

◆ 生殖泌尿影像学

Ureter jet parameters measured with ultrasound for assessing effectiveness of conservative treatment of single ureteral calculus

DI Min¹, SONG Xinhao¹, SHANG Lina¹, QIN Junchang^{1,2}, HUA Shaohua^{1*}

(1. Department of Ultrasound, 2. Department of Cardiology, First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

[Abstract] **Objective** To observe the value of ureter jet parameters measured with ultrasound for assessing effectiveness of conservative treatment of single ureteral calculus. **Methods** Totally 129 patients with single ureteral calculus who would undergo conservative treatment were prospectively enrolled. Taken no ipsilateral ureteral calculus showed on CT nor abdominal plain film during 1 month's follow-up after treatment as the standards of successful treatment and the otherwise as failure. Ultrasonic data, including the maximum diameter, side and location of ureteral calculi, the anteroposterior diameter of renal pelvis and ureter jet parameters, i. e. the frequency, peak velocity and duration were compared between patients with different outcomes. Multivariate logistic regression analysis was performed to screen the independent impact factors of clinical outcomes. Then receiver operating characteristic (ROC) curves were drawn, and the area under the curve (AUC) was calculated to evaluate the efficacy of the above parameters. **Results** Conservative treatment was successful in 87 cases (successful group) but failed in 42 cases (failure group). Multivariate analysis showed that the maximum diameter of calculus, as well as the frequency, peak velocity and duration of ureter jet were all independent impact factors of success of conservative treatment for single ureteral calculus (all $P < 0.05$). ROC curve demonstrated that the frequency of ureter jet had the best efficacy, with AUC of 0.858. Taken 1.45 times/min as the optimal cut-off value, the sensitivity, specificity, positive predictive value, accuracy and F1 score of the frequency of ureter jet for assessing effectiveness of conservative treatment of single ureteral calculus was 78.57%, 83.91%, 70.21%, 82.17% and 0.742, respectively. **Conclusion** Ureter jet parameters measured with ultrasound was helpful for assessing effectiveness of conservative treatment of single ureteral calculus.

[Keywords] ureteral calculi; conservative treatment; ultrasonography; prospective studies

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2024.03.020

超声测量输尿管喷尿参数用于评估保守治疗 输尿管单发结石效果

狄敏¹, 宋新浩¹, 商丽娜¹, 秦俊昌^{1,2}, 滑少华^{1*}

(1. 郑州大学第一附属医院超声医学科, 2. 心血管内科, 河南 郑州 450052)

[摘要] **目的** 观察超声测量输尿管喷尿参数用于评估保守治疗单发输尿管结石的效果。 **方法** 前瞻性纳入 129 例接受保守治疗的单发输尿管结石患者, 以治疗后随访 1 个月内 CT 或腹部平片未见同侧输尿管结石为成功, 否则为失败; 比较不同结局患者超声资料, 包括结石最大径、侧别、位置、肾盂前后径及输尿管喷尿参数(频率、峰值流速及持续时间); 采用多因素 logistic 回归分析筛选临床结局的独立影响因素; 以受试者工作特征(ROC)曲线及曲线下面积(AUC)分析各

[第一作者] 狄敏(1985—), 女, 河南许昌人, 硕士, 主治医师。研究方向: 腹部及小儿颅脑超声诊断。E-mail: dimin2012@163.com

[通信作者] 滑少华, 郑州大学第一附属医院超声医学科, 450052。E-mail: hsh1852@126.com

[收稿日期] 2023-09-13 **[修回日期]** 2023-12-04

参数的评估效能。**结果** 保守治疗 87 例成功(成功组)、42 例失败(失败组)。多因素分析结果显示,结石最大径、输尿管喷尿频率、输尿管喷尿峰值流速及输尿管喷尿持续时间均为保守治疗单发输尿管结石成功的独立影响因素(P 均 <0.05)。ROC 曲线显示,输尿管喷尿频率评估效能最高,其 AUC 为 0.858;以 1.45 次/分为最佳截断值,输尿管喷尿频率评估保守治疗输尿管单发结石临床结局的敏感度、特异度、阳性预测值、准确率及 F1 值分别为 78.57%、83.91%、70.21%、82.17%及 0.742。**结论** 超声测量输尿管喷尿参数有助于评估保守治疗输尿管单发结石效果。

【关键词】 输尿管结石;保守疗法;超声检查;前瞻性研究

【中图分类号】 R693.4; R445.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-3289(2024)03-0416-04

输尿管结石为临床常见泌尿外科急症,好发于中老年,终身患病率约 10%~15%。以 α 受体阻滞剂为代表的保守治疗可使多数患者自行排出输尿管结石,而一旦治疗失败,存在尿路感染、肾功能不全、败血症,甚至诱发心血管急症等风险^[1-3]。明确保守治疗输尿管结石效果的影响因素对于制定个体化治疗方案十分重要。本研究观察超声测量输尿管喷尿参数用于评估保守治疗输尿管单发结石效果的价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 前瞻性纳入 2023 年 3 月—9 月 129

例于郑州大学第一附属医院就诊的输尿管单发结石患者,男 77 例、女 52 例,年龄 17~75 岁、平均 (48.7 ± 12.1) 岁。纳入标准:①CT 诊断输尿管单发结石,且直径 ≤ 10 mm;②接受保守治疗。排除标准:①妊娠;②孤立肾或肾功能不全。本研究经院伦理委员会批准(2023-KY-0335-002)。检查前患者均知情同意。

1.2 仪器与方法 由 2 名具有 5 年以上工作经验的超声医学科主治医师采用 GE LOGIQ E9 彩色多普勒超声仪、频率 1.0~6.0 MHz 的 C1-6 探头,或 Philips EPIQ 7C 彩色多普勒超声仪、频率 1.0~5.0 MHz 的 C5-1 探头进行扫查。检查前嘱患者饮水 500 ml,于其后 15~30 min 嘱患者仰卧接受检查,评估肾盂输尿管扩张程度,并于输尿管膀胱开口处采集频谱,采集时间 5 min;计算输尿管喷尿频率、峰值流速及持续时间。见图 1。

1.3 观察指标 记录患者性别、

年龄、身高、体质量、体质量指数(body mass index, BMI),以及有无肾绞痛、糖尿病史、既往输尿管结石病史;以超声测量输尿管结石最大径、侧别、位置、肾盂前后径及输尿管喷尿参数(频率、峰值流速及持续时间)。记录保守治疗结局,以随访 1 个月 CT 或腹部平片未见同侧输尿管结石为治疗成功、反之为治疗失败。

1.4 统计学分析 采用 R 4.3.1 软件。以 $\bar{x} \pm s$ 表示正态分布计量资料,行独立样本 t 检验。以 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法比较计数资料。将治疗成功与失败病例间差异有统计学意义的变量纳入多因素 logistic 回

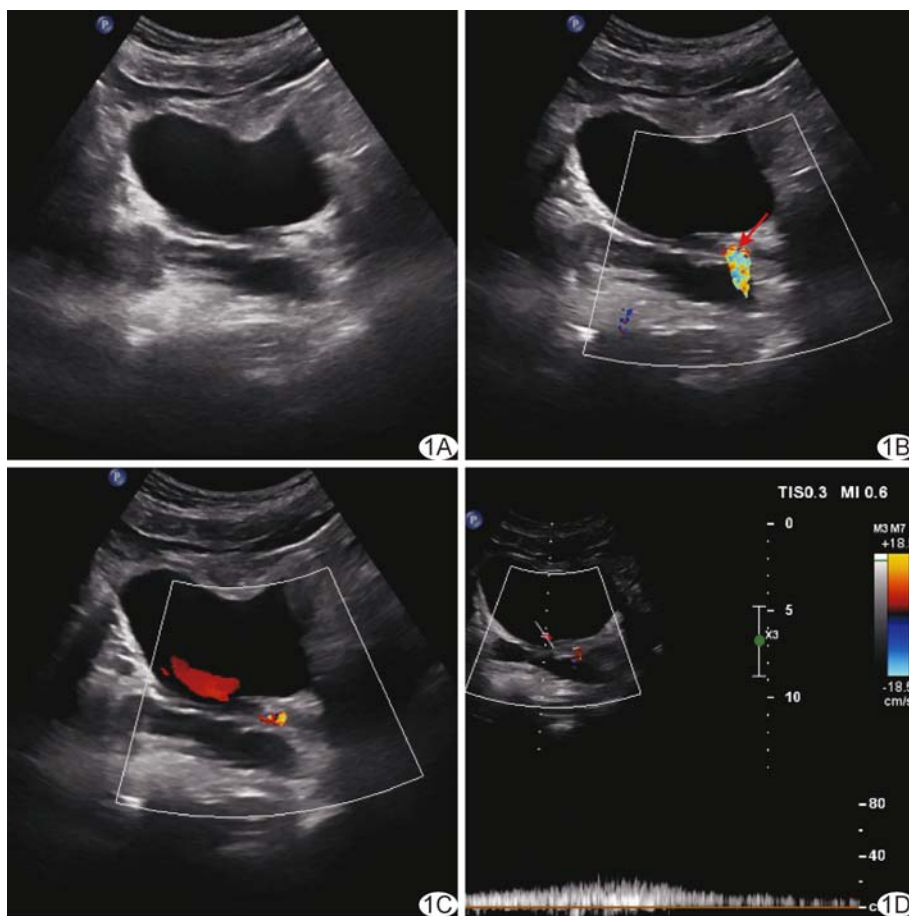


图 1 患者男,53 岁,左侧输尿管下段单发结石,后经保守治疗失败 A、B. 灰阶超声图示左侧输尿管最大径 7.7 mm 单发结石(A),其后方见闪烁伪像(B,箭头处虚线); C. CDFI 示输尿管喷尿征; D. 频谱多普勒超声图示输尿管喷尿频率 1.2 次/分、峰值流速 12.77 cm/s,持续时间 3.62 s

归分析,筛选保守治疗输尿管结石临床结局的独立影响因素。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under the curve, AUC),评估各参数的诊断效能。以组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)行观察者内及观察者间一致性检验,以 $ICC > 0.75$ 为一致性良好。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较 87 例保守治疗成功(成功组)、42 例失败(失败组)。组间既往输尿管结石病史差异有统计学意义($P < 0.05$),性别、年龄、身高、体质量、BMI、有无肾绞痛及糖尿病史差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。见表 1。

2.2 超声资料比较 观察者内及观察者间测量超声参数均一致性良好(ICC 均 > 0.75)。组间结石最大径、输尿管喷尿频率、峰值流速及持续时间差异均有统计学意义(P 均 < 0.05);结石侧别、位置及肾盂前后径差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。见表 2。

2.3 筛选治疗结局的独立影响因素 多因素 logistic 回归分析结果显示,结石最大径、输尿管喷尿频率、峰值流速及持续时间均为保守治疗输尿管单发结石成功与否的独立影响因素(P 均 < 0.05),其 AUC 分别为 0.760、0.858、0.752 及 0.730。以 1.45 次/分为最佳截断值,输尿管喷尿频率评估保守治疗输尿管结石临床结局的敏感度、特异度、阳性预测值、准确率及 F1 值分别为 78.57%、83.91%、70.21%、82.17% 及 0.742。见表 3 及图 2。

表 1 129 例接受保守治疗的输尿管单发结石患者一般资料比较

组别	性别[例(%)]		年龄(岁)	身高(cm)	体质量(kg)
	男	女			
成功组($n=87$)	54(62.07)	33(37.93)	47.6±11.2	164.21±8.37	65.69±7.77
失败组($n=42$)	23(54.76)	19(45.24)	50.8±13.7	162.93±8.42	67.29±7.97
χ^2/t 值	0.362		-1.319	0.811	-1.079
P 值	0.548		0.192	0.420	0.284

组别	BMI(kg/m ²)	肾绞痛[例(%)]	糖尿病史[例(%)]	输尿管结石病史[例(%)]
成功组($n=87$)	24.40±2.65	59(67.82)	7(8.05)	15(17.24)
失败组($n=42$)	25.37±2.63	31(73.81)	5(11.90)	15(35.71)
χ^2/t 值	-1.966	0.240	—	4.430
P 值	0.053	0.624	0.525*	0.034

注:*,采用 Fisher 精确概率法

表 2 129 例接受保守治疗的输尿管单发结石患者超声表现比较

组别	结石最大径(mm)	侧别[例(%)]		结石位置[例(%)]		
		左	右	上段	中段	下段
成功组($n=87$)	4.96±1.32	44(50.57)	43(49.43)	32(36.78)	11(12.64)	44(50.57)
失败组($n=42$)	6.25±1.34	25(59.52)	17(40.48)	22(52.38)	5(11.90)	15(35.71)
χ^2/t 值	-5.203	0.789		3.027		
P 值	<0.001	0.374		0.221		

组别	肾盂前后径(mm)	输尿管喷尿参数		
		频率(次/分)	峰值流速(cm/s)	持续时间(s)
成功组($n=87$)	15.09±5.25	1.76±0.47	16.49±5.82	4.62±1.35
失败组($n=42$)	17.12±7.66	1.10±0.42	11.61±4.47	3.50±1.03
χ^2/t 值	-1.548	7.749	4.784	4.721
P 值	0.127	<0.001	<0.001	<0.001

表 3 logistic 回归分析结果显示输尿管结石保守治疗临床结局的影响因素

参数	β 值	标准误	OR 值	Z 值	P 值	95% CI
既往输尿管结石病史	1.590	0.961	4.902	1.655	0.098	0.746, 32.223
结石最大径	0.878	0.309	2.406	2.842	0.004	1.313, 4.407
输尿管喷尿频率	-5.656	1.418	0.003	-3.990	<0.001	0, 0.056
输尿管喷尿峰值流速	-0.161	0.069	0.852	-2.304	0.021	0.743, 0.976
输尿管喷尿持续时间	-1.685	0.457	0.185	-3.685	<0.001	0.076, 0.454

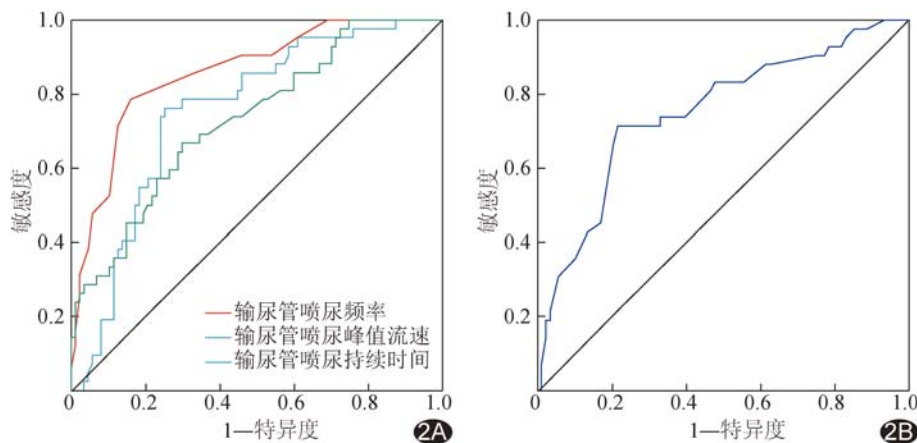


图 2 评估保守治疗输尿管单发结石临床结局效能的 ROC 曲线 A. 输尿管喷尿参数; B. 结石最大径

3 讨论

多项指南^[4-6]提出,结石大小为制定输尿管单发结石治疗方案的重要参考,但现阶段尚无统一标准。目前临床常以结石长径 ≤ 10 mm 且不伴严重梗阻、肾损伤或尿路感染为保守治疗指征^[5,7];而如保守治疗后长时间未能排石,则存一定结石嵌顿、肾功能损伤及脓毒症风险^[8]。准确评估输尿管结石患者经保守治疗后临床结局具有重要临床意义。

CHIOU 等^[9]认为结石体积 >58 mm³、直径 >6 mm 均为输尿管结石无法自行排出的独立危险因素。本研究显示,结石最大径为保守治疗输尿管单发结石效果的独立影响因素($P=0.004$),与既往研究^[9]结果相符。但保守治疗用于较小体积输尿管结石仍存在约 30% 失败率,仅以输尿管结石大小判断保守治疗预后无法满足临床需求,亟待寻找更为可靠的评价指标^[10-11]。

既往研究^[12-13]发现,以输尿管管壁厚度 2.71 mm 预测保守治疗输尿管结石效果的准确率为 0.83。目前对于超声所示输尿管结构及测量输尿管结石体积的精度及稳定性尚有争议^[14],但对其用于实时、连续监测输尿管、通过输尿管喷尿征象观察输尿管蠕动的价值已获普遍认可,且用于评估肾积水及输尿管梗阻获得良好效果^[3,15]。肾结石移行至输尿管使其蠕动减慢,超声表现为输尿管喷尿频率降低、流速减慢、持续时间减少,且结石长期滞留导致周围管壁炎性水肿、增厚,进一步减弱喷尿征象^[15]。根据既往研究^[15],输尿管喷尿征象与输尿管结石嵌顿显著相关。本研究显示,超声所测输尿管喷尿频率、峰值流速及持续时间均为保守治疗输尿管单发结石临床结局的独立影响因素,输尿管喷尿频率 >1.45 次/分、峰值流速 >13.8 cm/s、持续时间 >3.96 s 时保守治疗成功率较高,且输尿管喷尿频率评估效能最佳。

综上所述,超声测量输尿管喷尿参数有助于评估保守治疗输尿管单发结石效果。但本研究为单中心观察,样本量有限,且未纳入青少年群体,有待后续扩大样本量、开展多中心研究进一步分析。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:狄敏研究设计和实施、数据分析、撰写和修改文章;宋新浩、商丽娜研究实施、分析数据;秦俊昌数据分析;滑少华指导、数据分析、审阅和修改文章。

[参考文献]

[1] YALLAPPA S, AMER T, JONES P, et al. Natural history of

conservatively managed ureteral stones: Analysis of 6 600 patients[J]. J Endourol, 2018, 32(5):371-379.

[2] 王敏,张志强,亓开,等.X 线数字断层融合技术诊断输尿管结石[J]. 中国医学影像技术, 2016, 32(11):1727-1730.

[3] HASSAN W, SHARIF I, EL KHALID S, et al. Doppler-assessed ureteric jet frequency: A valuable predictor of ureteric obstruction[J]. Cureus, 2021, 13(9):e18290.

[4] TAGUCHI K, CHO S Y, NG A C, et al. The urological association of Asia clinical guideline for urinary stone disease[J]. Int J Urol, 2019, 26(7):688-709.

[5] ZENG G, ZHU W, ROBERTSON W G, et al. International alliance of urolithiasis (IAU) guidelines on the metabolic evaluation and medical management of urolithiasis [J]. Urolithiasis, 2022, 51(1):4.

[6] QUHAL F, SEITZ C. Guideline of the guidelines: Urolithiasis[J]. Curr Opin Urol, 2021, 31(2):125-129.

[7] ASSIMOS D, KRAMBECK A, MILLER N L, et al. Surgical management of stones: American urological association/endourological society guideline, part I [J]. J Urol, 2016, 196(4):1153-1160.

[8] SILVANI C, BEBI C, de LORENZIS E, et al. Clinical and time-related predictors of sepsis in patients with obstructive uropathy due to ureteral stones in the emergency setting[J]. World J Urol, 2023, 41(9):2511-2517.

[9] CHIOU T, MEAGHER M F, BERGER J H, et al. Software-estimated stone volume is better predictor of spontaneous passage for acute nephrolithiasis[J]. J Endourol, 2023, 37(1):85-92.

[10] GAO C, PETERS M, KURVER P, et al. Nomogram predicting the probability of spontaneous stone passage in patients presenting with acute ureteric colic[J]. BJU Int, 2022, 130(6):823-831.

[11] 李金阳,张雨萌,张超.平扫 CT 深度学习模型预测经保守治疗后排出输尿管结石[J]. 中国医学影像技术, 2023, 39(8):1225-1228.

[12] YOSHIDA T, INOUE T, TAGUCHI M, et al. Ureteral wall thickness as a significant factor in predicting spontaneous passage of ureteral stones of ≤ 10 mm: A preliminary report[J]. World J Urol, 2019, 37(5):913-919.

[13] DEAN N S, MILLAN B, UY M, et al. Ureteral wall thickness is an effective predictor of ureteral stone impaction and management outcomes: A systematic review and meta-analysis[J]. J Urol, 2023, 210(3):430-437.

[14] ZHAN W, YANG G, XU J, et al. Value of contrast-enhanced ultrasound in the differential diagnosis of ureteral tuberculosis from ureteral malignant tumour in women[J]. Epidemiol Infect, 2023, 151:e53.

[15] ELBASET M A, ELKARTA A, ERAKY A, et al. Role of pretreatment doppler ultrasound in the prediction of factors affecting stone-clearance post-shockwave lithotripsy for ureteral stones: A prospective study[J]. Int Urol Nephrol, 2020, 52(9):1643-1649.