

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2024.23.040

# 基于临床和影像学多参数的列线图预测模型在 > 1 cm 输尿管结石 ESWL 治疗疗效评估中的应用研究 \*

栗小康 刘宁毅<sup>△</sup> 罗春 陈婷婷 徐懋勇  
(长沙市中医医院(长沙市第八医院)放射科 湖南长沙 410100)

**摘要目的:**探讨基于临床和影像学多参数的列线图预测模型在 > 1 cm 输尿管结石体外冲击波碎石术(ESWL)治疗疗效评估中的应用。**方法:**选取 106 例输尿管结石患者,均进行 ESWL 治疗,根据 ESWL 治疗后的结石残留情况将其分为成功组(n=74 例)和失败组(n=32 例)。对比两组临床资料及影像学参数[积水程度(HG)、结石密度(MSD)、结石上段输尿管内径(PUD)、结石处输尿管壁最大厚度(UWT)、结石最大上下径(MCD)、结石皮肤距离(SSD)、结石横径最大值(MATD)、结石横径最小值(MITD)]。采用多因素 Logistic 回归分析影响因素。构建列线图预测模型,采用受试者工作特征(ROC)曲线评价列线图预测模型对 > 1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的预测效能。**结果:**结石位置上/中段、年龄升高、结石数目多发、重度 HG、MSD、PUD、UWT、MCD、MATD、MITD 均升高为影响 > 1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的独立危险因素( $P < 0.05$ )。列线图预测模型的预测曲线与理想曲线贴合度良好,绘制 ROC 曲线分析结果显示,该列线图预测模型预测 > 1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的曲线下面积(AUC)为 0.894。**结论:**基于结石位置、年龄、结石数目、HG、MSD、PUD、UWT、MCD、MATD、MITD 构建的列线图预测模型对 > 1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败具有较高的预测价值。

**关键词:**输尿管结石;体外冲击波碎石术;影像学参数;列线图预测模型

中图分类号:R445 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2024)23-4545-04

## Application of Nomogram Prediction Model Based on Clinical and Imaging Parameters in the Evaluation of ESWL Treatment of Ureteral Calculi > 1 cm\*

LI Xiao-kang, LIU Ning-yi<sup>△</sup>, LUO Chun, CHEN Ting-ting, XU Mao-yong

(Department of Radiology, Changsha Hospital of Traditional Chinese Medicine(Changsha Eighth Hospital),  
Changsha, Hunan, 410100, China)

**ABSTRACT Objective:** To explore the application of a nomogram prediction model based on clinical and imaging parameters in the evaluation of the efficacy of extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) for ureteral calculi > 1 cm. **Methods:** 106 patients with ureteral calculi were selected, all patients were treated with ESWL, and patients with ureteral calculi were divided into success group (n=74 cases) and failure group (n=32 cases) according to the residual stones after ESWL treatment. The clinical data and imaging parameters [degree of hydronephrosis (HG), stone density (MSD), upper ureteral diameter (PUD), maximum ureteral wall thickness (UWT), maximum upper and lower diameter (MCD), stone skin distance (SSD), maximum transverse diameter (MATD), minimum transverse diameter (MITD)] were compared in two groups. The influencing factors of ESWL treatment failure were analyzed by multivariate logistic regression analysis. A nomogram prediction model was constructed, the predictive efficacy of the nomogram prediction model for the failure of ESWL treatment in patients with ureteral calculi > 1 cm were evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results:** Upper/middle stone location, age, multiple stones, severe HG, MSD, PUD, UWT, MCD, MATD and MITD were independent risk factors for ESWL treatment failure in patients with ureteral calculi > 1 cm ( $P < 0.05$ ). The prediction curve of the nomogram prediction model was in good agreement with the ideal curve, ROC curve analysis showed that, the area under the curve (AUC) of the nomogram prediction model for predicting the failure of ESWL treatment in patients with ureteral calculi > 1 cm was 0.894. **Conclusion:** The nomogram prediction model based on stone location, age, number of stones, HG, MSD, PUD, UWT, MCD, MATD, and MITD has a high predictive value for ESWL treatment failure in patients with > 1 cm ureteral calculi.

**Key words:** Ureteral calculi; Extracorporeal shock wave lithotripsy; Imaging parameters; Nomogram prediction model

**Chinese Library Classification(CLC):** R445 **Document code:** A

**Article ID:** 1673-6273(2024)23-4545-04

\* 基金项目:湖南省卫生健康委员会科研计划课题(D202108027795)

作者简介:栗小康(1991-),男,本科,主治医师,研究方向:腹盆及骨肌系统影像诊断,E-mail: 18229478804@163.com

△ 通讯作者:刘宁毅(1985-),男,本科,副主任技师,研究方向:腹盆及骨肌系统检查技术,E-mail: 285320459@qq.com

(收稿日期:2024-08-14 接受日期:2024-09-10)

### 前言

输尿管结石是泌尿系统的常见疾病,体外冲击波碎石术(ESWL)是临床治疗>1 cm 输尿管结石的主要方式<sup>[1]</sup>,但是部分患者仍会出现碎石失败的情况,需要再次进行 ESWL 或采用其他取石方法<sup>[2]</sup>。影像学参数可为临床疗效评估提供可靠依据。列线图模型作为一项高效的综合分析手段,可为个体精确计算特定结果的发生可能性。本研究拟探讨基于临床和影像学多参数的列线图预测模型在>1 cm 输尿管结石 ESWL 治疗疗效评估中的应用,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2022 年 3 月至 2024 年 3 月我院收治的 106 例输尿管结石患者,所有患者均行 ESWL 治疗,根据输尿管结石患者最多 3 次 ESWL 治疗后的结石残留情况将其分为成功组(n=74 例)和失败组(n=32 例)。纳入标准:(1)符合输尿管结石相关诊断标准<sup>[3]</sup>;(2)单侧发病;(3)患者临床资料和影像学参数完整;(4)均在我院接受 ESWL 治疗;(5)1 cm<结石直径<2 cm。排除标准:(1)既往有开放性输尿管手术史;(2)肾功能不全者;(3)存在 ESWL 禁忌证者。本研究已通过我院医学伦理委员会审批。

### 1.2 临床资料收集

收集年龄、性别、体质量指数(BMI)、结石患侧、结石位置、结石数目、影像学参数[输尿管走行方向冠状重建后的结石最大上下径(MCD)、垂直于结石长轴轴位上的结石横径最大值(MATD)及最小值(MITD)、结石密度(MSD)、结石上段输尿管内径(PUD)、积水程度(HG)、结石处输尿管壁最大厚度(UWT)、结石皮肤距离(SSD)]。

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS28.0 软件。计量资料以 " $\bar{x}\pm s$ " 表示,采用 t 检验。计数资料以 "n(%)" 表示,采用  $\chi^2$  检验。采用多因素 Logistic 回归分析影响因素。基于多因素 Logistic 回归分析结果,通过 R 语言 4.40 软件构建列线图预测模型。采用受试者工作特征(ROC)曲线评价列线图预测模型对>1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的预测效能。检验标准 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 临床资料和影像学参数对比

两组一般资料对比无差异( $P>0.05$ )。失败组结石数目多发比例、结石位置上/中段比例、重度 HG 比例、年龄、MSD、PUD、UWT、MCD、MATD、MITD 水平均高于成功组 ( $P<0.05$ ),见表 1。

表 1 临床资料和影像学参数对比 [ $\bar{x}\pm s, n(\%)$ ]

Table 1 Comparison of clinical data and imaging parameters [ $\bar{x}\pm s, n(\%)$ ]

Projects	Success group(n=74)	Failure group(n=32)	$t/\chi^2$	P
Age(year)	48.59±5.82	54.33±6.39	4.525	<0.001
Gender(Male/Female)	56/18	24/8	0.006	0.941
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	24.31±1.36	24.69±1.03	1.414	0.161
Stone affected side (Right side /Left side)	35/39	14/15	0.304	0.582
Stone location(Upper/Middle/ Distal )	21/18/35	7/19/6	12.927	0.002
Number of stones (Single/Multiple)	54/20	6/26	26.739	<0.001
MSD(HU)	848.62±163.79	1026.49±216.45	4.642	<0.001
PUD(mm)	7.59±1.06	10.31±1.73	9.916	<0.001
HG(Mild/ Moderate/Severe)	56/10/8	7/9/16	28.694	<0.001
UWT(mm)	2.45±1.02	4.39±1.64	7.408	<0.001
SSD(mm)	107.52±15.33	110.32±15.84	0.855	0.395
MCD(mm)	8.48±2.36	10.36±2.98	3.470	0.001
MATD(mm)	6.13±1.24	7.35±1.46	4.404	<0.001
MITD(mm)	5.63±1.03	7.04±1.19	6.170	<0.001

### 2.2 多因素 Logistic 回归分析

以>1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗情况为因变量(赋值:失败=1,成功=0),结石数目(多发=1,单发=0),结石位置(上/中段=1,下段=0)、HG(重度=2,中度=1,轻度=0),年龄、MSD、PUD、UWT、MCD、MATD、MITD(均为连续变量,原值输入)。构建多因素 Logistic 回归模型,分析结果显示,结石位置上/中段[OR(95%CI):2.134(1.647~4.816)]、年龄升高[OR

(95%CI):1.368(1.235~2.694)]、结石数目多发[OR(95%CI):2.327(1.523~3.978)]、重度 HG [OR(95%CI):2.517(1.698~4.332)]、MSD[OR(95%CI):1.196(1.013~3.022)]、PUD [OR(95%CI):1.337(1.544~3.569)]、UWT [OR(95%CI):1.697(1.233~4.716)]、MCD [OR(95%CI):1.352(1.139~3.548)]、MATD[OR(95%CI):3.616(2.314~6.877)]、MITD[OR(95%CI):2.144(1.549~5.323)]均升高为影响>1 cm 输尿管结石患者

ESWL 治疗失败的独立危险因素 ( $P < 0.05$ )。

### 2.3 列线图预测模型的构建及评价

以  $>1$  cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗情况为因变量 (赋值: 失败 = 1, 成功 = 0), 以多因素 Logistic 回归分析中危险因素

为自变量, 利用 R 语言建立  $>1$  cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的列线图预测模型, 见图 1。该列线图预测模型对  $>1$  cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的预测曲线与理想曲线贴合度良好, 见图 2、图 3。

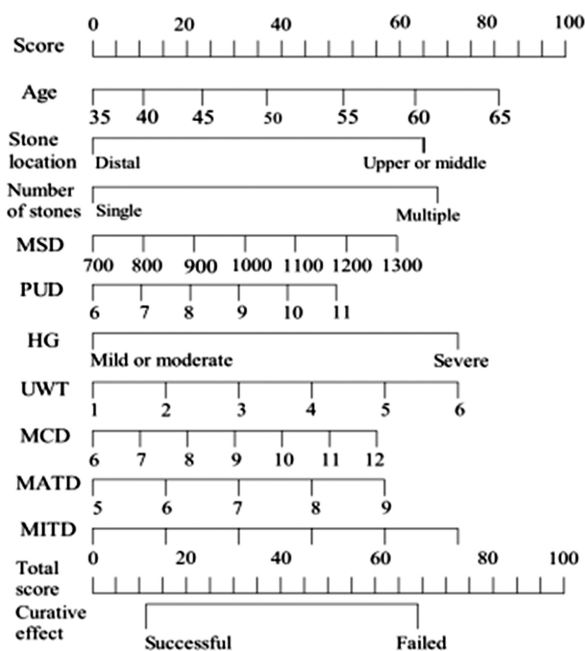


图 1 预测模型

Fig.1 Prediction model

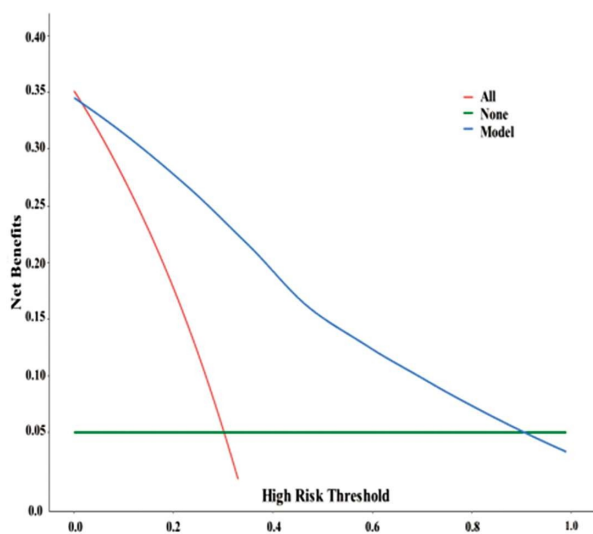


图 3 预测模型的决策曲线

Fig.3 Decision curve of the prediction model

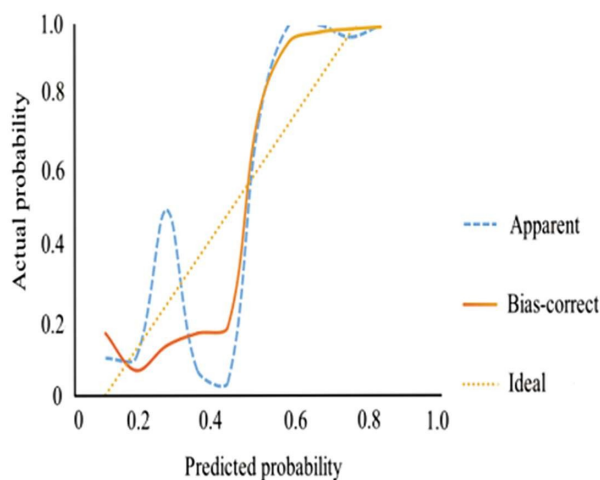


图 2 预测模型的校准曲线

Fig.2 Calibration curve of prediction model

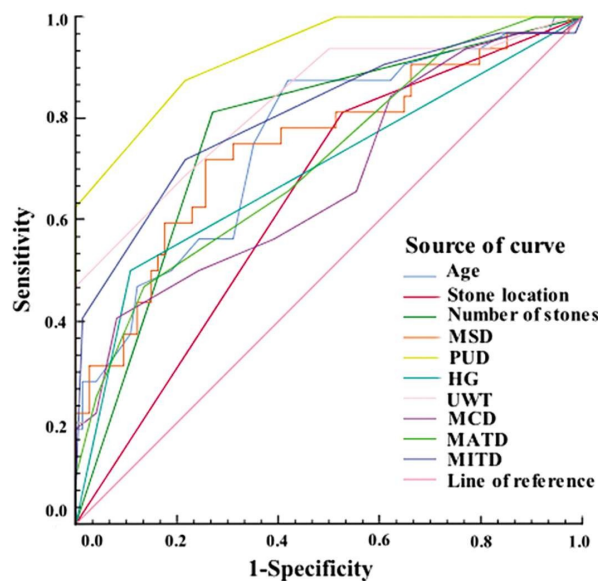


图 4 预测模型的 ROC 曲线

Fig.4 ROC curve of nomogram prediction model

### 2.4 $>1$ cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的列线图预测模型效能评价

绘制 ROC 曲线显示, 该列线图预测模型预测  $>1$  cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的曲线下面积 (AUC) 为 0.894, 见图 4。

### 3 讨论

ESWL 具有操作简单、安全性高、重复性好、无需麻醉及创伤小等特点, 故临床将其作为  $>1$  cm 输尿管结石的主要治疗

方式<sup>[4]</sup>。但部分研究显示, ESWL 成功率受到多种内外因素的影响, 导致部分患者不能获得理想疗效, 通常发生在  $>1$  cm 输尿管结石患者中, 探究  $>1$  cm 输尿管结石 ESWL 疗效的影响因素对提高 ESWL 的疗效至关重要<sup>[5]</sup>。影像学参数在评估输尿管结石患者 ESWL 治疗疗效中发挥关键作用。列线图预测模型是一种统计工具, 在医学领域可用于评估输尿管结石患者的治疗疗效<sup>[6]</sup>。

本研究结果显示, 失败组结石数目多发比例、结石位置上 / 中段比例、重度 HG 比例均高于成功组, 结石位置上 / 中段、年

龄升高、结石数目多发、重度 HG 均为 >1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的独立危险因素。分析其原因:年龄越大的患者输尿管收缩功能越弱,结石排出受阻,从而影响结石排除率<sup>[7]</sup>。ESWL 术中对上/中段结石定位过程中的干扰因素较多,碎石效果不理想<sup>[8,9]</sup>。多发结石会影响尿液流体力学特性,导致排石难度进一步增加,成功率降低。重度 HG 会严重损伤患者肾功能导致输尿管蠕动活动强度降低,导致排石困难,ESWL 成功率降低。

本研究结果显示,MSD、PUD、UWT、MCD、MATD、MITD 均升高为影响 >1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的独立危险因素。究其原因:MSD 越大,提示结石密度越大,ESWL 碎石难度越大,并且密度越均匀结石被击碎的难度更大<sup>[10]</sup>。PUD、UWT 水平升高表示结石嵌顿越严重,结石排出越困难。MCD、MATD 升高表明结石直径越大,其被击碎后结石碎片也更大,结石碎片排出更加困难,从而导致 ESWL 成功率降低<sup>[11]</sup>。MITD 越大,结石与输尿管周围的延展空间越小,击碎后的结石更难分散排除,从而降低 ESWL 成功率<sup>[12,13]</sup>。

本研究基于多因素 Logistic 回归分析结果,构建了 >1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的列线图预测模型,绘制 ROC 曲线显示,该模型预测 >1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的 AUC 为 0.894,该模型的预测曲线与理想曲线贴合度良好,表明该模型对 >1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败具有较好的预测价值。

综上所述,年龄、结石位置、结石数目、MSD、PUD、HG、UWT、MCD、MATD、MITD 均为 >1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败的影响因素,基于上述影响因素构建的列线图预测模型对 >1 cm 输尿管结石患者 ESWL 治疗失败具有较好的预测效能。

#### 参考文献(References)

[1] Nakamae Y, Deguchi R, Nemoto M, et al. AI prediction of extracorporeal shock wave lithotripsy outcomes for ureteral stones by

machine learning-based analysis with a variety of stone and patient characteristics[J]. *Urolithiasis*, 2023, 52(1): 9.

[2] Ali Ć J, Helji Ć J, Hadziosmanovi Ć O, et al. The Efficiency of Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (ESWL) in the Treatment of Distal Ureteral Stones: An Unjustly Forgotten Option? [J]. *Cureus*, 2022, 14(9): e28671.

[3] 那彦群. 中国泌尿外科疾病诊断治疗指南 [M]. 人民卫生出版社, 2007.

[4] 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.

[5] 夏天, 郝林, 蒋博, 等. 预测输尿管结石 ESWL 清石率列线图的建立与内部验证[J]. *徐州医学院学报*, 2021, 41(7): 515-521.

[6] Kailavasan M, Berridge C, Yuan Y, et al. A systematic review of nomograms used in urolithiasis practice to predict clinical outcomes in paediatric patients[J]. *J Pediatr Urol*, 2022, 18(4): 448-462.

[7] 徐慧新, 宋日进. 预测 1cm 输尿管结石体外冲击波治疗失败的临床因素分析[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2023, 38(1): 29-32.

[8] 刘磊, 王阳, 胡跃世, 等. 早期体外冲击波碎石术治疗输尿管结石的疗效及影响因素分析[J]. *中国临床医生杂志*, 2021, 49(5): 581-584.

[9] Wagenius M, Oddason K, Utter M, et al. Factors influencing stone-free rate of Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (ESWL); a cohort study[J]. *Scand J Urol*, 2022, 56(3): 237-243.

[10] 林飞鹤, 谢春发, 高海亮, 等. 体外冲击波碎石治疗输尿管结石 1280 例临床分析[J]. *中国基层医药*, 2017, 24(10): 1540-1542.

[11] 冯才鑫, 邱晓拂, 廖俊发, 等. 输尿管结石体外冲击波碎石术疗效的影响因素[J]. *现代临床医学*, 2021, 47(6): 441-444.

[12] 郭吉军, 熊大波. 影响输尿管结石患者体外冲击波碎石术疗效的因素分析[J]. *临床医学研究与实践*, 2022, 7(20): 50-53.

[13] 席启林. 体外冲击波碎石术的操作技巧 [J]. *临床外科杂志*, 2022, 30(2): 115-117.

(上接第 4534 页)

[6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局. 原发性肝癌诊疗指南(2022 年版)[J]. *中华消化外科杂志*, 2022, 21(2): 143-168.

[7] 国家中医药管理局. 中医病证诊断疗效标准[M]. 南京: 南京大学出版社, 1994: 114-116.

[8] 鲍云华, 李俊杰. 介绍新的实体瘤治疗反应评价标准(RECIST)[J]. *中国肺癌杂志*, 2005, 8(1): 77-78.

[9] 陈坚, 缪亦锋. 脑膜瘤患者生存质量量表的研究[J]. *中国康复*, 2001, 16(4): 198-200.

[10] Liu ZP, Song QY, Chu CL, et al. Efficacy of Kanglaite against

radiotherapy-induced mucositis in head and neck cancer, a phase II trial[J]. *Cancer Radiother*, 2022, 26(4): 585-593.

[11] Liu H, Li L, Zou J, et al. Coix seed oil ameliorates cancer cachexia by counteracting muscle loss and fat lipolysis [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2019, 19(1): 267.

[12] 李洁. 康莱特注射液联合开腹肝切除术治疗肝癌的临床价值[J]. *中国现代药物应用*, 2021, 15(21): 128-130.

[13] 李肖芸, 时磊, 程艳会. 康莱特注射液配合化疗对肝癌的疗效及免疫系统的影响研究[J]. *现代消化及介入诊疗*, 2019(A02): 2100-2101.