

# 尿路结石成分对经皮肾镜取石术后发生急性肾损伤的影响

王碧霄<sup>1</sup> 宋海峰<sup>1</sup> 梁磊<sup>1</sup> 肖博<sup>1</sup> 李建兴<sup>1</sup>

**[摘要]** **目的:** 评估经皮肾镜取石术(PCNL)后更容易发生急性肾损伤(AKI)的病例的临床特征,并探究各结石成分是否影响 PCNL 术后 AKI 的发生。**方法:** 收集 2016 年 3 月—2022 年 1 月北京清华长庚医院收治的 483 例 PCNL 治疗的尿路结石患者的临床资料,包括人口学相关参数、检验参数、结石特征参数、手术相关资料共 4 方面的数据,将所有患者根据是否发生术后 AKI 分成 2 组,计算整体 AKI 的发生率,并比较组间各临床因素的差异,并对组间差异有统计学意义的尿酸结石患者进行进一步各临床参数的亚组分析。**结果:** 483 例患者 PCNL 术后 AKI 的发生率为 6.00%,与非 AKI 组患者比较,既往有结石病史、术前血清肌酐升高、术前血清尿酸增高、血清钙离子降低及结石成分为尿酸结石的患者 PCNL 术后发生 AKI 的可能性增高( $P < 0.05$ )。72 例尿酸结石患者 PCNL 术后 AKI 的发生率为 12.50%,术后发生 AKI 与未发生 AKI 的尿酸结石患者比较,各临床参数差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),但发生 AKI 的尿酸结石患者术前血清肌酐及尿酸水平略高,合并糖尿病及术前尿培养阳性的患者比例亦有增高。**结论:** 本中心患者 PCNL 术后 AKI 的发生率为 6.00%,尿酸结石患者术后 AKI 发生率可能增高,PCNL 术后 AKI 还多见于既往有结石病史、术前血清肌酐、尿酸增高及钙离子降低的患者。

**[关键词]** 急性肾损伤;经皮肾镜取石术;尿路结石;结石成分;尿酸结石

**DOI:** 10.13201/j.issn.1001-1420.2023.01.010

**[中图分类号]** R693 **[文献标志码]** A

## Effect of urinary stone composition on acute kidney injury after percutaneous nephrolithotomy

WANG Bixiao SONG Haifeng LIANG Lei XIAO Bo LI Jianxing

(Department of Urology, Tsinghua Changgung Hospital, School of Clinical Medicine, Tsinghua University, Beijing, 102218, China)

Corresponding author: LI Jianxing, E-mail: ljx1@sina.com

**Abstract Objective:** To evaluate the clinical characteristics of patients who are more likely to develop acute kidney injury (AKI) after percutaneous nephrolithotomy(PCNL), and to explore whether each stone composition affects the occurrence of AKI after PCNL. **Methods:** The clinical data of 483 patients with urinary calculi treated by PCNL in Beijing Tsinghua Changgung Hospital from March 2016 to January 2022 were collected, including demographic-related parameters, test parameters, stone characteristic parameters, and operation-related data. All the patients were divided into two groups according to whether they had postoperative AKI. The overall incidence of AKI was calculated, and the differences in clinical factors between the two groups were compared. **Results:** The incidence of AKI after PCNL was 6.00% in 483 patients. Compared with the non-AKI group, patients with a history of stones, an increase in preoperative serum creatinine, an increase in preoperative serum uric acid, a decrease in serum calcium, and uric acid stones were more likely to have AKI after PCNL ( $P < 0.05$ ). The incidence of AKI after PCNL in 72 patients with uric acid stones was 12.50%. There was no significant difference in clinical parameters between patients with AKI and those without AKI ( $P > 0.05$ ). Nonetheless, the preoperative serum creatinine and uric acid levels of patients with AKI were slightly higher. The proportion of patients with diabetes mellitus and positive urine culture before operation also increased. **Conclusion:** The incidence of AKI after standard PCNL in our center is 6.00%. The incidence of AKI may increase in patients with uric acid stones after PCNL. The incidence of AKI after PCNL is also common in patients with a history of stones, an increase in preoperative serum creatinine and uric acid and a decrease in serum calcium.

**Key words** acute kidney injury; percutaneous nephrolithotomy; urolithiasis; stone composition; uric acid stone

<sup>1</sup>清华大学附属北京清华长庚医院泌尿外科 清华大学临床医学院(北京,102218)  
通信作者:李建兴,E-mail:ljx1@sina.com

急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)是一种复杂的疾病,依据国际改善全球肾脏病预后组织(KDIGO)的定义,AKI是指48 h内肾功能突然下降,血清肌酐绝对增加 $\geq 26.4 \mu\text{mol/L}$ ,血清肌酐百分比增加 $\geq 50\%$ (较基线水平增加1.5倍),或尿量减少(尿量低于 $0.5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,持续6 h以上)<sup>[1]</sup>。研究表明,AKI的发生与住院患者住院时间延长及死亡率增加等各种不良结局的发生有关<sup>[2]</sup>。近期,急性疾病质量倡议共识会议(Acute Disease Quality Initiative, ADQI)指出,推荐通过了解患者人口学特征、并发症、手术等综合临床特征,以评估AKI风险,有利于在肾损害发生之前识别高风险患者,并尽早诊断AKI<sup>[3]</sup>。

经皮肾镜取石术(percutaneous nephrolithotomy, PCNL)是治疗体积大、多发、复杂泌尿系结石的一种常见、有效的手术方法,但手术本身需对肾脏进行穿刺,同时复杂的肾结石常合并术前尿路梗阻、感染等对肾脏造成慢性损害的因素,因此PCNL术后可能出现肾功能改变<sup>[4]</sup>。目前关于PCNL术后发生AKI的报道较少,且不同报道中AKI发生率差异较大,为 $4.4\% \sim 16.2\%$ ,此外术后AKI高风险患者的临床特征或危险因素在不同报道中亦有不同<sup>[5-7]</sup>。研究发现,不同成分的结石其病理生理过程及预后存在明显差异,尿路结石术后的肾功能变化与结石成分也有相关<sup>[8-9]</sup>。

目前通过影像学方法或结晶尿的分析,术前已基本实现对尿路结石常见的主要成分的预测<sup>[10-11]</sup>,但是结石成分的不同是否影响经皮肾镜术后AKI的发生,目前仍不明确。本研究通过回顾2016年3月—2022年1月北京清华长庚医院收治的483例PCNL治疗的尿路结石患者的临床资料,根据患者是否发生术后AKI分为2组,对人口学相关参数、检验参数、包含结石成分的结石特征参数、手术相关资料共4个方面的临床特征进行比较,旨在评估哪些临床特征与PCNL术后更容易发生AKI相关,并探究常见的3类结石成分(草酸钙结石、鸟粪石、尿酸结石)是否影响PCNL术后AKI的发生。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

本研究为回顾性病例对照研究,连续收集北京清华长庚医院泌尿外科2016年3月—2022年1月收治的PCNL治疗的尿路结石患者的临床资料,符合下述标准的病例予以排除:①未进行至少一次的结石成分分析;②主要结石成分为草酸钙结石、鸟粪石或尿酸结石以外的病例;③统计资料不完整的病例;④未进行PCNL标准通道手术的病例。最终共483例患者的临床资料纳入本研究,所有病例临床资料均来源于本中心Redcap数据库,所有临床资料的获取均通过我院伦理委员会批准。本研究

中判定AKI的标准是依据国际改善全球肾脏病预后组织(KDIGO)分级标准,当患者血清肌酐48 h内较基线水平增加 $\geq 26.4 \mu\text{mol/L}$ 时,即认为发生AKI<sup>[12]</sup>。所有纳入研究的病例均根据是否发生AKI进行分组。

### 1.2 方法

患者均需收集人口学相关参数、检验参数、结石特征参数、手术相关资料4个方面的数据。人口学相关参数包括:年龄、性别、BMI、有无结石病史、有无髓质海绵肾病史、有无马蹄肾病史、有无合并症[脊柱畸形、糖尿病、高血压、慢性肾脏病(CKD)、痛风]。检验参数包括:术前尿培养、术前血清肌酐、术后24 h内血清肌酐、术前红细胞比容(HCT)、术前血清尿酸、术前血清钙离子。结石特征参数包括:手术侧结石总量(总直径)、手术侧积水程度、结石主要成分(草酸钙结石、鸟粪石、尿酸结石)。手术相关资料包括:术前有无支架管/造瘘管、总手术时间。其中手术侧积水程度根据术前泌尿系超声或CT影像规范进行判断;结石主要成分指术后红外光谱法测定含量占50%以上的结石成分种类。若亚组内单因素分析时某个参数相关病例数目过少,则舍弃该项参数分析。所有患者均进行了全麻下PCNL治疗,手术均采用了标准通道,所有纳入患者的术者均具有5年以上PCNL的手术经验。术后24 h内肾功能检验统一在手术第2天晨起患者空腹时留取。

### 1.3 统计学方法

采用R语言进行数据分析。计量资料均采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述,组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验;计数资料采用例(%)描述,组间比较采用 $\chi^2$ 检验或Fisher精确检验,均为双侧检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

本研究共纳入483例采用PCNL治疗尿路结石的患者,其中男316例(65.42%),女167例(34.58%);中位年龄53.00(42.00, 60.00)岁;318例(65.84%)为草酸钙结石,93例(19.25%)为鸟粪石,72例(14.91%)为尿酸结石。根据术后是否发生AKI将其分为AKI组(29例)和非AKI组(454例),本研究中整体PCNL术后AKI的发生率为6.00%。

AKI组与非AKI组比较后发现:人口学相关参数中,2组在性别、结石病史方面的比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ );检验参数中,2组术前血清肌酐、术前血清尿酸及术前血清钙离子水平差异有统计学意义( $P < 0.05$ );结石特征参数方面,2组草酸钙结石、尿酸结石患者的比例差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),鸟粪石患者的比例组间差异无统计学意义( $P > 0.05$ );而2组手术相关资料的2项参数

差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 1~3。

将 AKI 组与非 AKI 组差异有统计学意义的参数进行单因素分析,其中既往结石病史、术前血

清肌酐及血清尿酸水平增高、术前血钙降低及尿酸结石可能与 PCNL 术后 AKI 的发生相关( $P<0.05$ )。见表 4。

表 1 AKI 组和非 AKI 组人口学相关各参数的比较

例(%), $M(P_{25},P_{75})$

参数	总体(483 例)	非 AKI 组(454 例)	AKI 组(29 例)	P 值	统计值
年龄/岁	53.00(42.00,60.00)	53.00(42.00,60.00)	54.00(42.00,64.00)	0.411	0.676
性别				0.043	4.098
男	316(65.42)	292(64.32)	24(82.76)		
女	167(34.58)	162(35.68)	5(17.24)		
BMI/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )	25.04(22.88,27.74)	25.03(22.91,27.68)	25.16(21.72,28.73)	0.958	0.003
结石病史				0.028	4.839
无	136(28.16)	133(29.3)	3(10.34)		
有	347(71.84)	321(70.7)	26(89.66)		
合并髓质海绵肾				0.585	—
无	469(97.10)	441(97.14)	28(96.55)		
有	14(2.90)	13(2.86)	1(3.45)		
合并马蹄肾				1.000	—
无	464(96.07)	436(96.04)	28(96.55)		
有	19(3.93)	18(3.96)	1(3.45)		
合并脊柱畸形				0.430	—
无	474(98.14)	446(98.24)	28(96.55)		
有	9(1.86)	8(1.76)	1(3.45)		
糖尿病				1.000	—
无	403(83.44)	379(83.48)	24(82.76)		
有	80(16.56)	75(16.52)	5(17.24)		
高血压				0.641	0.218
无	319(66.05)	301(66.3)	18(62.07)		
有	164(33.95)	153(33.7)	11(37.93)		
CKD				0.220	—
无	479(99.17)	451(99.34)	28(96.55)		
有	4(0.83)	3(0.66)	1(3.45)		
痛风				0.267	—
无	478(98.96)	450(99.12)	28(96.55)	—	—
有	5(1.04)	4(0.88)	1(3.45)	—	—

表 2 AKI 组和非 AKI 组检验资料各参数的比较

例(%), $M(P_{25},P_{75})$

参数	总体(483 例)	非 AKI 组(454 例)	AKI 组(29 例)	P 值	统计值
术前尿培养				0.263	1.255
阴性	313(64.80)	297(65.42)	16(55.17)		
阳性	170(35.20)	157(34.58)	13(44.83)		
术前血清肌酐/ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	72.80(61.85,89.85)	72.25(61.23,87.30)	97.60(74.80,153.20)	<0.001	17.928
术后 24 h 内血清肌酐/ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	78.60(64.20,96.95)	77.00(63.85,93.62)	131.40(114.60,189.40)	<0.001	54.436
术前 HCT/%	40.70(37.10,44.60)	40.70(37.10,44.60)	40.80(36.10,44.10)	0.933	0.007
术前血清尿酸/ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	357.00(300.00,438.50)	355.00(297.00,435.50)	398.00(343.00,481.00)	0.004	8.297
术前血清钙离子/ ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	2.24(2.18,2.31)	2.25(2.18,2.32)	2.20(2.13,2.25)	0.003	8.529

表 3 AKI 组和非 AKI 组结石特征及手术相关资料各参数的比较 例(%), $M(P_{25},P_{75})$ 

参数	总体(483 例)	非 AKI 组(454 例)	AKI 组(29 例)	P 值	统计值
术侧结石总直径/mm	28.00(20.00,40.00)	28.00(20.00,40.00)	33.00(20.00,40.00)	0.515	0.424
术侧积水程度				0.440	—
无	168(34.78)	155(34.14)	13(44.83)		
轻度	242(50.10)	230(50.66)	12(41.38)		
中度	64(13.25)	61(13.44)	3(10.34)		
重度	9(1.86)	8(1.76)	1(3.45)		
草酸钙结石				0.040	4.231
否	165(34.16)	150(33.04)	15(51.72)		
是	318(65.84)	304(66.96)	14(48.28)		
鸟粪石				0.840	0.041
否	390(80.75)	367(80.84)	23(79.31)		
是	93(19.25)	87(19.16)	6(20.69)		
尿酸石				0.026	—
否	411(85.09)	391(86.12)	20(68.97)		
是	72(14.91)	63(13.88)	9(31.03)		
术前留置支架管/造瘘管				0.593	—
无	413(85.51)	389(85.68)	24(82.76)		
有	70(14.49)	65(14.32)	5(17.24)		
手术时长/min	94.00(73.00,120.50)	94.00(72.00,120.00)	105.00(83.00,144.00)	0.062	3.478

表 4 AKI 组和非 AKI 组各参数的单因素分析

参数	OR(95%CI)	P 值
性别	0.376(0.141~1.003)	0.051
结石病史	3.591(1.069~12.067)	0.039
术前血清肌酐/ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	1.004(1.001~1.007)	0.009
术前血清尿酸/ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	1.005(1.002~1.008)	0.001
术前血清钙离子/ ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	0.003(0~0.158)	0.004
草酸钙结石	0.461(0.217~0.979)	0.044
尿酸石	2.793(1.217~6.408)	0.015

选取尿酸结石患者进行进一步亚组分析,尿酸结石患者中,PCNL 术后 AKI 的发生率为 12.50% (9/72)。舍弃亚组中病例数过少的合并症参数,包括髓质海绵肾、马蹄肾、脊柱畸形、CKD。最终共 17 项参数纳入尿酸结石 AKI 组与尿酸结石非 AKI 组的亚组比较中,结果发现这些参数在亚组间差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 5。但 AKI 组患者术前血清肌酐及尿酸水平略高于非 AKI 组(图 1)。

### 3 讨论

AKI 是短时间内肾功能快速减退而导致的临床综合征,与住院时间延长、术后死亡率增加等不良预后有直接关系,早期识别术后发生 AKI 的高风险人群对结石患者围术期管理有着重要意义。

不同的结石成分一定程度上是不同代谢及病理生理过程的体现,一些研究发现,尿路结石成分与结石大小、复发情况关系密切,且在对危重病人尿液结晶的研究中发现,有尿酸结晶的患者更容易出现持久的 AKI<sup>[13-14]</sup>。因此,尿路结石成分可能影响术后 AKI 的发生。本研究探讨了常见的 3 种结石成分对 PCNL 术后发生 AKI 的影响。尿酸结石患者术后 AKI 发生率增高,草酸钙结石不增加术后 AKI 的发生率,而结石成分为鸟粪石时,与术后 AKI 的发生无明显相关。此外,既往结石病史、术前血清肌酐及尿酸增高,术前血清钙离子降低也与术后 AKI 发生率增高有关。

整体看来,肾功能的损害可能与结石梗阻、泌尿系感染和外科手术等有关,常见的泌尿外科手术后 AKI 的发生率为 6.7%~38.2%<sup>[15-16]</sup>。但对于 PCNL 手术而言,Reeves 等<sup>[17]</sup>的研究表明,泌尿系结石的内镜手术很少对肾功能产生负面影响,但术后的并发症如发热、出血,或术前的合并症可能对术后肾功能损害的影响更大。也就是说,相比手术,围术期内环境的变化可能在发生 AKI 的过程中起到更大作用。

本研究中 AKI 组尿酸结石患者比例增高,同时伴有术前血清尿酸及肌酐水平增高,这个结果符合高尿酸血症引起的一系列的病理生理过程。既往研究表明,高尿酸血症与肾脏疾病密切相关:一项持续超过 25 年的队列研究纳入了 177570 例患者,显示高尿酸水平与终末期肾脏疾病之间存在独

立关联;另一项长达 6 年的中国的队列研究发现,血清尿酸水平的增加可导致肾小球滤过率的快速下降,是肾脏疾病发生的独立危险因素<sup>[18-19]</sup>。过饱和的尿酸盐晶体沉积可形成尿酸结石,尿液低 pH 值、高尿酸浓度时可促进肾小管腔内及输尿管内的晶体沉积过程<sup>[20-21]</sup>。特别是胰岛素抵抗时,会导致低 pH 尿液中尿酸排泄受损,促进尿酸结石的形成<sup>[22]</sup>。另一种情况是,当存在细菌感染时,AKI 患者的尿液中也常可观察到尿酸结晶体,但这类患者尿酸排泄分数没有明显增高,表明这种情况下的尿酸结晶体可能由于脓毒症的相关代谢变化而导

致<sup>[14]</sup>。本研究未纳入尿 pH 值作为分析的临床参数,但合并糖尿病的患者比例及尿培养阳性率在 AKI 组和非 AKI 组间差异无统计学意义。进一步对尿酸结石进行亚组分析时,发生 AKI 与未发生 AKI 的患者的各项临床特征均差异无统计学意义,但亚组分析中可观察到尿培养阳性和合并糖尿病的患者比例在 AKI 组中均有增高,同时 AKI 组患者血清肌酐及尿酸水平亦有上升,因此,本研究中尿酸结石的成因与上述 2 种机制可能都有关系,但目前样本量及统计学证据支持均尚有不足,亟待进一步探究。

表 5 尿酸结石中 AKI 组和非 AKI 组各参数的比较 例(%),M(P<sub>25</sub>,P<sub>75</sub>)

参数	尿酸结石非 AKI 组(63 例)	尿酸结石 AKI 组(9 例)	P 值	统计值
年龄/岁	55.00(49.00,62.50)	47.00(44.00,56.00)	0.173	1.858
性别			0.679	—
男	50(79.37)	8(88.89)		
女	13(20.63)	1(11.11)		
BMI/(kg·m <sup>-2</sup> )	26.04(23.82,29.36)	28.72(27.55,29.17)	0.072	3.227
结石病史			1	—
无	19(30.16)	2(22.22)		
有	44(69.84)	7(77.78)		
糖尿病			0.441	—
无	45(71.43)	5(55.56)		
有	18(28.57)	4(44.44)		
高血压			0.494	—
无	30(47.62)	3(33.33)		
有	33(52.38)	6(66.67)		
痛风			0.421	—
无	60(95.24)	8(88.89)		
有	3(4.76)	1(11.11)		
术前尿培养			0.14	—
阴性	41(65.08)	3(33.33)		
阳性	22(34.92)	6(66.67)		
术侧积水程度			0.082	—
无	23(36.51)	5(55.56)		
轻度	34(53.97)	3(33.33)		
中度	6(9.52)	0(0)		
重度	0(0)	1(11.11)		
术前后有无支架管			0.363	—
无	52(82.54)	6(66.67)		
有	11(17.46)	3(33.33)		
手术侧结石总量/mm	30.00(22.50,41.50)	35.00(28.00,40.00)	0.805	0.061
术前血清肌酐/(μmol·L <sup>-1</sup> )	83.30(72.50,125.80)	107.70(85.80,146.50)	0.090	2.870
术后 24 h 内血清肌酐/(μmol·L <sup>-1</sup> )	93.10(81.65,123.70)	170.30(121.20,180.80)	0.002	9.762
术前 HCT/%	41.10(37.05,45.50)	43.40(40.70,44.10)	0.871	0.026
术前血清尿酸/(μmol·L <sup>-1</sup> )	440.00(352.50,499.50)	481.00(473.00,582.00)	0.084	2.987
术前血清钙离子/(mmol·L <sup>-1</sup> )	2.25(2.18,2.33)	2.18(2.15,2.25)	0.093	2.819
手术时长/min	100.00(76.00,121.00)	112.00(105.00,150.00)	0.113	2.509



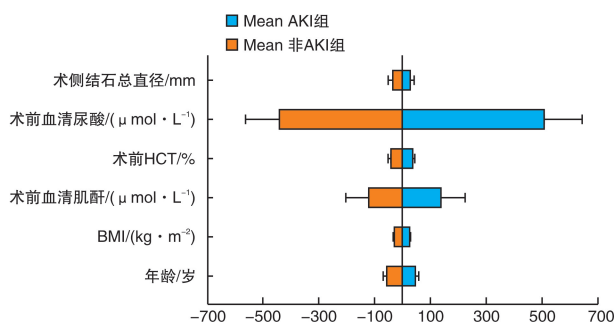


图 1 尿酸结石中 AKI 组和非 AKI 组间各计量资料的比较

根据已发表的报道,PCNL 术后 AKI 发生率为 4.4%~16.2%,整体差异较大<sup>[5-7]</sup>。在本次研究中,483 例患者 PCNL 术后 AKI 发生率为 6.00%,符合既往报道的范围。除上述临床特征外,此次研究还发现,低钙血症、既往结石病史也与 PCNL 术后 AKI 发生有关。人体内的钙离子代谢常伴随着磷酸盐代谢过程,而钙磷代谢在体内平衡中起重要作用, Singh 等<sup>[23]</sup>研究发现, AKI 患者可见钙和磷酸盐紊乱伴磷酸盐稳态失调的现象,同时伴随 FGF-23 激素水平升高及 1,25(OH)维生素 D 降低,而 FGF-23 升高与 AKI 发病率和死亡率相关,但低钙血症对 AKI 的具体影响机制尚不清楚。已发表的流行病学研究也有 AKI 与泌尿系结石病史相关的报道<sup>[24]</sup>,但既往结石成分与结石复发时术后 AKI 的发生的关系,目前有待进一步探索。

本研究的局限有:①是单中心进行的回顾性研究,有不可避免的选择偏移;②样本量相对较少,尤其是尿酸结石亚组,后续研究需扩大样本数量;③由于原始数据库缺乏部分信息,或信息录入不准确,统计的临床参数仍有不足,如未研究各术者的操作结果差异、尿 pH 值、尿白细胞、PCNL 穿刺的通道数目、微通道 PCNL 手术结果等;④因本研究主要聚焦结石成分相关的因素对术后 AKI 的影响,故未纳入麻醉相关因素,如术中血压情况等。

综上所述,尿酸结石患者 PCNL 术后 AKI 发生率可能增高。此外,PCNL 术后 AKI 还多见于既往有结石病史、术前血清肌酐、尿酸增高及钙离子降低的患者。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

[1] Verma S, Kellum JA. Defining Acute Kidney Injury [J]. Crit Care Clin, 2021, 37(2): 251-266.

[2] Liangos O, Wald R, O' Bell JW, et al. Epidemiology and outcomes of acute renal failure in hospitalized patients: a national survey [J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2006, 1(1): 43-51.

[3] Ostermann M, Zarbock A, Goldstein S, et al. Recom-

mendations on Acute Kidney Injury Biomarkers From the Acute Disease Quality Initiative Consensus Conference: A Consensus Statement [J]. JAMA Netw Open, 2020, 3(10): e2019209.

- [4] 李建兴,肖博. 经皮肾镜取石术在肾结石治疗中的地位[J]. 临床外科杂志, 2017, 25(2): 89-90.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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): e11580.
- [8] Corrales M, Doizi S, Barghouthy Y, et al. Classification of Stones According to Michel Daudon: A Narrative Review [J]. Eur Urol Focus, 2021, 7(1): 13-21.
- [9] Patel PM, Kandabarow AM, Druck A, et al. Association of Impaired Renal Function With Changes in Urinary Mineral Excretion and Stone Composition [J]. Urology, 2020, 141: 45-49.
- [10] Li X, Wang LP, Ou LL, et al. Revolution spectral CT for urinary stone with a single/mixed composition in vivo: a large sample analysis [J]. World J Urol, 2021, 39(9): 3631-3642.
- [11] Larcher L, Lefevre G, Bailleul S, et al. Importance of pre-analytical for urinalysis with urinary crystals. Dosages biochimiques urinaires dans les urines présentant des cristaux: importance de la phase préanalytique [J]. Ann Biol Clin (Paris), 2017, 75(5): 525-530.
- [12] Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, et al. Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury [J]. Crit Care, 2007, 11(2): R31.
- [13] Keller EX, De Coninck V, Audouin M, et al. Stone composition independently predicts stone size in 18, 029 spontaneously passed stones [J]. World J Urol, 2019, 37(11): 2493-2499.
- [14] Tabibzadeh N, Zalc M, Michel T, et al. Prevalence and identification of crystalluria in critically ill patients: association between uric acid crystals and sepsis [J]. Clin Kidney J, 2020, 14(4): 1291-1293.
- [15] Caddeo G, Williams ST, McIntyre CW, et al. Acute kidney injury in urology patients: incidence, causes and outcomes [J]. Nephrourol Mon, 2013, 5(5): 955-961.
- [16] Hobson C, Ozrazgat-Baslanti T, Kuxhausen A, et al. Cost and Mortality Associated With Postoperative Acute Kidney Injury [J]. Ann Surg, 2015, 261(6): 1207-1214.

- Med, 2021, 11(11): 1154.
- [20] Lee MR, Ke HL, Huang JC, et al. Obesity-related indices and its association with kidney stone disease; a cross-sectional and longitudinal cohort study[J]. Urolithiasis, 2022, 50(1): 55-63.
- [21] Liu N, Feng Y, Li J, et al. Relationship between the dietary inflammatory index and kidney stone prevalence[J]. World J Urol, 2022, 40(6): 1545-1552.
- [22] Asoudeh F, Talebi S, Jayedi A, et al. Associations of Total Protein or Animal Protein Intake and Animal Protein Sources with Risk of Kidney Stones: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis [J]. Adv Nutr, 2022, 13(3): 821-832.
- [23] Moludi J, Tandorost A, Kamari N, et al. Dietary total antioxidant capacity and its association with renal function and kidney stones; Results of a RaNCD cohort study[J]. Food Sci Nutr, 2022, 10(5): 1442-1450.
- [24] Jamshed A, Jabeen Q. Pharmacological Evaluation of Mentha piperita Against Urolithiasis: An In Vitro and In Vivo Study [J]. Dose Response, 2022, 20(1): 15593258211073087.
- [25] Pinato DJ, North BV, Sharma R. A novel, externally validated inflammation-based prognostic algorithm in hepatocellular carcinoma: the prognostic nutritional index (PNI) [J]. Br J Cancer, 2012, 106(8): 1439-1445.
- [26] Khan SR, Canales BK, Dominguez-Gutierrez PR. Randall's plaque and calcium oxalate stone formation: role for immunity and inflammation [J]. Nat Rev Nephrol, 2021, 17(6): 417-433.
- [27] Wang K, Ge J, Han W, et al. Risk factors for kidney stone disease recurrence: a comprehensive meta-analysis [J]. BMC Urol, 2022, 22(1): 62.
- [28] Zhu C, Huang D, Ma H, et al. High-Sensitive CRP Correlates With the Severity of Liver Steatosis and Fibrosis in Obese Patients With Metabolic Dysfunction Associated Fatty Liver Disease [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 848937.
- [29] Ouldamer L, Jourdan ML, Pinault M, et al. Accumulation of Arachidonic Acid, Precursor of Pro-Inflammatory Eicosanoids, in Adipose Tissue of Obese Women; Association with Breast Cancer Aggressiveness Indicators [J]. Biomedicines, 2022, 10(5): 995.

(收稿日期: 2022-07-30)

(上接第 47 页)

- [17] Reeves T, Pietropaolo A, Gadzhiev N, et al. Role of Endourological Procedures (PCNL and URS) on Renal Function: a Systematic Review [J]. Curr Urol Rep, 2020, 21(5): 21.
- [18] Hsu CY, Iribarren C, McCulloch CE, et al. Risk factors for end-stage renal disease: 25-year follow-up [J]. Arch Intern Med, 2009, 169(4): 342-350.
- [19] Zhou F, Yu G, Wang G, et al. Association of serum uric acid levels with the incident of kidney disease and rapid eGFR decline in Chinese individuals with eGFR > 60 mL/min/1.73 m<sup>2</sup> and negative proteinuria [J]. Clin Exp Nephrol, 2019, 23(7): 871-879.
- [20] Su HY, Yang C, Liang D, et al. Research Advances in the Mechanisms of Hyperuricemia-Induced Renal Injury [J]. Biomed Res Int, 2020, 2020: 5817348.
- [21] 张勇, 陈站, 陈建刚, 等. 尿酸结石致病相关基因的研究进展 [J]. 临床泌尿外科杂志, 2021, 36(2): 148-151.
- [22] Spatola L, Angelini C, Badalamenti S, et al. Kidney stones diseases and glycaemic statuses: focus on the latest clinical evidences [J]. Urolithiasis, 2017, 45(5): 457-460.
- [23] Singh NP, Panwar V, Aggarwal NP, et al. Regulation of Calcium Homeostasis in Acute Kidney Injury: A Prospective Observational Study [J]. Indian J Crit Care Med, 2022, 26(3): 302-306.
- [24] Cheikh Hassan HI, Murali K, Lambert K, et al. Acute kidney injury increases risk of kidney stones—a retrospective propensity score matched cohort study [J]. Nephrol Dial Transplant, 2022.

(收稿日期: 2022-08-04)