

# 上尿路感染性结石术前临床预测分析

杨枝云 李吉 潘隽 姜加富 黑炜翔 杨继尧 刘裔道\*

德宏州人民医院 泌尿外科

DOI:10.12238/ffcr.v3i2.14102

**[摘要]** 目的：探讨感染性结石临床易感因素，以便临床早期识别及干预。方法：回顾性分析2023年1月—2024年12月在德宏州人民医院行手术治疗的上尿路结石患者，根据结石成分分析，分为感染性结石组和非感染性结石组。将两组患者术前各临床因素进行单因素及多因素Logistic回归分析，比较两组数据临床差异。结果：本研究共纳入219例患者，其中感染性结石组71例，非感染性结石组148例，结果显示年龄、性别、尿液PH、尿培养、结石CT值与感染性结石发生显著相关 ( $P < 0.05$ )，而高尿酸、代谢综合征及老年患者更易患非感染性结石。结论：对于年轻女性及尿培养阳性、高尿液PH值、结石CT值偏低的患者，临床应警惕感染性结石可能，尽早干预，避免术后严重感染。

**[关键词]** 感染性结石；临床易感因素；术前；结石成分

中图分类号：R691.4 文献标识码：A

## Preoperative Clinical Prediction of Upper Urinary Tract Infectious Stones

Zhiyun Yang, Ji Li, Jun Pan, Jiafu Jiang, Weixiang Hei, Jiyao Yang, Zhidao Liu\*

Urology Department, Dehong Prefecture People's Hospital

**[Abstract]** Objective To investigate the clinical predisposing factors of infectious stones for early clinical identification and intervention. Methods The patients with upper urinary tract stones who underwent surgical treatment in Dehong People's Hospital from January 2023 to December 2024 were retrospectively analyzed and divided into infectious stone group and non-infectious stone group according to the analysis of stone components. Univariate and multivariate Logistic regression analysis was performed for each clinical factor of the two groups before operation, and the clinical differences between the two groups were compared. Results A total of 219 patients were included in this study, including 71 patients in the infective calculus group and 148 patients in the non-infective calculus group. The results showed that age, gender, urine PH, urine culture and CT value of calculi were significantly correlated with the occurrence of infective calculi ( $P < 0.05$ ), while patients with high uric acid, metabolic syndrome and elderly patients were more prone to non-infective calculi. Conclusion For young women, patients with positive urine culture, high urine PH value and low calculi CT value, the possibility of infectious calculi should be vigilant and early intervention to avoid serious postoperative infection.

**[Keywords]** infectious calculus; Clinical predisposing factors; Before operation; Stone composition

## 1 前言

肾结石是泌尿外科最常见的疾病之一，其发病率因地域环境的不同而在3%—15%<sup>[1]</sup>，中国成年人群总体患病率约为5.8%<sup>[2]</sup>。感染性结石是指由可产生脲酶的微生物感染所引起的结石，包含六水磷酸铵镁、碳酸磷灰石及尿酸铵3种成分，约占泌尿系结石的15%<sup>[3]</sup>。感染性结石生长速度快，治疗后极易复发，成病态循环，临床上又称为“恶性”结石病。相较于非感染性结石，感染性结石对外科的清石率要求更高，且即使在术前应用抗生素的情况下，术后发热和尿源性脓毒症的发生率(33%)亦明显高于非感染性结石的患者(12.1%)

<sup>[4]</sup>。本研究回顾性分析感染性结石术前相关因素，为感染性结石的早期识别与诊治提供参考依据。

## 2 对象与方法

### 2.1 研究对象

回顾性收集2023年1月—2024年12月在我院泌尿外科行经皮肾镜取石、输尿管硬镜或软镜取石并行结石成分分析的上尿路结石患者临床资料。

排除标准：①回顾性临床资料不完整者；②入院前2周内服用抗生素使用者；③孕妇或哺乳期妇女；④入院前2周内口服碳酸氢钠、枸橼酸氢钾钠或氯化铵者；⑤入院时有肾

造瘘管、输尿管支架管或尿管留置者；⑥结石最大径小于6mm者。

2.2 研究方法

记录患者年龄、性别、身高、体重、合并症情况（高血压、糖尿病）、既往同侧上尿路结石手术史、治疗前中段尿尿常规及尿培养结果、血脂、尿酸水平及结石影像检查资料。记录患者术后是否出现感染性并发症（发热或感染性休克）。手术后取结石标本进行红外光谱自动分析仪（二代）分析结石成分构成，根据结石成分构成筛选出感染性结石组（感染性结石成分>50%）<sup>[5]</sup>和非感染性结石组。

2.3 统计学方法

采用 SPSS 27.0 软件进行数据分析处理。两独立样本计量资料进行正态性和方差齐性检验，服从正态性检验以“ $\bar{x} \pm s$ ”表示，采用独立样本 t 检验、t' 检验；不服从正态性检验的数据用 Wilcoxon 秩和检验，以中位数和四分位数表示；组间计数资料采用卡方检验或 Fisher 确切概率法；进一步应用二元 Logistic 回归分析评估与感染性结石显著相关的术前独立因素，P<0.05 为差异有统计学意义。

3 结果

3.1 临床资料

根据纳入及排除标准，本研究共纳入 219 例患者，其中男性 120 例（54.8%），女性 99 例（45.2%），年龄 12—84 岁，平均（50.20±12.14）岁；平均 BMI（23.99±3.99）Kg/m<sup>2</sup>；左侧 96 例（43.84%），右侧 123 例（56.16%）；73 例（33.33%）患有高血压，19 例（8.68%）患有糖尿病；53 例（24.20%）患者有同侧上尿路结石手术史。感染性结石组 71 例，非感染性结石组 148 例。

3.2 感染性结石临床易感因素分析

两组患者单因素分析结果显示，性别、年龄、高血压患病率、代谢综合征、结石大小、是否为鹿角形结石等 12 个因素的差异具有统计学意义，感染性结石组手术后感染性并发症发生率更高（表 1）。

进一步对有统计学差异的 12 个因素进行多因素 Logistic 回归分析，结果显示，感染性结石的术前临床预测与年龄（OR=0.932，95%CI：0.895—0.969，P<0.001）、性别（OR=2.563，95%CI：1.193—5.505，P=0.016）、代谢综合征（OR=0.8252，95%CI：1.471—46.305，P=0.016）、结石 CT 值（OR=0.997，95%CI：0.995—0.999，P<0.001）、代谢综合征（OR=0.8252，95%CI：1.471—46.305，P=0.016）、尿 PH 值（OR=2.801，95%CI：1.291—6.077，P=0.009）、尿培养（OR=0.205，95%CI：0.075—0.556，P=0.002）、血尿酸（OR=0.994，95%CI：0.990—0.998，P=0.002）7 个因素有显著相关性（表 2）。

表 1 感染性结石单因素分析结果

项目	感染性结石组 (n=71)	非感染性结石 组 (n=148)	Z	P
性别(男/女)	25/46	95/53		<0.001
年龄(岁)	47.0(38.0,53.0)	51.5(43.0,60.0)	-3.397	0.001
BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	23.0(20.8,25.1)	23.6(21.9,26.8)	-1.786	0.074
高血压 (%)	17 (23.9)	56 (37.8)		0.001
糖尿病 (%)	3 (4.2)	16 (10.8)		0.105
同侧上尿路手术史 (%)	21 (29.6)	33 (22.3)		0.242
代谢综合征 (%)	3 (4.2)	21 (14.2)		0.036
结石侧别(左/右)	35/36	61/87		0.259
结石大小(cm)	2.2(1.5,3.7)	1.6(1.0,2.8)	-2.689	0.007
肾积水(无-轻/中-重度)	48/23	105/43		0.614
鹿角形结石 (%)	23 (32.4%)	26 (17.6%)		0.014
结石 CT 值 (Hu)	758.0(598.0,897.0)	883.0(635.0,1025.3)	-2.743	0.006
尿白细胞(个/高倍镜视野)	51.0(12.0,344.0)	10.2(2.4,27.0)	-5.334	0.001
尿亚硝酸盐阳性 (%)	10 (14.1)	10 (6.8)		0.078
尿 PH	6.5(6.0,6.5)	6.0(5.5,6.5)	-4.401	0.001
尿培养阳性 (%)	27 (38.0)	20 (13.5)		0.001
血尿酸 (umol/L)	290.0(213.0,361.0)	339.0(308.0,440.0)	-4.523	0.001
血甘油三酯 (mmol/L)	1.2(1.0,1.9)	1.4(1.1,2.2)	-1.687	0.092

术后感染性并发症 (%)	13 (25.4)	10 (6.8)	0.009
--------------	-----------	----------	-------

表2 多因素 Logistic 回归分析结果

项目	OR 值	OR 的 95%CI		P
		下限	上限	
年龄	0.932	0.895	0.969	<0.001
性别	2.563	1.193	5.505	0.016
高血压	0.802	0.303	2.124	0.656
代谢综合征	8.252	1.471	46.305	0.016
鹿角形结石	0.647	0.140	2.986	0.577
结石大小	1.222	0.787	1.897	0.372
结石 CT 值	0.997	0.995	0.999	<0.001
尿白细胞	1.000	1.000	1.001	0.331
尿 PH	2.801	1.291	6.077	0.009
尿培养	0.205	0.075	0.556	0.002
血尿酸	0.994	0.990	0.998	0.002
术后感染	0.303	0.080	1.144	0.078

#### 4 讨论

感染性结石是由病原微生物感染所产生的结石<sup>[6]</sup>，故泌尿系统病原微生物感染是其形成结石的首要条件。感染性结石形成机制主要是由尿液中的解脲酶微生物产生脲酶，分解尿液中的尿素，持续产生氨和二氧化碳，氨溶于水产生铵，形成碱性尿。在这种碱性环境中，铵与镁、磷酸盐和水形成六水磷酸铵镁结石，与尿酸结合形成尿酸铵结石；而二氧化碳产生的碳酸根与尿液中的钙离子、磷酸根离子形成碳酸磷酸灰石，导致感染性结石的形成<sup>[7]</sup>。如果尿液中 pH>7.2，则形成六水磷酸铵镁结石，当尿液 pH 值在 6.8—7.2 可形成碳酸磷酸灰石，尿素产生氨和二氧化碳使尿液 pH 值升高，通常可从 7.2 提高到 8.0 左右<sup>[8]</sup>。近年来，越来越多的研究表明，感染性结石临床病原菌分离情况与发病机制并不完全吻合，Parkhomenko E<sup>[5]</sup> 研究结果显示，在鸟粪石中分离的病原菌中产脲酶细菌仅占 50%。另外一项有关非感染性结石的研究显示代谢性结石中产脲酶的奇异变形杆菌检出率高达 20.8%<sup>[9]</sup>。虽然感染性结石病原菌发生变化，但感染性结石中包含大量细菌，尿培养及结石培养阳性率明显高于非感染性结石患者。

本研究中，感染性结石组中，女性患者明显高于男性，这与女性患者更易发生尿路感染有关。另外，本研究结果显示，尿培养阳性与高尿液 pH 值均是感染性结石独立预测因素，这与上述观点相一致。但是，我们的研究结果显示，感染性结石组中位 PH 值为 6.5，并不高于 6.8。苏晓伟等<sup>[10]</sup> 研究也显示，感染性结石组尿 PH 均值为 6.39，我们认为这主要有以下原因：（1）上尿路感染性结石多数为单侧，混合另外一侧尿路的尿液使尿液 pH 值下降。（2）结石患者通常饮水量增加，尿量的增加也可能使 pH 下降。（3）Nickel<sup>[11]</sup> 等研究表明感染性结石的三维结构是由大量的细菌生长在

细菌自身产生的基质中形成的，该基质是由细菌分泌的保护性胞外多糖组成，这是生物膜形成过程的一部分。细菌生物膜可将大量细菌包裹在结石内部，使细菌无法充分与尿液作用分解尿素。因此，我们认为当上尿路结石患者尿液检测的 pH 值在 6.5 以上时就要警惕感染性结石。

本组研究发现，年龄、代谢综合征及血尿酸与感染性结石呈负相关。Talati<sup>[12]</sup> 研究显示，一水草酸钙随着年龄的的增长而增加，尿酸结石在老年人中更常见，而感染性结石更常见于年轻患者。这与老年人肾功能下降、饮食依赖性亚临床代谢性酸中毒导致低柠檬酸尿症有关。目前已有较大样本研究表明代谢综合征与肾结石的发生密切相关，West<sup>[13]</sup> 研究显示代谢综合征患者患肾结石的风险是非代谢综合征的 2 倍，Qiu<sup>[14]</sup> 的研究显示代谢综合征是泌尿系结石发生的独立危险因素。Okamoto<sup>[15]</sup> 等在代谢综合征模型大鼠中发现更多的肾脏草酸钙晶体沉积。由此可见，代谢综合征患者更易患代谢性肾结石，患感染性结石风险降低。

国内一项研究显示，应用术前 CT 值 HuMax、HuMean 均可单独作为鉴别感染性结石的指标<sup>[16]</sup>。另外一项研究显示 CT 值 940HU 是单纯感染性结石的预警值，小于 940HU 的结石要考虑单纯感染性结石的可能<sup>[17]</sup>。但需要注意的是，以上研究均以单纯感染性结石作为研究对象，本研究以感染性结石成分 >50% 定义为感染性结石，如果将感染性结石的阈值升高或降低，所得结果可能会有差异。此外，本研究非感染性结石 148 例患者中，尿酸结石（无水尿酸或二水尿酸）患者 16 例，其平均 CT 值为 575.4Hu，明显低于感染性结石中位数水平，如果非感染性结石组中尿酸结石患者所占比例升高，其平均或中位 CT 值将下降。故我们认为单独应用 CT 值作为感染性结石的诊断存在一定局限性，需结合其他因素进行综合分析。

综上所述，感染性结石生长速度快，术后易发生感染性并发症，临床应重视术前早期识别及干预。本研究结果可以指导临床对感染性结石早诊早治，以达到降低术后感染、控制结石生长和预防结石复发的目的。临床上对各临床因素应综合考虑分析，避免单一因素的局限性。

#### [参考文献]

[1] Skolarikos A, Straub M, Knoll T, et al. Metabolic evaluation and recurrence prevention for urinary stone patients: EAU guidelines[J]. Eur Urol, 2015, 67(4): 750–763.

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

[3] Thomas B, Tolley D. Concurrent urinary tract infection and stone disease: pathogenesis, diagnosis and

management[J]. *Nat Clin Pract Urol*, 2008, 5(12): 668–675.

[4] 乔庐东, 陈雪花, 吴文起, 等. 《上尿路感染性结石诊断与治疗中国专家共识(2024版)》解读[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2025, 40(2): 101–104.

[5] Parkhomenko E, De Fazio A, Tran T, et al. A Multi-Institutional Study of Struvite Stones: Patterns of Infection and Colonization[J]. *J Endourol*, 2017, 31(5): 533–537.

[6] Skolarikos A, Jung H, Neisius A, et al. EAU guidelines on urolithiasis[OL]. Arnhem: European Association of Urology, 2024.

[7] Flannigan R, Choy WH, Chew B, et al. Renal struvite stones—pathogenesis, microbiology, and management strategies[J]. *Nat Rev Urol*, 2014, 11(6): 333–341.

[8] 郭宗保, 刘洪新, 殷金成, 等. 上尿路感染性结石与临床危险因素的相关性研究[J]. *哈尔滨医科大学学报*, 2024, 58(5): 488–492.

[9] Cógáin DRM, Lieske CJ, Vrtiska JT, et al. Secondarily Infected Nonstruvite Urolithiasis: A Prospective Evaluation[J]. *Urology*, 2014, 84(6): 1295–1300.

[10] 苏晓伟, 王大明, 丁德茂, 等. 感染性结石的相关临床易感因素研究[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2021, 36(4): 284–287.

[11] Nickel JC, Emtage J, Costerton JW. Ultrastructural microbial ecology of infection-induced urinary stones[J].

*J Urol*, 1985, 133(4): 622–627.

[12] Talati VM, Soares RM, Khambati A, et al. Trends in urinary calculi composition from 2005 to 2015: a single tertiary center study[J]. *Urolithiasis*, 2020, 48: 305–311.

[13] West B, Luke A, Durazo-Arvizu RA, et al. Metabolic Syndrome and Self-Reported History of Kidney Stones: The National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) 1988–1994[J]. *Am J Kidney Dis*, 2007, 51(5): 741–747.

[14] Feng Q, Xu Y, Jiang X, et al. Incidence and correlation of metabolic syndrome and kidney stones in a healthy screening population[J]. *Transl Androl Urol*, 2021, 10(9): 3646–3655.

[15] Oda M, Kato Y, Iida A, et al. Calcium oxalate crystal deposition in metabolic syndrome model rat kidneys[J]. *Int J Urol*, 2010, 17(12): 996–1003.

[16] 吴强. 术前测定 CT 值预测单纯感染性结石的临床研究[D]. 河北医科大学, 2024.

[17] 屠刚亮. CT 值在泌尿系感染性结石临床诊治中的应用[D]. 承德医学院, 2022.

#### 作者简介:

杨枝云 (1990.03–), 男, 汉族, 云南省腾冲市人, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向为泌尿系结石。

#### 基金项目:

德宏州人民医院科学研究基金项目, 课题名称: 基于微生物组学及代谢评估的感染性结石长期防控策略研究, 编号: 2022DY004。