

·临床研究·

肾盂积水密度与输尿管镜碎石术后患者发生严重感染并发症的关系

张凯洪, 李志远, 白松, 费翔*

(中国医科大学附属盛京医院 第三泌尿外科, 辽宁 沈阳 110022)

摘要: **目的** 探讨肾盂积水密度与输尿管镜碎石术 (ureteroscopic lithotripsy, URS) 后患者发生严重感染并发症的风险关系。**方法** 回顾性分析2021年6月至2024年1月在中国医科大学附属盛京医院行URS的292例患者的临床资料, 采用非增强计算机断层扫描 (non-contrast CT, NCCT) 测量肾盂积水密度。严重感染并发症包括全身炎症反应综合征 (systemic inflammatory response syndrome, SIRS)、败血症及感染性休克。采用二元逻辑回归模型评估OR值和95%CI。**结果** URS术后感染组肾盂积水密度、女性例数、体质量指数高于未感染组, 结石密度、积水程度低于未感染组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。在调整混杂变量后, 比较肾盂积水密度最低四分位数患者, 最高四分位数患者的OR (95%CI) 为47.67 (5.55, 99.59)。输尿管结石患者肾盂积水密度与URS后严重感染并发症的风险呈正向线性相关 ($P<0.01$)。肾盂积水密度的受试者工作特征曲线下面积和95%CI为0.869 3 (0.803 3, 0.935 3) ($P<0.01$)。截断值为12.0 HU, 灵敏度为79.62%, 特异度为81.25%。**结论** 在输尿管结石患者中, 肾盂积水密度与URS后发生严重感染的风险呈正相关, 这有助于临床制定输尿管镜碎石围手术期治疗决策。

关键词: 肾盂积水; CT值; 输尿管镜碎石术; 尿路感染

中图分类号: R693.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-7410(2024)03-0012-05

DOI: 10.20020/j.CNKI.1674-7410.2024.03.03

Relationship between the hounsfield units in renal pelvis urine and the risk of severe infection complications in patients undergoing ureteroscopic lithotripsy

Zhang Kaiqi, Li zhiyuan, Bai Song, Fei Xiang

The Third Department of Urology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang, Liaoning 110022, China

Corresponding author: Fei Xiang, E-mail: feix0122@163.com

Abstract: Objective To explore the relationship between the hounsfield units in renal pelvis urine and the risk of severe infection complications in patients undergoing ureteroscopic lithotripsy (URS). **Methods** Retrospective analysis of clinical data of 292 patients who underwent URS in Shengjing Hospital affiliated with China Medical University from June 2021 to January 2024. The hounsfield unit of urine in the renal pelvis was quantified using non-enhanced computed tomography. The severe infectious complications were systemic inflammatory response syndrome, sepsis, and septic shock. Binary logistic regression models were used to evaluate the OR and 95%CI. **Results** The density of hydronephrosis, number of females, and body mass index in patients with severe infection complications after URS were higher than those without severe infection, while the density of stones and degree of hydronephrosis were lower than those without severe infection, with statistical significance ($P<0.05$). After controlling for confounding variables, patients in the lowest quartile of renal pelvis urine density had an OR (95%CI) of 47.67 (5.55, 99.59) compared to those in the extreme quartile. A positive linear relationship was found between the hounsfield unit value of renal pelvis urine and the likelihood of severe infection complications during

ureteroscopy ($P<0.01$)。The area under the receiver operating characteristic curve of renal pelvis urine density was 0.869 3 with a 95%CI of 0.803 3 to 0.935 3 ($P<0.01$)。The threshold value was 12.0 HU with a sensitivity of 79.62% and a specificity of 81.25%。 **Conclusions** This retrospective study established a direct correlation between the hounsfield units in renal pelvis urine and the likelihood of severe infection complication in patients with ureteral stones and asymptomatic hydronephrosis following ureteroscopy. These findings could aid in the decision-making process for ureteroscopy treatment.

Keywords: Hydronephrosis; CT value; Ureteroscopic lithotripsy; Urinary tract infection

有研究结果显示, 2007–2018年美国人口泌尿系结石的流行率女性约为10%, 男性约为12%^[1]。有多种手术方式可用于治疗该疾病, 输尿管镜碎石术(ureteroscopic lithotripsy, URS)由于其高成功率而成为输尿管结石最常见的治疗方法之一^[2]。然而, 尿源性脓毒血症是输尿管镜治疗泌尿系结石疾病的严重潜在并发症, 其可导致住院时间延长、计划外入住重症监护室、死亡, 但这种并发症风险因素尚未得到充分的研究和探索^[3–4]。最近一项涉及5 597例接受输尿管镜治疗结石疾病的患者研究发现, 术后尿源性脓毒血症发生率为5.0%, 其危险因素包括术前植入支架、术前尿培养阳性、缺血性心脏病、年龄较大、手术时间较长及糖尿病等^[3]。常规采用非增强计算机断层扫描(non-contrast CT, NCCT)评估肾积水状况和尿路结石参数(位置、密度及直径)。若患者为急性感染性肾积水, 影像学征象包括肾盂壁增厚、肾实质或肾周区域炎症改变及泌尿集合系统中存在气液或液液平面^[5]。然而, 在临床中也经常观察到无特异性CT征象的无症状肾积水患者术后出现感染并发症情况^[6–7]。由于在感染性肾积水早期, 没有出现NCCT能够检测到的异常结果, 这些患者有可能接受不适当的治疗, 并随后出现严重感染并发症。既往有研究曾报道肾盂积水密度与肾积脓间的正相关性^[8–11]。但在伴有无症状性肾积水输尿管结石患者中, 肾盂积水密度与URS后严重感染并发症的发生风险从未被探索过。基于此, 本研究探讨肾盂积水密度与行URS后患者发生严重感染并发症的风险关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2021年6月至2024年1月在中国医科大学附属盛京医院行URS的292例患者的临床资料, 纳入流程图见图1。纳入标准: ①输尿管结石(包括肾盂输尿管交界处结石), 直径6~20 mm; ②年龄>18岁; ③伴有无症状性肾积水(定义为G1~G4肾积水, 术前体温、白细胞计数正常, 血、尿培养

阴性); ④已签署知情同意书。排除标准: ①脓肾, 在内镜手术中观察到泌尿系统内脓尿(脓性碎片与沉淀物)确诊; ②肾周脓肿或腹膜后脓肿; ③多发性或双侧输尿管结石, 结石远端解剖性梗阻或泌尿系畸形, URS前经皮肾造口或置入双J支架; ④移植肾、孤立肾、肾功能不全。本研究经本院医学伦理委员会审核批准(2020PS520K)。

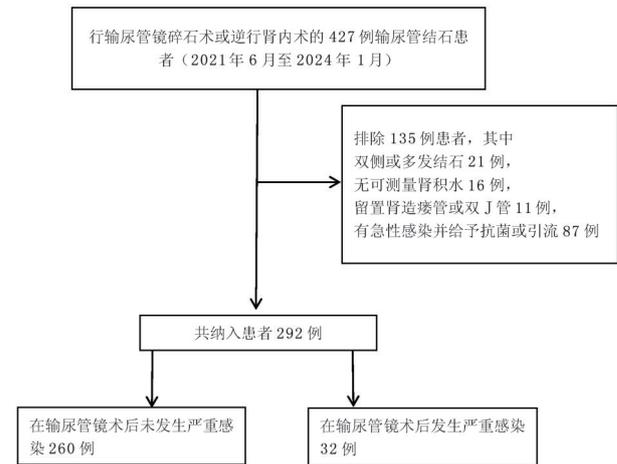


图1 病例纳入流程图

1.2 手术方法 本研究所有手术均在全身麻醉或脊髓麻醉下进行。经输尿管镜碎石术采用8/9.8Fr硬性输尿管镜检查后, 使用气压弹道或超声碎石。逆行肾内手术采用8/9.8Fr硬质输尿管镜探查后, 通过导丝引入12/14Fr或11/13Fr亲水涂层输尿管通路鞘, 然后插入7.5Fr一次性软输尿管镜。使用YAG钬激光器(Trimeddyne, Inc. 60 W)进行碎石, 该激光器配有200 μm激光光纤。使用压力控制组合冲洗和(或)抽吸泵进行灌注, 压力水平范围为100~200 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)。对于复杂患者, 术后通常放置双J支架。所有患者术前1 h均静脉注射抗生素, 持续24 h, 之后改为口服抗生素3~5 d。手术2周后取出双J支架。

1.3 基线特征及随访 近端输尿管结石位于肾盂输尿管交界处与骶髂关节上缘间。输尿管中段和远端结石定义为骶髂关节上缘与膀胱输尿管口间的结石^[12]。

结石大小为通过NCCT测量的结石最大直径。使用CT扫描评估肾积水程度,并将其分为1~4级。肾脏仅有肾盂扩张为1级,伴有轻度肾盏扩张为2级,肾盏重度扩张为3级,肾盏扩张伴肾实质萎缩为4级^[13]。平均结石密度通过NCCT的平均Hounsfield单位(HU)测量最大结石横截面积,但不包括邻近的软组织^[14]。肾盂积水密度为创建1个椭圆形区域,几乎所有积水均位于患肾肾盂内(不包括邻近的肾实质或结石),定量测量平均HU。严重感染并发症包括全身炎症反应综合征(systemic inflammatory response syndrome, SIRS)、败血症、感染性休克,这些并发症发生在输尿管镜碎石治疗后的住院期间。SIRS包括以下4个标准中的至少2个:①体温 $>38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $<36\text{ }^{\circ}\text{C}$;②心率 $>90\text{ 次/min}$;③呼吸频率 $>20\text{ 次呼吸/min}$ 或二氧化碳分压 $<32\text{ mmHg}$ ($<4.3\text{ kPa}$);④白细胞计数 $>12\text{ 000 个细胞/mm}^3$ 或 $<4\text{ 000 个细胞/mm}^3$ 或 $>10\%$ 未成熟白细胞^[15]。脓毒症表现为序贯(脓毒症相关)器官衰竭评估评分增加2分或更多^[16]。感染性休克定义为在不存在低血容量的情况下,需血管加压药来维持平均动脉压 65 mmHg 或更高及血清乳酸水平 $>2\text{ mmol/L}$ ($>18\text{ mg/dl}$)^[17]。

1.4 统计学处理 采用SPSS 26.0软件对数据进行统计分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验,多组间比较采用单因素方差分析;不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,两组间比较采用Mann-Whitney U 检验,多组间比较采用Kruskal-Wallis H 检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用多元线性回归方法分析肾盂积水密度与URS后严重感染状态的相关性,计算OR值及相应的95%CI。通过受试者工作特征曲线分析计算截止值和曲线下面积。原始模型为没有任何调整的粗模型;模型1调整了年龄、性别及体质量指数;模型2在模型1的基础上另外调整了结石密度及肾积水等级。采用每个四分位数肾盂积水密度中平均HU值的中位数作为连续变量来计算趋势 P 值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本特征及单因素分析 有292例输尿管结石伴无症状性肾积水患者纳入本研究。行URS后感染组肾盂积水密度、女性例数、体质量指数高于未感染组,结石密度、积水程度低于未感染组,差异有统计学意义($P<0.05$)。两组年龄、合并症、既往结石治疗史、手术方式、手术时间、结石侧别、位置、

直径比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

2.2 肾盂积水密度与URS后严重感染的多因素分析及受试者工作特征曲线 输尿管结石患者肾盂积水密度与URS后发生严重感染并发症风险间的关系见表2。在调整混杂变量(年龄、性别、体质量指数、结石密度及肾积水分级)后,比较肾盂积水密度最低四分位数患者,最高四分位数患者的OR(95%CI)为47.67(5.55, 99.59)。输尿管结石患者肾盂积水密度与URS后严重感染并发症的风险呈正向线性相关($P<0.01$)。肾盂积水密度的受试者工作特征曲线下面积和95%CI为0.869 3(0.803 3, 0.935 3)($P<0.01$)。截断值为12.0 HU,灵敏度为79.62%,特异度为81.25%。见图2。

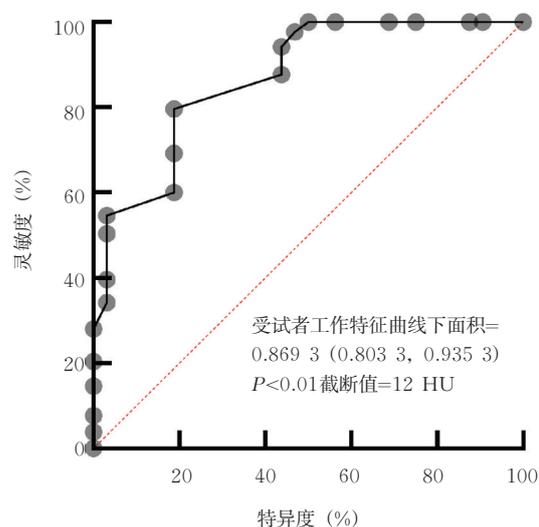


图2 肾盂积水密度与输尿管镜术后严重感染的受试者工作特征曲线

3 讨论

肾积脓患者通常会表现出急性感染体征和症状,包括疼痛、发烧及血液或尿液检查结果异常。值得注意的是,高达15%的患者可能不会出现任何急性感染特征。这些患者在碎石治疗后极易发生SIRS、脓毒症和脓毒症相关死亡。因此,需及时识别和治疗无症状肾积脓,以预防这些严重感染并发症。基于本次回顾性队列研究,本课题组发现在输尿管结石合并无症状性肾积水患者中,肾盂积水密度与行URS后发生严重感染并发症的风险间呈正相关。与此相一致,一项回顾性研究纳入了122例由于肾积水而接受紧急引流治疗的患者,发现脓毒症组患者的肾盂积水HU值显著高于非脓毒症组,且为独立危险因素^[11]。此前的多项研究也表明肾盂积水的HU值可用于预测肾积水患者细菌培养的阳性结果^[8-10]。另外

表1 基本特征及单因素分析

项目	未感染组(n=260)	感染组(n=32)	t/ χ^2 值	P值
肾盂积水密度(HU, $\bar{x} \pm s$)	7.60±4.10	15.30±5.20	-8.111	<0.01
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	47.00±14.00	51.00±20.00	-1.192	0.24
男[例(%)]	176(67.69)	16(50.00)	3.961	0.04
体质量指数(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	23.70±5.40	27.20±5.60	-3.468	0.01
合并症[例(%)]				
高血压	52(20.00)	2(6.25)	3.574	0.06
糖尿病	43(16.54)	4(12.50)	0.344	0.06
冠心病	16(6.15)	0(0)	2.083	0.15
既往结石治疗史[例(%)]			0.904	0.34
无	227(87.31)	26(81.25)		
SWL/URS/RIRS/PCNL	33(12.69)	6(18.75)		
手术方式[例(%)]			1.333	0.25
RIRS	173(66.54)	18(56.25)		
URS	87(33.46)	14(43.75)		
手术时间(min, $\bar{x} \pm s$)	60.00±10.00	60.00±10.00	0.254	0.80
结石密度(HU, $\bar{x} \pm s$)	761.00±220.00	518.00±221.00	5.925	<0.01
结石侧别(左侧)[例(%)]	148(56.92)	17(53.13)	0.167	0.68
结石位置[例(%)]			1.385	0.24
上段	181(69.62)	19(59.38)		
中下段	79(30.38)	13(40.63)		
结石直径(mm, $\bar{x} \pm s$)	11.00±2.00	11.00±3.00	-0.486	0.63
积水程度[例(%)]			6.739	0.01
G1或G2	219(84.23)	21(65.63)		
G3或G4	41(15.77)	1(3.38)		

注: SWL为体外冲击波碎石; URS为输尿管镜手术; RIRS为逆行肾内手术; PCNL为经皮肾镜碎石术; G1为仅有肾盂扩张; G2为伴有轻度肾盂扩张; G3为肾盂重度扩张; G4为肾盂扩张伴肾实质萎缩。

表2 肾盂积水密度与输尿管镜术后严重感染的多因素分析

肾盂积水密度	四分位(n=292)				P值 ^a
	Q1	Q2	Q3	Q4	
HU范围	≤5	6,9	10,12	≥13	
四分位总例数	73	83	72	32	
发生严重感染例数	1	5	8	18	
粗糙模型		4.40(0.50,8.51)	8.11(0.99,16.52)	41.06(5.25,20.89)	<0.01
调整模型1 ^b		4.23(0.48,7.74)	7.94(0.95,16.63)	42.53(5.25,34.61)	<0.01
调整模型2 ^c		3.57(0.38,3.32)	6.51(0.74,17.18)	47.67(5.55,99.59)	<0.01

注: HU为亨斯菲尔德单位; a为基于无条件逻辑回归模型, 通过将四分位数编码为连续变量来验证线性趋势; b为调整年龄、性别及体质量指数; c为基于调整模型1进一步调整结石密度及积水程度。

一项回顾性研究纳入了322例上尿路结石且伴有肾积水患者, 发现肾积水组患者的HU高于肾盂积水组患者。经多因素分析发现, 肾盂积水的CT值为URS或经皮肾镜碎石术干预后肾盂积水的独立危险因素^[8]。这些证据均支持NCCT在测量肾盂积水密度方面的临床价值, 使医师能够更早做出判断, 可给予患者适当的干预措施。无症状性肾积水肾盂HU值较高的可能原因主要由于扩张梗阻的集合系统感染

导致液体密度增加, 其中包括感染物质、细胞碎片和微生物^[10]。这也可以解释为何肾盂尿培养阳性与高HU值相关^[8,10]。

本研究存在局限性。该回顾性观察研究不能得出因果关系。尽管本课题组调整许多混杂因素并进行大量亚组分析, 但残留和未测量的混杂偏差也可能受到影响。肾盂积水密度的测量一致性较差。此外, NCCT测量是一种简单且具有成本效益的检查手

段,在术前检查中可轻易获得,其截断值也具有指导临床的实际意义。但该研究的结果仍然需要多中心前瞻性研究予以证实。

综上所述,在输尿管结石患者中,肾盂积水密度与URS后发生严重感染的风险呈正相关,在手术干预前,这些高危患者可能需广谱抗生素联合早期引流,这有助于临床制定输尿管镜碎石围手术期治疗决策。

参考文献:

- [1] ABUFARAJ M, XU T, CAO C, et al. Prevalence and trends in kidney stone among adults in the USA: analyses of national health and nutrition examination survey 2007–2018 data [J]. *Eur Urol Focus*, 2021, 7(6): 1468–1475.
- [2] HUMPHREYS MR, SHAH OD, MONGA M, et al. Dusting versus basketing during ureteroscopy- which technique is more efficacious? A prospective multicenter trial from the EDGE research consortium [J]. *J Urol*, 2018, 199(5): 1272–1276.
- [3] BHOJANI N, MILLER LE, BHATTACHARYYA S, et al. Risk factors for urosepsis after ureteroscopy for stone disease: asystematic review with meta-analysis [J]. *J Endourol*, 2021, 35(7): 991–1000.
- [4] CINDOLO L, CASTELLAN P, SCOFFONE CM, et al. Mortality and flexible ureteroscopy: analysis of six cases [J]. *World J Urol*, 2016, 34(3): 305–310.
- [5] TAMBURRINI S, LUGARA M, IANNUZZI M, et al. Pyonephrosis ultrasound and computed tomography features: a pictorial review [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(2): 331.
- [6] FLORES-MIRELES AL, WALKER JN, CAPARON M, et al. Urinary tract infections: epidemiology, mechanisms of infection and treatment options [J]. *Nat Rev Microbiol*, 2015, 13(5): 269–284.
- [7] WAGENLEHNER FME, PILATZ A, WEIDNER W, et al. Urosepsis: overview of the diagnostic and treatment challenges [J]. *Microbiol Spectr*, 2015, 3(5).
- [8] ERDOGAN A, SAMBEL M, CAGLAYAN V, et al. Importance of the hounsfield unit value measured by computed tomography in the differentiation of hydronephrosis and pyonephrosis [J]. *Cureus*, 2020, 12(11): e11675.
- [9] WANG X, TANG K, XIA D, et al. A novel comprehensive predictive model for obstructive pyonephrosis patients with upper urinary tract stones [J]. *Int J Clin Exp Pathol*, 2020, 13(11): 2758–2766.
- [10] YURUK E, TUKEN M, SULEJMAN S, et al. Computerized tomography attenuation values can be used to differentiate hydronephrosis from pyonephrosis [J]. *World J Urol*, 2017, 35(3): 437–442.
- [11] BOERI L, FULGHERI I, PALMISANO F, et al. Hounsfield unit attenuation value can differentiate pyonephrosis from hydronephrosis and predict septic complications in patients with obstructive uropathy [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 18546.
- [12] GONG Z, LI Y, ZHANG H, et al. Prospective comparison of extracorporeal shock wave lithotripsy and ureteroscopy in distal ureteral stones [J]. *Urolithiasis*, 2023, 51(1): 86.
- [13] YIN X, LI J, PAN C, et al. Development and validation of a predictive model for stone-free failure after extracorporeal shockwave lithotripsy in patients with ureteral stone in a large prospective cohort [J]. *World J Urol*, 2023, 41(5): 1431–1436.
- [14] SUGINO Y, KATO T, FURUYA S, et al. The usefulness of the maximum hounsfield units (HU) in predicting the shockwave lithotripsy outcome for ureteral stones and the proposal of novel indicators using the maximum HU [J]. *Urolithiasis*, 2020, 48(1): 85–91.
- [15] LEVY MM, FINK MP, MARSHALL JC, et al. 2001 SCCM/ESICM/ACCP/ATS/SIS international sepsis definitions conference [J]. *Crit Care Med*, 2003, 31(4): 1250–1256.
- [16] VINCENT JL, MORENO R, TAKALA J, et al. The SOFA (sepsis-related organ failure assessment) score to describe organ dysfunction/failure. On behalf of the working group on sepsis-related problems of the European society of intensive care medicine [J]. *Intensive Care Med*, 1996, 22(7): 707–710.
- [17] SINGER M, DEUTSCHMAN CS, SEYMOUR CW, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3) [J]. *JAMA*, 2016., 315(8): 801–810.
- [18] WANG X, TANG K, XIA D, et al. A novel comprehensive predictive model for obstructive pyonephrosis patients with upper urinary tract stones [J]. *Int J Clin Exp Pathol*, 2020, 13(11): 2758–2766.