泌尿系统疾病

DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.003714

经皮肾镜碎石术后急性肾损伤的危险因素分析及防治

张爱平，罗生军，周江涛，李东阳，刘　航
（重庆医科大学附属第一医院泌尿外科，重庆　400016）

【摘　要】目的：调查经皮肾镜碎石术（percutaneous nephrolithotomy，PCNL）后急性肾损伤（acute kidney injury，AKI）的发病率，分析影响PCNL术后AKI发生的危险因素，并提出防治方法。**方法：**回顾性分析重庆医科大学附属第一医院泌尿外科2014年1月至2022年10月接受PCNL患者的临床资料，根据患者术后血肌酐上升水平，将研究对象分为AKI组和非AKI组，采用单因素及多因素logistic分析PCNL术后出现AKI的危险因素。**结果：**共纳入628例患者，PCNL术后出现AKI有43例，发病率约为6.8%（43/628）。单因素分析结果显示，与非AKI组患者相比，AKI组患者的平均年龄、术前血肌酐、血尿酸、尿白细胞计数更高，肾积水程度更严重，术前血红蛋白水平更低，AKI组中术前尿培养阳性、肾萎缩、双侧上尿路结石、鹿角形结石、结石伴脓苔、术后尿脓毒血症、术后输血患者比例更高（$P<0.05$）。将单因素分析有差异的指标纳入多因素logistic回归分析，结果表明，患者年龄增加（$OR=1.043$）、术前肾功能不全（$OR=1.021$），双侧上尿路结石（$OR=3.582$）、鹿角形结石（$OR=3.590$）、术后尿脓毒血症（$OR=5.543$）是PCNL术后发生急性肾损伤的独立危险因素。**结论：**本中心患者PCNL术后AKI的发病率为6.8%，年龄增加、术前肾功能不全、双侧上尿路结石、鹿角形结石、术后尿脓毒血症是PCNL术后急性肾损伤的独立危险因素，临床上应重视上述危险因素并积极预防术后急性肾损伤的发生。

【关键词】经皮肾镜碎石术；急性肾损伤；危险因素
【中图分类号】R692.4　　**【文献标志码】**A　　**【收稿日期】**2023-10-15

Risk factors for acute kidney injury after percutaneous nephrolithotomy and related prevention and treatment measures

Zhang Aiping，Luo Shengjun，Zhou Jiangtao，Li Dongyang，Liu Hang
（*Department of Urology，The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University*）

【Abstract】*Objective*：To investigate the incidence rate of acute kidney injury（AKI）after percutaneous nephrolithotomy（PCNL），analyze the risk factors for AKI after PCNL，and propose related prevention and treatment measures. ***Methods*：**A retrospective analysis was performed for the clinical data of the patients who underwent PCNL in Department of Urology，The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University，from January 2014 to October 2022，and according to the increase in the level of serum creatinine after surgery，the patients were divided into AKI group and non-AKI group. Univariate and multivariate logistic regression analyses were used to investigate the risk factors for AKI after PCNL. ***Results*：**A total of 628 patients were included in the study，among whom 43 developed AKI after PCNL，resulting in an incidence rate of 6.8%（43/628）. The univariate analysis showed that compared with the non-AKI group，the AKI group had significantly higher mean age，preoperative serum creatinine，serum uric acid，and urine white blood cell count，a significantly higher severity of hydronephrosis，a significantly lower level of hemoglobin before surgery，and a significantly higher proportion of patients with positive urine culture before surgery，renal atrophy，bilateral upper urinary tract calculi，stag-horn calculi，calculi with pyuria，postoperative urosepsis，and postoperative transfusion（$P<0.05$）. The statistically significant indicators identified by the univariate analysis were included in the multivariate logistic regression analysis，and the results showed that the increase in the age of the patient（odds ratio[OR]=1.043），preoperative renal insufficiency（$OR=1.021$），bilateral upper urinary tract calculi（$OR=3.582$），stag-horn calculi（$OR=3.590$），and postoperative urosepsis（$OR=5.543$）were independent risk factors for AKI after PCNL. ***Conclusion*：**The incidence rate of AKI after PCNL is 6.8% in our center. The increase in age，preoperative renal insufficiency，bilateral upper urinary tract calculi，stag-horn calculi，and postoperative urosepsis are independent risk factors for AKI after PCNL. These risk factors should be taken seriously in clinical practice，and

作者介绍：张爱平，Email：3463829076@qq.com，
研究方向：泌尿系结石的诊治研究。
通信作者：刘　航，Email：liuhang723@163.com。
优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20250109.1107.022
（2025-01-09）

active measures should be adopted to prevent postoperative AKI.

【Key words】percutaneous nephrolithotomy；acute kidney injury；risk factors

泌尿系结石是泌尿外科最常见的疾病之一，常以腰痛、血尿、发热等为主要临床表现，可引起尿路感染、尿路梗阻、肾功能不全，甚至肾切除等不良后果。据统计报道，1991年至2000年，2001年至2010年，2011年至2016年，我国泌尿系结石患病率分别为5.95%、8.86%、10.63%，且呈逐年上升趋势[1]。经皮肾镜碎石术（percutaneous nephrolithotomy，PCNL）是治疗上尿路>2 cm结石的首选术式，尤其是在治疗多发性结石、鹿角形结石等复杂肾结石方面，PCNL具有结石清除效率高、创伤小、恢复快等优势[2]。但PCNL术后仍面临着肾脏出血、尿脓毒血症、尿外渗、肾周脏器损伤等诸多并发症，急性肾损伤（acute kidney injury，AKI）也是PCNL术后并发症之一。术后AKI不仅与患者住院时间延长、较高的慢性肾脏病（chronic kidney disease，CKD）发生率相关，还会增加患者住院费用及死亡率[3]。目前关于患者PCNL术后AKI的研究较少，其危险因素尚不完全清楚。为此，本研究总结了628例接受经皮肾镜碎石术的结石患者的临床资料，探讨分析PCNL术后出现AKI患者的临床特征和危险因素，旨在增进医务人员对PCNL术后急性肾损伤的早期识别、干预，减少术后急性肾损伤的发生率，改善患者预后。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2014年1月至2022年10月重庆医科大学附属第一医院泌尿外科628例被诊断为上尿路结石且接受经皮肾镜碎石术的患者为研究对象。根据PCNL术后血肌酐升高情况将研究对象分为2组，分别为AKI组（n=43）及非AKI组（n=585）。纳入标准：①围术期进行过不少于2次的血清肌酐数值检测；②确诊为上尿路结石且选择接受PCNL术。排除标准：①年龄不足18周岁者；②入院时存在梗阻性无尿或术前需肾替代治疗者；③肾移植手术史者；④PCNL中转开放手术者；⑤重要临床资料不全者。对于同一侧肾结石进行多次PCNL手术的患者，仅选取第一次住院手术的资料。本研究已获本院医学伦理委员会审查批准（批准号：K2023-368）。

1.2 诊断标准

根据全球改善肾病预后组织（Kidney Disease：Improving Global Outcomes，KDIGO）在2012年提出的诊断和分期标准，符合以下任意一项可诊断为AKI：①血清肌酐值在48 h内增加≥26.5 μmol/L（≥0.3 mg/dL）；②已知或推测在疾病发生7 d内血清肌酐值较基线值增加≥1.5倍；③或持续6 h尿量<0.5 mL/（kg·h）。AKI分期标准：①AKI Ⅰ期指血肌酐为基线值的1.5~1.9倍或增加≥26.5 μmol/L；或连续6~12 h尿量<0.5 mL/（kg·h）；②AKI Ⅱ期指血肌酐为基线值的2.0~2.9倍，或连续12 h尿量<0.5 mL/（kg·h）；③AKI Ⅲ期指血肌酐为基线值的3.0倍及以上或升高至≥353.6 μmol/L或开始肾脏替代治疗，或超过24 h尿量<0.3 mL/（kg·h），或无尿≥12 h。

尿脓毒血症：尿路感染出现临床症状并且伴有全身炎症反应综合征（systemic inflammatory response syndrome，SIRS）。满足≥2项以下条件即可诊断SIRS：①体温>38 ℃或<36 ℃；②心率>90次/min；③呼吸>20次/min或血$PaCO_2$<32 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa）；④白细胞计数>12×10^9/L或<4×10^9/L。

1.3 方法

1.3.1 手术方法 患者采用气管插管全身麻醉后，先取截石位，常规消毒铺巾，经输尿管镜逆行插入5F输尿管导管于患侧输尿管上段，通过导管滴注生理盐水致人工肾积水。再取俯卧位，重新消毒铺巾，在B超引导下用18 G穿刺目标肾盏，穿刺成功见尿液流出后置入导丝，在导丝引导下将穿刺通道用筋膜扩张器和金属扩张器由12F逐步扩至24F，将金属外鞘置入肾盏，沿鞘插入肾镜，直视下使用超声气压弹道碎石清石系统或钬激光进行碎石清石，冲洗取石或联合取石篮清石，直至取尽可见范围内结石。碎石结束留置肾造瘘管（12~14F）及双J管（5F）。

对于铸型结石、多发性结石等复杂肾结石，采用双镜（肾镜+输尿管软镜）联合碎石，双镜联合有助于处理单纯肾镜无法清除的结石，避免经皮肾镜扭动角度过大造成肾实质撕裂，减少肾脏出血风险，提高一期结石清除率。具体方法如下：全身麻醉后患者取分腿俯卧位，消毒铺巾，患侧输尿管镜下逆行留置F5输尿管导管，滴注生理盐水制造人工肾积水，先行经皮肾镜手术，方法同前，经皮肾镜下击碎结石主体后，另一位医生用输尿管镜在输尿管内留置导丝1根，经导丝置入输尿管软镜鞘，输尿管软镜经鞘进入肾脏，在肾镜引导下输尿管软镜可逐次于肾盂及各肾盏找寻残余结石，钬激光碎石后，取石网篮将结石碎块移位至肾盂由经皮肾镜通道冲出，如此反复处理结石，仔细检查各肾盂肾盏无较大结石残

留后结束手术，留置肾造瘘管及双J管。

术后3~4 d复查KUB或泌尿系CT，若结石取净，则在术后4~6 d拔出肾造瘘管，2~4周拔出双J管。若有结石残留，根据残留结石大小及患者意愿决定二期治疗方案。所有患者均由同一团队外科医师完成手术，所有患者均成功实施PCNL术。

1.3.2 观察指标 包括患者的一般基线资料、结石相关指标和围术期相关检查及检验指标。一般基线资料：性别、年龄、体质指数（body mass index，BMI）、既往史（高血压、糖尿病、心血管疾病、呼吸系统疾病、脑血管疾病）、吸烟史、饮酒史、既往患侧结石病史、既往患侧结石手术史，ACEI/ARB、β类药物使用情况、是否肾萎缩、是否泌尿系畸形、术前肾造瘘情况。结石相关指标：结石侧别、位置、是否双侧上尿路结石、鹿角形结石、结石最大径。术前指标：血红蛋白、血尿酸、血肌酐、血钙、尿白细胞计数、尿培养阳性、患肾积水程度。术中指标：是否患侧输尿管狭窄、是否结石伴脓苔、出血量、手术时间。术后指标：一期结石清除率、并发症情况（发热、出血、尿脓毒血症）、输血率。

1.4 统计学方法

采用SPSS 26.0统计软件进行数据统计分析，对于符合正态分布或近似正态分布的计量资料以均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较采用独立样本t检验，偏态分布的计量资料用中位数（四分位间距）[M_d（P_{25}，P_{75}）]表示，采用曼-惠特尼（Mann-Whitney U test）进行检验。计数资料以例数（%）表示，采用χ^2检验或Fisher确切概率法。采用单因素分析筛选出有意义的自变量，将有统计学意义的变量纳入多因素logistic回归分析。检验水准α=0.05。

2 结 果

本研究共纳入了628例采用PCNL治疗的上尿路结石患者，其中AKI组中患者有43例，男性31例，女性12例；非AKI组有585例，男性383例，女性202例。本中心患者PCNL术后AKI的发病率约为6.8%（43/628）。AKI组患者的分期如下：AKI Ⅰ期有39例，占90.7%，Ⅱ期有4例，占9.3%，Ⅲ期0例；AKI组中有1例患者术后出现尿脓毒血症、严重感染性休克，转入ICU后进展至多器官功能衰竭，患者家属放弃抢救自动出院，AKI组其余患者均经治疗后好转并顺利出院。

2.1 2组患者的一般资料比较

AKI组患者的平均年龄为（59.19 ± 13.97）岁，非AKI组患者的平均年龄为（51.93 ± 11.00）岁，AKI组患者的平均年龄更大，肾萎缩患者占比更高，二者差异有统计学意义（P<0.05）。其余资料比较差异无统计学意义（P>0.05），见表1。

2.2 2组患者的术前实验室指标及结石特征比较

与非AKI组比较，AKI组患者的血尿酸水平、血肌酐水平、尿白细胞计数、尿培养阳性率更高，AKI组患者的肾积水程度更严重，AKI组双侧上尿路结石、鹿角形结石患者的占比更高，AKI组患者的术前血红蛋白水平更低，2组间比较差

表1 2组患者的一般资料比较（$\bar{x} \pm s$；n，%）

项目	总体（n=628）	AKI组（n=43）	非AKI组（n=585）	t/χ^2值	P值
性别（男/女）	414/214	31/12	383/202	0.782	0.376
年龄（岁）	52.43 ± 11.36	59.19 ± 13.97	51.93 ± 11.00	3.329	0.002
BMI（kg/m^2）	23.65 ± 3.08	23.29 ± 2.36	23.67 ± 3.12	0.986	0.329
高血压	154（24.5）	11（25.6）	143（24.4）	0.028	0.867
糖尿病	58（9.2）	6（14.0）	52（8.9）	0.696	0.404
心血管疾病	27（4.3）	3（7.0）	24（4.1）	0.257	0.612
脑血管疾病	15（2.4）	3（7.0）	12（2.1）	2.323	0.127
呼吸系统疾病	27（4.3）	4（9.3）	23（3.9）	1.654	0.198
吸烟史	266（42.4）	19（44.2）	247（42.2）	0.063	0.801
饮酒史	191（30.4）	13（30.2）	178（30.4）	0.001	0.979
患侧结石病史	362（57.6）	25（58.1）	337（57.6）	0.005	0.946
患侧结石手术史	180（28.7）	12（27.9）	168（28.7）	0.013	0.910
肾萎缩	76（12.1）	14（32.6）	62（10.6）	18.159	0.000
泌尿系畸形[a]	23（3.7）	4（9.3）	19（3.2）	2.622	0.105
术前肾造瘘	44（7.0）	5（11.6）	39（6.7）	0.848	0.357
ACEI/ARB[b]类药物	43（6.8）	3（7.0）	40（6.8）	0.000	1.000
β类药物	13（2.1）	1（2.3）	12（2.1）	–	0.606[c]

注：a，泌尿系畸形包含马蹄肾、海绵肾、重复肾、双输尿管肾盂畸形等；b，ACEI/ARB为血管紧张素转化酶抑制剂/血管紧张素Ⅱ受体阻滞剂；c，最小理论频数T<1由采用Fisher确切概率法

异有统计学意义（P<0.05）。其余资料比较差异无统计学意义（P>0.05），见表2。

2.3 2组患者的术中术后信息比较

与非AKI组比较，AKI组患者结石伴脓苔占比更高，术后出现尿脓毒血症的比例、输血率更高，AKI组患者一期结石清除率更低，2组间比较差异有统计学意义（P<0.05）。其余资料比较差异无统计学意义（P>0.05），见表3。

2.4 危险因素分析

将单因素分析中差异有统计学意义的年龄、术前血肌酐、血尿酸、尿白细胞计数、肾积水程度、血红蛋白、尿培养阳性、肾萎缩、双侧上尿路结石、鹿角形结石、结石伴脓苔、尿脓毒血症、输血率13个自变量纳入多因素logistic回归中，结果显示患者年龄增加[OR=1.043（1.006，1.082），P=0.022]、术前血肌酐升高（即肾功能不全）[OR=1.021（1.013，1.030），P<0.001]、双侧上尿路结石[OR=3.582（1.600，8.021），P=0.002]、鹿角形结石[OR=3.590（1.503，1.8.571），P=0.004]、尿脓毒血症[OR=5.543（1.827，16.819），P=0.002]是PCNL术后急性肾损伤的独立危险因素，见表4。

表2 2组患者术前指标及结石特征比较[$\bar{x}\pm s$；$M_d(P_{25},P_{75})$；n，%]

项目	总体（n=628）	AKI组（n=43）	非AKI组（n=585）	t/χ^2值	P值
术前实验室指标					
血红蛋白（g/L）	135.85±18.74	123.07±25.31	136.79±17.83	3.492	0.001
血肌酐（μmol/L）	92.98±39.07	151.74±67.01	88.66±32.30	6.120	0.000
血尿酸（μmol/L）	359.90±105.61	415.60±110.14	355.81±104.20	3.618	0.000
血清钙（mmol/L）	2.28±0.14	2.25±0.15	2.29±0.13	1.769	0.077
尿白细胞计数（个/L）	97（36，357）	243（63，1008）	90（35，324）	2.598	0.009
患肾积水程度[a]（cm）	3.1（2.1，3.8）	3.5（2.3，4.5）	3.1（2.0，3.7）	2.140	0.032
尿培养阳性	161（25.6）	17（39.5）	144（24.6）	4.612	0.032
结石特征					
术侧（左/右）	335/293	28/15	307/278	2.570	0.109
位置分布					
肾盂肾盏	415（66.1）	26（60.5）	389（66.5）	0.650	0.420
肾盂输尿管连接处	70（11.1）	8（18.6）	62（10.6）	1.847	0.174
输尿管上段	143（22.8）	9（20.9）	134（22.9）	0.089	0.766
双侧上尿路结石	178（28.3）	25（58.1）	153（26.2）	20.177	0.000
鹿角形结石	128（20.4）	14（32.6）	114（19.5）	4.217	0.040
结石最大径（mm）	25.80±9.67	28.07±9.49	25.64±9.68	1.593	0.112

注：a，肾积水程度测量方法如下，在泌尿系CT平扫水平切面上测量患侧肾盂集合系统分离距离的最大值

表3 2组患者术中术后信息比较[$\bar{x}\pm s$；$M_d(P_{25},P_{75})$；n，%]

项目	总体（n=628）	AKI组（n=43）	非AKI组（n=585）	χ^2/t值	P值
术中信息					
患侧输尿管狭窄	50（8.0）	4（9.3）	46（7.9）	0.002	0.964
结石伴脓苔	22（3.5）	5（11.6）	17（2.9）	6.618	0.010
手术时间（min）	94.00±35.86	100.49±37.78	93.59±35.71	1.220	0.224
估计出血量（mL）	95（50，120）	100（50，150）	90（50，110）	1.453	0.146
术后信息					
一期结石清除率[a]	541（86.1）	29（67.4）	512（87.5）	13.532	0.000
并发症情况					
发热	156（24.8）	13（30.2）	143（24.4）	0.719	0.397
尿脓毒血症	44（7.0）	7（16.3）	37（6.3）	4.660	0.031
出血	25（4.0）	4（9.3）	21（3.6）	2.089	0.148
输血率	47（7.5）	8（18.6）	39（6.7）	6.611	0.010

注：a，一期手术后经影像学检查发现无结石残留或残留结石<4 mm定义为结石清除

表4 PCNL术后AKI的多因素logistic回归分析

影响因素	β	SE	$Wald\ \chi^2$	P	OR	95%CI
年龄（岁）	0.042	0.018	5.226	0.022	1.043	1.006~1.082
术前血红蛋白（g/L）	0.006	0.011	0.269	0.604	1.006	0.984~1.027
术前血肌酐（μmol/L）	0.021	0.004	23.833	0.000	1.021	1.013~1.030
术前血尿酸（μmol/L）	0.000	0.001	0.032	0.858	1.000	0.998~1.002
尿白细胞计数（个/L）	0.000	0.000	2.705	0.100	1.000	0.999~1.000
尿培养阳性	0.253	0.445	0.324	0.569	1.288	0.538~3.082
双侧上尿路结石	1.276	0.411	9.625	0.002	3.582	1.600~9.021
鹿角形结石	1.278	0.444	8.285	0.004	3.590	1.503~8.571
肾萎缩	0.795	0.452	3.096	0.079	2.215	0.913~5.372
肾积水（cm）	0.014	0.103	0.019	0.889	1.014	0.830~1.240
脓苔	1.017	0.745	1.862	0.172	2.764	0.642~11.906
尿脓毒血症	1.712	0.566	9.142	0.002	5.543	1.827~16.819
输血	0.589	0.530	1.234	0.267	1.802	0.638~5.091
常数项	−9.472	2.320	16.664	0.000	0.000	−

3 讨 论

AKI是住院患者病情变化和死亡的重要原因之一，已经成为一个重要的公共卫生问题。AKI也是不同类型手术后常见的并发症，其患病率为0.8%~39%[4]。手术相关急性肾损伤已有较多报道[5]，但经皮肾镜碎石术后急性肾损伤的研究较少，不同报道中的AKI发生率差异较大（4.4%~16.2%），术后AKI患者的临床特征和危险因素也不尽相同[6-7]。

本研究中，患者PCNL术后AKI的发病率约为6.8%（43/628），符合既往的报道范围。AKI分期在一定程度上能说明肾损伤严重程度，AKI Ⅰ期患者有39例，Ⅱ期患者有4例，Ⅲ期患者0例，表明PCNL术后急性肾损伤以轻度受损为主。虽然AKI的严重程度与预后结局直接相关，但AKI的病程发展阶段是可逆的，若能在早期治疗时间窗及时干预，可阻止病程进入损伤期，早期干预也是研究中Ⅱ期、Ⅲ期患者较少的原因之一。本研究采用单因素和多因素logistic回归分析来筛选其危险因素，结果表明患者年龄增加、术前肾功能不全、双侧上尿路结石、鹿角形结石和尿脓毒血症是PCNL术后发生急性肾损伤的独立危险因素。

本研究发现年龄增加是PCNL术后出现AKI的独立危险因素，其OR值为1.043（95%CI=1.006~1.082）。随着年龄的增长，PCNL术后出现AKI的风险逐渐增加，这与既往报道的结论一致[8]。这可能是由于衰老过程中肾脏会出现肾小球硬化、肾小管萎缩、间质纤维化等结构性改变，导致肾小球滤过率下降[9]。大量研究结果显示，随年龄增长，肾脏功能会逐渐衰退，40岁以上的人肾小球滤过率每年下降约1 mL/（min·1.73 m^2），晚年略有加速[10]。此外，患者年龄越大，合并基础疾病越多，对麻醉和手术的耐受能力降低，术后更易出现肾功能损害。老年手术患者应注意预防急性肾损伤的发生，至少要加强早期识别和诊断，避免严重不良后果的发生。

本研究中，AKI组患者术前平均血肌酐（151.74 ± 67.01）μmol/L，明显高于非AKI组术前平均血肌酐（88.66 ± 32.30）μmol/L，即AKI组中部分患者入院时就合并不同程度的肾功能不全。本课题组发现术前肾功能不全是PCNL术后急性肾损伤的独立危险因素，其OR值为1.021（95%CI=1.013~1.030），这表明肾功能不全患者行经皮肾镜碎石手术的高风险性。术前患者肾功能受损越严重，肾脏代偿能力不足，其术后发生AKI的风险越高。因此，就肾功能损害和AKI而言，接受有创手术的结石患者可能是急性肾损伤的潜在危险人群。

本研究中双侧上尿路结石的患者有178例，占总体的28.3%，与文献报道的双侧上尿路结石占泌尿系结石的12%~26%相近[11]。从分组来看，AKI组中双侧结石的患者占比为58.1%，明显高于非AKI组的26.2%，且差异有统计学意义，多因素分析提示双侧上尿路结石是PCNL术后急性肾损伤的独立危险因素，双侧上尿路结石的患者术后出现AKI的风

险为单侧结石患者的3.582倍。可能与以下机制有关：上尿路结石一旦造成尿路梗阻，肾盂内压力会逐渐增高，当压力拉伸肾小管细胞时，巨噬细胞和肌成纤维细胞增殖积聚，可引起局部细胞因子及生长因子释放增加，从而导致肾小管萎缩、肾单位丢失和肾纤维化改变[12]。肾功能损害程度与梗阻持续时间密切相关，尿路梗阻时间越长，肾功能损害越严重。既往研究报道，在发病后1周内解除梗阻能够促使肾功能完全恢复，如果梗阻持续时间超过8周，则梗阻解除后患者肾功能也不一定能恢复[13]。处理双侧上尿路结石往往比较棘手，面临手术侧别和手术方式的选择，如果双侧结石均没有明显梗阻或是梗阻程度较轻，优先处理梗阻较轻、结石量小的那一侧，先易后难；如果一侧有明显梗阻，另外一侧无梗阻，优先处理梗阻一侧以挽救肾功能。如果双侧均有明显梗阻，条件许可情况下需尽可能同时解除双侧梗阻；无论选择何种术式，临床医生的首要任务是尽早解除梗阻、保护肾功能。

本研究发现，AKI组的一期结石清除率为67.4%，明显低于非AKI组的87.5%，可能与AKI组中鹿角形结石患者的占比较高有关，而鹿角形结石本身具有取石难、难取尽、易复发等特点。多因素分析显示鹿角形结石是PCNL术后急性肾损伤的独立危险因素，鹿角形结石的患者术后出现AKI的风险为非鹿角形结石的3.590倍。鹿角形结石导致PCNL术后急性肾损伤可能与以下原因有关：①完全性鹿角形结石会填塞整个肾盂肾盏，尿液排出受阻而造成局部或整体肾积水，长期肾积水则会导致肾缺血和肾实质萎缩，随之出现肾功能不全。②鹿角形结石因其结石负荷大，手术时间延长，细菌和内毒素若长时间处于高压灌注下，细菌进入血液循环的概率及数量增加。③与其结石成分相关，绝大部分鹿角形结石是感染性结石，如鸟粪石，碎石过程中结石内定植的细菌大量释放，术后感染概率增加，甚至导致脓毒症的发生。Cui JW等[14]研究发现手术时间和尿路感染是肾结石患者术后肾功能恶化的危险因素。

术前存在尿路感染会使细菌、内毒素进入血液的概率明显上升，患者更易出现尿脓毒血症[15]。尿脓毒血症是结石手术后常见的并发症，其发病急，病情进展快，病死率高。脓毒症患者的主要死因是多器官功能障碍，肾脏是其重要靶器官之一，急性肾损伤是脓毒症患者常见的继发性疾病[16]。本研究发现，AKI组中患者术前尿培养阳性率和术后尿脓毒血症率均显著高于非AKI组，尿脓毒血症是PCNL术后急性肾损伤的独立危险因素，其*OR*值高达5.543（95%CI=1.827~16.819），表明急性肾损伤和尿脓毒血症具有极强的关联性。尿脓毒血症引起急性肾损伤主要是由于微循环障碍致肾脏低灌注、体内炎性介质及毒性代谢产物引起急性肾小管坏死，致肾小球滤过率减低，引起氮质血症及内环境紊乱[17-18]。若术后出现尿脓毒血症，及时有效的抗感染治疗对于最大限度地保存患者肾功能和改善预后都起着至关重要的作用[19]，据文献报道，抗生素治疗脓毒血症每提早1 h，可使患者存活率升高7.6%[20]。

鉴于以上危险因素的存在，为预防PCNL术后AKI，本中心的经验是：①细菌是引起围术期感染的直接因素，若患者术前尿培养阳性，术前最少应用1周的敏感抗菌药物，目的是减少细菌负荷，对于是否必须做到尿培养转阴才能手术，目前的相关指南并没有给出明确的意见，可能原因在于结石梗阻不解除，细菌很难被清除。若术中发现肾内积脓及时停止手术，留置输尿管支架或肾造瘘管引流2~4周后再行碎石手术。②PCNL术中避免粗暴操作，避免经皮肾镜扭动角度过大造成肾实质撕裂，经皮肾镜与输尿管软镜双镜联合使用可提高处理复杂肾结石的成功率。③控制术中肾盂内压力和缩短手术时间有助于减少术后并发症的发生，避免术中长时间肾内压过高，适当调节灌注参数，碎石过程中可配合使用负压吸引装置。碎石时间原则上不要超过2 h，结石体量大可选择分期碎石，Lin WJ等[21]报道手术时间超过120 min发生尿路感染的概率是手术时间低于120 min的2.003倍。④注重患者术后液体管理，坚持以目标导向为基础的液体治疗，保持足够的肾脏灌注和血流动力学稳定。⑤术后感染者需及早干预，避免发展为感染性休克或多器官功能衰竭。⑥老年患者、肾功不全患者注意合理、安全用药，避免或减量使用肾毒性药物，用药期间密切监测肾功能变化情况。⑦对于孤立肾患者的鹿角形结石，术后肾功能恶化风险较高，应慎重考虑行经皮肾镜碎石手术，多期输尿管软镜钬激光碎

石术可作为一种备选方案。

本研究仍存在一些局限性。首先，本研究为单中心回顾性病例对照研究，不可避免地存在选择偏倚及误差。其次，AKI诊断需要对患者住院期间的血肌酐值逐一进行筛查，由于检测不足或不及时，可能会漏诊一些AKI患者。此外，因尿量统计在临床上存在着不及时性和操作性差，未以尿量作为AKI诊断标准，故实际的PCNL术后 AKI发生率可能更高。再次，本研究收集的术后血肌酐值仅限于住院期间，无法全面反映长期治疗效果，下一步研究将评估AKI患者远期肾功能恢复情况。最后，缺乏相关数据来评估通道数量、结石成分、麻醉等因素对患者肾功能的影响，后续还需要进一步研究。

综上所述，泌尿外科医师应提高对手术相关AKI的认识和诊治水平，手术治疗高龄、伴有术前肾功能不全、双侧上尿路结石、鹿角形结石的患者应高度警惕AKI的发生，预防术后尿脓毒血症同时有助于降低AKI的发生率。识别高危人群、早期诊断、及时干预是手术相关AKI防治的关键。

参 考 文 献

[1] Zeng GH, Mai ZL, Xia SJ, et al. Prevalence of kidney stones in China: an ultrasonography based cross-sectional study[J]. BJU Int, 2017, 120(1): 109-116.

[2] 黄 健，张 旭. 中国泌尿外科和男科疾病诊断治疗指南[M]. 北京：科学出版社，2022：389-390.

Huang J, Zhang X. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of Urology and Andrology Diseases[M]. Beijing: Science Press, 2022: 389-390.

[3] Yu J, Park HK, Kwon HJ, et al. Risk factors for acute kidney injury after percutaneous nephrolithotomy: Implications of intraoperative hypotension[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(30): 11580.

[4] Hu L, Gao L, Zhang D, et al. The incidence, risk factors and outcomes of acute kidney injury in critically ill patients undergoing emergency surgery: a prospective observational study[J]. BMC Nephrol, 2022, 23(1): 42.

[5] Ma ZG, Feng Y. Clinical research progress on acute kidney injury after abdominal surgery[J]. J Clin Anesthesiol, 2019, 35(4): 407-409.

[6] Fulla J, Prasanchaimontri P, Wright HC, et al. Acute kidney injury and percutaneous nephrolithotomy: incidence and predictive factors[J]. World J Urol, 2022, 40(2): 563-567.

[7] Shi X, Peng Y , Li L, et al. Renal function changes after percutaneous nephrolithotomy in patients with renal calculi with a solitary kidney compared to bilateral kidneys[J]. BJU Int, 2018, 122(4): 633-638.

[8] Reich DA, Adiyeke E, Ozrazgat-Baslanti T, et al. Clinical considerations for patients experiencing acute kidney injury following percutaneous nephrolithotomy[J]. Biomedicines, 2023, 11(6): 1712.

[9] Zitt E, Fischer A, Lhotta K, et al. Sex- and age-specific variations, temporal trends and metabolic determinants of serum uric acid concentrations in a large population-based Austrian cohort[J].Sci Rep, 2020, 10(1): 7578.

[10] Cao Y, Sun G, Liu R, et al. Plasma triglyceride levels and central obesity predict the development of kidney injury in Chinese community older adults[J].Ren Fail, 2019, 41(1): 946-953.

[11] Marchini GS, Mello MF, Levy R, et al. Contemporary trends of inpatient surgical management of stone disease: National analysis in an economic growth scenario[J]. J Endourol, 2015, 29(8): 956-962.

[12] Liu Y, Jian Z, Ma Y, et al. Changes of renal function after retrograde intrarenal surgery using flexible ureteroscope in renal stone patients[J]. Transl Androl Urol. 2021, 10(6): 2320-2331.

[13] Chen LL, Chen GQ, Yang T, et al. Analyse of risk factors of kidney failure caused by obstructive nephropathy and chronic nephritis and its pathological characteristics[J].Clinical Medicine, 2015, 35(10): 4-6.

[14] Cui JW, Wang J, Bai Y, et al. Short-term alteration of renal function after percutaneous nephrolithotomy in solitary kidney patients with staghorn calculi: A single-center experience[J]. Asian J Surg, 2021, 44(12): 1625-1626.

[15] Lu CJ, Wang YN, Dong ZQ, et al. The risk factors and prevention and treatment of urogenic sepsis caused by percutaneous nephrolithotripsy[J]. Journal of Minimally Invasive Urology, 2018, 7(6): 385-388.

[16] Zhou X, Liu J, Ji X, et al. Predictive value of inflammatory markers for acute kidney injury in sepsis patients: analysis of 753 cases in 7 years [J]. Chinese Critical Care Medicine, 2018, 30(4): 346-350.

[17] Liu L, Liu MX, Niu SH, et al. Influencing factors of renal failure in patients with sepsis complicated with acute renal injury[J]. Chin J Nosocomiol, 2021, 31(20): 3078-3081.

[18] Zhang SL, Lin QY, Zhang YQ, et al. The value of serum miR-320 expression in predicting the prognosis of sepsis children complicated with acute kidney injury[J]. Chinese Journal of Applied Clinical Pediatrics, 2021, 36(17): 1328-1332.

[19] Kang P, Cheng F, Rao T, et al. Clinical efficacy of percutaneous nephrolithotomy for the treatment of solitary kidney stones associated with renal insufficiency[J]. J Clin Urology (China), 2018, 33(2): 114-116.

[20] Khadgi S, Darrad M, El-Nahas AR, et al. Tubeless mini-percutaneous nephrolithotomy for renal stones larger than 20mm[J]. India J Urol, 2021, 37(1): 54-58.

[21] Lin WJ, Luo YB, Long YF, et al. Risk factors and predictors of infectious complications after percutaneous nephrolithotomy for complex renal calculi[J]. International Journal of Urology and Nephrology, 2020, 4(6): 1027-1030.

（责任编辑：李青颖）

本文引用格式：

张爱平，罗生军，周江涛，等. 经皮肾镜碎石术后急性肾损伤的危险因素分析及防治[J]. 重庆医科大学学报，2025，50(2)：191-197.