (1): 112-116. DOI: 10.3969/j.issn.1009-976X.2021.01.021.
- LI F J, CHEN S, HUANG H X, et al. Clinical study on the application value of R.E.N.A.L., PADUA and C-index nephrometry scores in partial nephrectomy [J]. *Lingnan Mod Clin Surg*, 2021, 21 (1): 112-116. DOI: 10.3969/j.issn.1009-976X.2021.01.021.
- [6] ZHU K, SONG H, ZHANG Z, et al. Acute kidney injury in solitary kidney patients after partial nephrectomy: incidence, risk factors and prediction [J]. *Transl Androl Urol*, 2020, 9 (3): 1232-1243. DOI: 10.21037/tau.2020.03.45.
- [7] BRAVI C A, VICKERS A. Why acute kidney injury during partial nephrectomy matters [J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8 (4): 134. DOI: 10.21037/atm.2019.12.131.
- [8] ZHANG S, HE M, LI Y, et al. Predictive factors for acute kidney injury and long-term renal function loss after partial nephrectomy: a prospective single-center study [J]. *Urology*, 2023, 172: 138-143. DOI: 10.1016/j.urology.2022.09.036.
- [9] KIM C S, BAE E H, MA S K, et al. Usefulness of the duration of acute kidney injury for predicting renal function recovery after partial nephrectomy [J]. *Ann Transl Med*, 2019, 7 (Suppl 6): S236. DOI: 10.21037/atm.2019.08.38.
- [10] KIM N Y, LEE H S, PARK J H, et al. Influence of age on gender-related differences in acute kidney injury after minimally invasive radical or partial nephrectomy [J]. *Surg Endosc*, 2022, 36 (5): 2962-2972. DOI: 10.1007/s00464-021-08590-z.
- [11] LANE B R, BABITZ S K, VLASAKOVA K, et al. Evaluation of urinary renal biomarkers for early prediction of acute kidney injury following partial nephrectomy: a feasibility study [J]. *Eur Urol Focus*, 2020, 6 (6): 1240-1247. DOI: 10.1016/j.euf.2018.10.017.
- [12] 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. DOI: 10.1111/ijcp.14751.
- [13] 郝强, 薛芑, 宗焕涛, 等. R.E.N.A.L. 评分系统在经腹腔镜肾部分切除术治疗 T1a 期肾肿瘤中的应用 [J/OL]. 中华腔镜泌尿外科杂志 (电子版), 2018, 12 (1): 53-56. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2018.01.014.
- HAO Q, XUE P, ZONG H T, et al. Application of R.E.N.A.L. nephrometry score for transperitoneal laparoscopic partial nephrectomy in renal tumor of T1a stage [J/OL]. *Chin J Endourol (Electron Ed)*, 2018, 12 (1): 53-56. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2018.01.014.
- [14] ISHIYAMA Y, KONDO T, TACHIBANA H, et al. Impact of warm ischemia on acute kidney injury after robotic partial nephrectomy stratified by baseline kidney function [J]. *J Endourol*, 2023, 37 (3): 286-296. DOI: 10.1089/end.2022.0493.
- [15] MAKEVIČIUS J, ČEKAUSKAS A, ŽELVYS A, et al. Evaluation of renal function after partial nephrectomy and detection of clinically significant acute kidney injury [J]. *Medicina*, 2022, 58 (5): 667. DOI: 10.3390/medicina58050667.
- [16] YOON H K, LEE H J, YOO S, et al. Acute kidney injury adjusted for parenchymal mass reduction and long-term renal function after partial nephrectomy [J]. *J Clin Med*, 2019, 8 (9): 1482. DOI: 10.3390/jcm8091482.
- [17] WU Q F, KONG H, XU Z Z, et al. Impact of goal-directed hemodynamic management on the incidence of acute kidney injury in patients undergoing partial nephrectomy: a pilot randomized controlled trial [J]. *BMC Anesthesiol*, 2021, 21 (1): 67. DOI: 10.1186/s12871-021-01288-8.
- [18] ZHOU Z, LI Z, NING K, et al. Long-term effect of acute ischemic injury on the kidney underwent clamped partial nephrectomy [J]. *iScience*, 2023, 26 (9): 107610. DOI: 10.1016/j.isci.2023.107610.
- [19] XU L, LI C, ZHAO L, et al. Acute kidney injury after nephrectomy: a new nomogram to predict postoperative renal function [J]. *BMC Nephrol*, 2020, 21 (1): 181. DOI: 10.1186/s12882-020-01839-0.
- [20] 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.e1-149149.e9. DOI: 10.1016/j.urolonc.2022.10.011.
- [21] ROSIELLO G, CAPITANIO U, LARCHER A. Acute kidney injury after partial nephrectomy: transient or permanent kidney damage? Impact on long-term renal function [J]. *Ann Transl Med*, 2019, 7 (Suppl 8): S317. DOI: 10.21037/atm.2019.09.156.
- [22] 刘广旭, 刘涛. 3D 腹腔镜与 2D 腹腔镜在肾部分切除术中的对比研究 [J/OL]. 中华腔镜泌尿外科杂志 (电子版), 2021, 15 (4): 330-333. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2021.04.014.
- LIU G X, LIU T. Application of 3D laparoscopy in nephron sparing surgery [J/OL]. *Chin J Endourol (Electron Ed)*, 2021, 15 (4): 330-333. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2021.04.014.
- [23] MARTINI A, BRAVI C A. Acute kidney injury and functional outcomes after partial nephrectomy [J]. *Int J Urol*, 2022, 29 (10): 1243-1244. DOI: 10.1111/iju.14939.
- [24] LAZEBNIK T, BAHOUTH Z, BUNIMOVICH-MENDRAZITSKY S, et al. Predicting acute kidney injury following open partial nephrectomy treatment using SAT-pruned explainable machine learning model [J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2022, 22 (1): 133. DOI: 10.1186/s12911-022-01877-8.
- [25] HU J, JIN D, FAN R, et al. The relationships of acute kidney injury duration and severity with long-term functional deterioration following partial nephrectomy [J]. *Int Urol Nephrol*, 2022, 54 (7): 1623-1628. DOI: 10.1007/s11255-021-03033-z.

(责任编辑: 林燕薇)