

预测 <1 cm 输尿管结石体外冲击波治疗失败的临床因素分析

徐慧新¹ 宋日进¹

[摘要] 目的:分析<1 cm 输尿管结石体外冲击波碎石术(ESWL)治疗失败的预测因素。方法:回顾性分析 2019 年 1 月—2022 年 3 月南京医科大学第一附属医院泌尿外科诊治的经 ESWL 治疗的最大径<1 cm 输尿管单侧结石患者的临床资料。共纳入 148 例患者(男 106 例,女 42 例),成功组 100 例,失败组 48 例。比较 ESWL 治疗失败和成功患者的临床及影像学资料。临床资料包括性别、年龄、体重指数(BMI)、结石患侧、结石位置。影像学资料包括结石大小、结石密度(MSD)、结石处输尿管壁最大厚度(UWT)、积水程度(HG)、结石上方输尿管内径(PUD)及结石皮肤距离(SSD)。其中结石大小包括结石最大上下径(MCD)、横径最大值(MATD)、横径最小值(MITD)及结石体积(SV)。采用单因素及多因素回归分析筛选预测<1 cm 输尿管结石 ESWL 治疗失败的独立预测因子。绘制受试者工作特征(ROC)曲线并分析独立预测因子的预测能力。**结果:**单因素分析结果显示结石大小(包括 MCD、MATD、MITD 和 SV)、MSD、UWT、HG 差异有统计学意义($P < 0.05$)。多因素分析结果显示仅 UWT 为 ESWL 治疗<1 cm 的输尿管结石失败的独立影响因素[OR = 5.608(2.836~11.092), $P < 0.001$]。ROC 曲线下面积(AUC)为 0.785(95%CI: 0.698~0.872, $P < 0.001$),以 UWT 界值为 2.65 mm 预测<1 cm 输尿管结石 ESWL 治疗失败,其敏感度为 68%,特异度为 84%。**结论:**结石处 UWT 对<1 cm 的输尿管结石 ESWL 治疗效果具有较好的预测价值,并为小负荷输尿管结石治疗方案的选择提供帮助。

[关键词] 体外冲击波碎石术;输尿管结石;输尿管壁厚度

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2023.01.007

[中图分类号] R693.4 [文献标志码] A

Factors that predict failure in the treatment of ureteral stones less than 1 cm with extracorporeal shock wave lithotripsy

XU Huixin SONG Rijin

(Department of Urology, First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing, 210029, China)

Corresponding author: SONG Rijin, E-mail: songrijin@163.com

Abstract Objective: To analyze the factors predicting treatment failure of ureteral stones less than 1 cm with extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL). **Methods:** We retrospectively evaluated the clinical and radiographic data of patients with solitary ureteral stone less than 1 cm who underwent ESWL from January 2019 to March 2022. A total of 148 patients were included (106 males and 42 females) and divided into two groups as success group ($n=100$) and failure group ($n=48$) according to the treatment outcomes. Clinical and radiographic data were compared between the two groups. Clinical data included sex, age, body mass index (BMI), stone laterality and location. Radiographic data included stone size, mean stone density (MSD), ureteral wall thickness (UWT), hydronephrosis grade (HG), proximal ureter diameter (PUD) and skin-to-stone distance (SSD). Stone size included maximal craniocaudal diameter (MCD), maximal transverse diameter (MATD), minimal transverse diameter (MITD) and stone volume (SV). Univariate and multivariate analyses were used to identify the independent prognostic factors of ESWL failure for ureteral stones less than 1 cm. The receiver operating characteristic curve (ROC) was used to analyze the performance of independent prognostic factors. **Results:** Univariate analysis showed significant difference in stone size (including MCD, MATD, MITD and SV), MSD, UWT and HG between success and failure group. Multivariate analysis showed that only UWT was an independent predictor of ESWL failure for ureteral stones less than 1 cm (OR = 5.608[2.836–11.092], $P < 0.001$). Area under the ROC curve was 0.785 (95%CI: 0.698–0.872, $P < 0.001$), and the optimal cut-off value of UWT was 2.65 mm, with sensitivity of 68% and specificity of 84%. **Conclusion:** UWT can serve as a preoperative factor to predict ESWL failure for ureteral stones less than 1 cm and may help urologists to optimize the management of ureteral

¹南京医科大学第一附属医院泌尿外科(南京,210029)

通信作者:宋日进,E-mail:songrijin@163.com

stones with small size.

Key words extracorporeal shock wave lithotripsy; ureteral stones; ureteral wall thickness

输尿管结石是泌尿系统最常见的疾病之一^[1]。欧洲泌尿外科学会指南把体外冲击波碎石术(extracorporeal shock wave lithotripsy, ESWL)和输尿管镜取石术(ureteroscopy, URS)均作为<1 cm的输尿管结石的推荐治疗方案^[2]。然而随着 URS 的高速发展,即使具有非侵入性、并发症低及费用低的优点,使用 ESWL 治疗尿路结石的数量仍在下降^[3]。既往文献对比 ESWL 及 URS 输尿管结石治疗效果发现 ESWL 的结石排净率低于 URS,尤其是较小的结石(<1 cm)^[4]。本研究回顾性分析 2019—2022 年南京医科大学第一附属医院收治的最大径<1 cm 输尿管结石患者的临床资料及影像学特征,探讨导致 ESWL 治疗失败的相关因素,为筛选适合 ESWL 治疗的患者提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析 2019 年 1 月—2022 年 3 月我院泌尿外科收治且经 ESWL 治疗的输尿管结石患者的临床及影像学资料。纳入标准:①有完整的临床、影像学及随访资料;②输尿管单发结石;③CT 显示结石的最大径<1 cm。排除标准:①输尿管内多发结石;②结石的最大径<6 mm;③既往有输尿管手术史(如内镜碎石、开放手术等);④双 J 管置入;⑤IVU 显示肾功能不良、输尿管管腔狭窄或梗阻;⑥临床或随访数据缺失。

1.2 观察指标

收集包括性别、年龄、体重指数(BMI)、结石患侧及结石位置。影像学资料的收集于重建厚度为 1.25 mm 的 CT 图像进行,包括结石大小、结石密度(mean stone density, MSD)、结石处输尿管壁最大厚度(ureteral wall thickness, UWT)、积水程度(hydronephrosis grade, HG)、结石上段输尿管内径(proximal ureter diameter, PUD)及结石皮肤距离(skin-to-stone distance, SSD)。结石大小包括于输尿管走行方向冠状重建后测得的结石最大上下径(maximal craniocaudal diameter, MCD)、垂直于结石长轴的轴位上测得结石横径最大值(maximal transverse diameter, MATD)及横径最小值(minimal transverse diameter, MITD)。MSD 取结石最大层面沿其边界内 1~2 mm 进行测量。UWT 于轴位图像上测量结石所在处的输尿管壁最厚处。PUD 取结石梗阻部位以上输尿管内径。根据 Onen 分级系统对 HG 进行评价^[5]。SSD 为冠状面与矢状面间 45°角的结石中心至皮肤的距离。

1.3 ESWL 治疗方法

所有患者均由同一位泌尿外科医师进行治疗。

采用惠康 HK-EESWL-V 液电型碎石机。患者均采用仰卧位及适当的冲击波径路。治疗采取逐级增能的方式,并兼顾患者的耐受程度,冲击频率为 50~70 次/min,单次冲击波次数不超过 2500 次结束治疗,或者至结石 X 线下显示粉碎。最高电压不超过 15 kV。治疗结束后嘱病人收集结石样本,采用红外光谱自动分析仪(LIIR-20, Lambda)测定结石成分。于治疗 2 周后复查 KUB 及超声复查 ESWL 治疗结果,结合临床对检查结果有疑问时,加做 CT 以明确结石清除情况。治疗后完全无结石残存者则纳入治疗成功组,仍有结石残留重复 ESWL 治疗。在 ESWL 治疗 2 次后结石仍存在需转至手术治疗者被纳入治疗失败组。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{X} \pm S$ 表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料以例(%)表示,比较采用卡方检验或 Fisher 检验。对单因素分析有统计学意义的变量进一步行多因素 logistic 分析,筛选出独立预测因子。采用受试者工作曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)下的面积(area under curve, AUC)对独立预测因子的预测能力进行评价。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本研究共纳入患者 148 例,其中成功组 100 例,失败组 48 例。2 组患者的临床及影像学资料见表 1。ESWL 治疗成功组及失败组的结石大小(包括 MCD、MATD、MITD 及 SV)、MSD、UWT 及 HG 比较差异均有统计学意义($P < 0.05$),而性别、年龄、BMI、结石患侧、结石位置、PUD 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。将单因素分析差异有统计学意义的指标纳入多因素 logistic 回归分析,结果显示仅 UWT (*Wald* 值 = 24.558, *OR* = 5.608, 95% *CI*: 0.698 ~ 0.872, $P < 0.001$)是 <1 cm 输尿管结石 ESWL 治疗失败的独立预测因素。而 MCD($P = 0.221$)、MATD($P = 0.308$)、MITD($P = 0.701$)、SV($P = 0.764$)、MSD($P = 0.192$)及 HG($P = 0.637$)不是独立预测因子。

MCD、MATD、MITD、SV、MSD、UWT 及 HG 的 AUC 值见表 2。UWT 的预测能力最佳。UWT 以界值为 2.65 mm 预测 <1 cm 输尿管结石 ESWL 治疗失败,其敏感度为 68%,特异度为 84%。

回顾性分析所得的结石成分资料共 46 例,失败组 25 例,成功组 21 例。其中 33 例(72%)以一

水草酸钙结石为主要成分结石,失败组 19 例(76%),成功组 14 例(67%),2 组比较差异无统计学意义($P=0.527$)。含有二水磷酸氢钙成分结石共有 3 例,均来自失败组。于术中观察到的输尿管壁存在水肿增厚,息肉及狭窄的患者共 28 例(58.3%)。

表 1 ESWL 治疗失败组和成功组的临床及影像学资料比较

项目	失败组(48 例)	成功组(100 例)	P 值
性别			0.540
男	36(75.0)	70(70.0)	
女	12(25.0)	30(30.0)	
年龄/岁	55(25.88)	46(23.84)	0.061
BMI	24.94±3.78	24.59±3.02	0.379
患侧			0.213
右侧	27(56.3)	46(46.0)	
左侧	21(43.7)	54(54.0)	
位置			0.380
上段	25(52.1)	49(49.0)	
中段	6(12.5)	19(19.0)	
下段	17(35.4)	32(32.0)	
结石特征			
MCD/mm	7.8(6.2,9.7)	6.7(6.1,9.8)	0.001
MATD/mm	6.12±0.76	5.33±0.59	0.001
MITD/mm	5.88±0.63	5.13±0.65	0.001
SV/mm ³	133.64 (85.04,282.60)	98.53 (43.96,235.92)	<0.001
MSD/HU	1059 (500,1580)	890 (303,1590)	0.034
UWT/mm	3.2(1.4,5.2)	1.8(1.3,3.5)	<0.001
HG	2(1,4)	2(1,4)	0.004
PUD/mm	8.1±0.92	7.51±1.75	0.093
SSD/mm	106.58±17.55	108.65±18.43	0.187

表 2 <1 cm 输尿管结石 ESWL 治疗失败预测因子的 AUC 面积

变量	AUC	95%CI	P 值
MCD	0.710	0.656~0.818	<0.001
MATD	0.739	0.653~0.824	<0.001
MITD	0.737	0.656~0.818	<0.001
SV	0.752	0.686~0.829	<0.001
MSD	0.596	0.501~0.691	0.061
UWT	0.785	0.698~0.872	<0.001
HG	0.651	0.551~0.752	0.003

3 讨论

随着对 ESWL 治疗尿路结石疗效影响因素的不断深入认识及各大指南的推荐,在适合 ESWL 治疗的患者选择方面不断规范化,大大地提高了

ESWL 治疗的成功率。而实际临床工作中,<1 cm 的输尿管结石的 ESWL 治疗失败率仍高于 URS^[2-4]。本研究选取了最大径 <1 cm 的经 ESWL 治疗失败的输尿管结石临床及影像学资料,并分析其治疗失败原因,以期对小负荷结石术前选择更适当的临床治疗方案提供参考,从而进一步提高 ESWL 治疗成功率。

为了减小操作技巧对治疗效果的影响,本研究选取的病例均由同一位泌尿外科医师进行 ESWL 操作。鉴于多篇文献报道了较小结石的自行排出概率较高,Nazim 等^[6]报道了结石长径 ≤5 mm 的自行排出的概率为 70%,所以我们摒弃了长径 <6 mm 的结石。虽然结石大小是决定 ESWL 治疗疗效关键因素,本研究多因素分析结果并未显示结石大小对 ESWL 结果的影响,除了受本研究纳入标准的影响,主要与病例的输尿管的状况有关,本次纳入失败组内约 58.3%患者在术中观察到输尿管病变的存在。输尿管壁的水肿增厚、息肉及狭窄不仅减少了尿液和结石的接触面进而削弱了空化效应降低了结石被粉碎的概率,也妨碍了结石的排出。

Guler 等^[7]报道了 UWT 可以作为 >1 cm 输尿管上段结石 ESWL 治疗失败的独立预测因子,并以 UWT 2.5 mm 作为截断值,其敏感度为 88%,特异度为 23%。Yamashita 等^[8]对比了包裹结石的输尿管壁体积、最厚输尿管层面的输尿管面积及当层输尿管最大 UWT,并认为前者相较后两者对 ESWL 疗效有更好的预测效能,以 73.4 mm³ 为截断值,其敏感度为 63.2%,特异度为 86.4%。鉴于输尿管体积及面积的测量可重复性不佳且操作耗时,本研究仅使用了操作简单易行的 UWT,结果显示了 UWT 是唯一的 <1 cm 的输尿管结石 ESWL 治疗失败的独立预测因子,以 UWT 2.65 mm 为最佳临界值,准确率较高(AUC=0.785)。本研究单因素分析结果还显示了 HD 在失败组与成功组患者间的比较差异有统计学意义。因为本研究的术前临床资料欠详尽,随访无法对术前结石是否嵌顿作出判断,但是 UWT、PUD 及肾积水程度这三者是既往认可的可以预测结石嵌顿的因素^[4]。因此,我们认为即使是体积较小的输尿管嵌顿性结石,并不适用 ESWL 治疗。Sarica 等^[9]报道了嵌顿性上段输尿管结石经 ESWL 治疗 3 个月后的清石率可达 78.4%,本治疗中心并未对 ESWL 治疗失败者实施继续跟踪观察的处理,为避免治疗延误,最终改行了手术治疗。

本研究由于其回顾性特性,所能查询到的有结石成分分析结果的患者仅 46 例,其中大部分是以一水草酸钙为主要成分的混合性结石,与既往文献报道相符^[10-12]。二水磷酸氢钙结石对 ESWL 治疗耐受,不易被击碎^[13]。本研究结果显示了 3 例二

水磷酸氢钙类结石进行 ESWL 治疗后均失败改为手术治疗,成功组内并未发现此类结石。虽然既往文献报道了一水草酸钙结石 ESWL 治疗效果不佳,2 组的一水草酸钙类结石数量并无显著差异。一方面,可能与经门诊行 ESWL 治疗后一水草酸钙结石被冲击波击碎后碎片较大,排出后更易于收集送检,而尿酸结石及二水草酸钙结石等被击碎后碎石较小不易收集有关^[14];另一方面,一水草酸钙结石大多与二水草酸钙及碳酸磷灰石混合存在,而后两者 ESWL 治疗疗效理想^[14]。除此之外,结石的易碎性还与大小有关,较小的结石更易碎,而本研究入组的结石较小。

CT 值虽然是临床上常用且有效的 ESWL 治疗效果预测因子^[14],但本组研究仅单因素分析结果显示了 2 组 CT 值差异有统计学意义。一水草酸钙结石和二水草酸钙结石化学组成成分相似(分别为 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 和 CaC_2O_4),有效原子序数相近(分别为 13.45 和 12.99),因此 CT 值相近,即使使用双能量 CT 也很难将两者区分开^[14-15],但是前者对 ESWL 治疗抵抗,而后者是 ESWL 疗效最为理想的一种,因此我们认为 CT 值高的结石不一定 ESWL 疗效差。

本研究仍存在一定的局限性:本研究的回顾性研究特性,对研究对象的选择可能存在一定的偏倚;符合入组条件的失败组的样本量较小;临床记录并不详尽,无法收集较全面的临床指标,如结石成分分析结果;红外光谱分析检测的结石标本只是结石整体的一小部分,并不能完全代表整体结石。

综上所述,UWT 是预测 <1 cm 输尿管结石 ESWL 治疗失败的独立预测因素,有助于术前预测小负荷输尿管结石 ESWL 疗效,为制定个体化、精准化临床治疗方案提供重要依据,进而提高净石率,减少并发症,降低患者的经济负担。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Elton TJ, Roth CS, Berquist TH, et al. A clinical prediction rule for the diagnosis of ureteral calculi in emergency departments[J]. *J Gen Intern Med*, 1993, 8(2):57-62.
- [2] Türk C, Petřík A, Sarica K, et al. EAU Guidelines on Interventional Treatment for Urolithiasis [J]. *Eur Urol*, 2016, 69(3):475-482.
- [3] 郭万松, 杨波, 赵航. 体外冲击波碎石术治疗尿路结石研究进展[J/OL]. *中华腔镜泌尿外科杂志(电子版)*, 2020, 14(5):393-396.
- [4] Deng T, Chen Y, Liu B, et al. Systematic review and cumulative analysis of the managements for proximal impacted ureteral stones[J]. *World J Urol*, 2019, 37(8):1687-1701.
- [5] Onen A. Grading of Hydronephrosis: An Ongoing Challenge[J]. *Front Pediatr*, 2020, 8:458.
- [6] Nazim SM, Ather MH, Khan N. Measurement of ureteric stone diameter in different planes on multidetector computed tomography—impact on the clinical decision making[J]. *Urology*, 2014, 83(2):288-292.
- [7] Guler Y, Erbin A, Kafkasli A, et al. Factors affecting success in the treatment of proximal ureteral stones larger than 1 cm with extracorporeal shockwave lithotripsy in adult patients[J]. *Urolithiasis*, 2021, 49(1):51-56.
- [8] Yamashita S, Kohjimoto Y, Iguchi T, et al. Ureteral wall volume at ureteral stone site is a critical predictor for shock wave lithotripsy outcomes: comparison with ureteral wall thickness and area [J]. *Urolithiasis*, 2020, 48(4):361-368.
- [9] Sarica K, Kafkasli A, Yazici Ö, et al. Ureteral wall thickness at the impacted ureteral stone site: a critical predictor for success rates after SWL[J]. *Urolithiasis*, 2015, 43(1):83-88.
- [10] 高逢彬, 吴海洋, 李恭会, 等. 浙江省泌尿系结石患者的结石成分分析(附 4423 例报告)[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2019, 40(8):619-624.
- [11] 涂熹, 庄稀尧, 黄朝友, 等. 1495 例上尿路结石成分分析单中心研究[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2022, 37(5):364-368.
- [12] 孙东瑞, 顾晓, 赵静燕, 等. 扬州地区 838 例泌尿系结石成分及相关因素分析[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2021, 36(10):776-784.
- [13] Williams JC Jr, Hameed T, Jackson ME, et al. Fragility of brushite stones in shock wave lithotripsy: absence of correlation with computerized tomography visible structure[J]. *J Urol*, 2012, 188(3):996-1001.
- [14] Kijvikai K, de la Rosette JJ. Assessment of stone composition in the management of urinary stones[J]. *Nat Rev Urol*, 2011, 8(2):81-85.
- [15] Duan X, Qu M, Wang J, et al. Differentiation of calcium oxalate monohydrate and calcium oxalate dihydrate stones using quantitative morphological information from micro-computerized and clinical computerized tomography[J]. *J Urol*, 2013, 189(6):2350-2356.

(收稿日期:2022-08-04)