

不同频率的体外冲击波碎石术治疗输尿管结石的疗效

彭启洪,周婷婷,姬生军

(西部战区总医院泌尿外科,四川成都 610083)

【摘要】目的:探讨不同频率的体外冲击波碎石术(EWSL)治疗输尿管结石的疗效。**方法:**选取564例输尿管结石患者为研究对象,按照EWSL冲击波频率不同分为中频组与高频组,每组各282例。中频组患者给予35次/min冲击波治疗;高频组患者给予60次/min冲击波治疗,术后均随访3个月。比较两组患者碎石时间、术后3个月排石率及结石排净率;术前及术后24h疼痛程度(VAS评分)、肾血流指标[肾内脉动指数(PI)、肾内动脉阻力指数(RI)和肾动脉主干血流速度最大值(V_{max})]及肾功能指标[尿素氮(BUN)、尿肌酐(Cr)及肾小球滤过率(GFR)水平]及术后3个月内并发症发生情况。**结果:**高频组患者碎石时间低于中频组($P < 0.05$)。术后3个月,中频组排石率、结石排净率高于高频组($P < 0.05$)。术后6h、1d、3d、2周,两组患者VAS评分均逐渐降低($P < 0.05$),且中频组各时间点均低于高频组($P < 0.05$)。术后24h,两组患者PI、 V_{max} 均降低($P < 0.05$),且高频组低于中频组($P < 0.05$);RI均升高($P < 0.05$),但高频组高于中频组($P < 0.05$);BUN、Cr水平均升高($P < 0.05$),且高频组高于中频组($P < 0.05$);GFR水平均降低($P < 0.05$),且高频组低于中频组($P < 0.05$)。术后3个月,中频组并发症总发生率低于高频组($P < 0.05$)。**结论:**35次/min与60次/min频率冲击波治疗输尿管结石效果均良好,但35次/min频率冲击波在提高患者结石排净率、减轻疼痛程度方面更优,对患者肾功能影响小,安全性较高。

【关键词】冲击波频率;输尿管结石;体外冲击波碎石术;疗效

【中图分类号】R693.4 **【文献标志码】**A

Effect of extracorporeal shock wave lithotripsy with different frequencies in treating ureteral calculi

PENG Qi-hong, ZHOU Ting-ting, JI Sheng-jun

(Department of Urology, General Hospital of Western Theater Command, Chengdu 610083, Sichuan, China)

【Abstract】Objective: To analyze the effect of different frequencies of extracorporeal shock wave lithotripsy (EWSL) in the treatment of ureteral calculi. **Methods:** 564 patients with ureteral stones were included and divided into 282 cases each in the intermediate frequency group and the high frequency group according to the different modes of intervention, and were treated with shock waves at frequencies of 35 times/min and 60 times/min, respectively. The stone fragmentation time, 3-month postoperative stone removal rate, and stone clearance rate, preoperative and postoperative 24-hour pain level (VAS score), renal blood flow indicators [renal pulsatility index (PI), renal artery resistance index (RI), and maximum renal artery flow velocity (V_{max})], renal function indicators [urea nitrogen (BUN), urinary creatinine (Cr), and glomerular filtration rate (GFR) levels], and incidence of complications within 3 months after surgery were compared between the two groups. **Results:** The stone removal rate and stone clearance rate in intermediate frequency group were higher than those in high frequency group at 3 months after surgery ($P < 0.05$), and the lithotripsy time was shorter in high frequency group than that in intermediate frequency group ($P < 0.05$). At 6 h, 1 d, 3 d, and 2 w after surgery, the VAS score in the two groups was decreased after surgery ($P < 0.05$), and the score in intermediate frequency group was lower than that in high frequency group ($P < 0.05$). 24 h after surgery, both groups of patients showed a decrease in PI and V_{max} ($P < 0.05$), and high frequency group was lower than the intermediate frequency group ($P < 0.05$). RI increased in both groups ($P < 0.05$), and the high frequency group was higher than the intermediate frequency group ($P < 0.05$). The levels of BUN and Cr both increased ($P < 0.05$), and the high frequency group was higher than the intermediate frequency group ($P < 0.05$). The GFR levels were all reduced ($P < 0.05$), and the high frequency group was lower than the intermediate frequency group ($P < 0.05$). The complications were lower in intermediate frequency group than those in high frequency group ($P < 0.05$). **Conclusion:** Shock wave therapy at 35 times/min and 60 times/min have good effects in the treatment of ureteral calculi, but 35 times/min frequency shock wave is better in enhancing the stone clearance rate and relieving the pain degree, and it has smaller influence on renal function and it is safer and more effective.

【Key words】 Shock wave frequency; Ureteral calculi; Extracorporeal shock wave lithotripsy; Efficacy

输尿管结石是一种常见的泌尿系统疾病,典型症状包括腰痛、血尿,严重时可伴有恶心、呕吐、发热、寒战等。研究^[1-3]显示,输尿管结石5~10年的复发率高达约50%,且男性发病率高于女性,给患者健康带来长期困扰。目前,临床上治疗输尿管结石方法包括药物治疗、体外冲击波碎石(extracorporeal shock wave lithotripsy, ESWL)及输尿管镜取石术等,其中以ESWL应用相对广泛^[4]。ESWL主要通过冲击波在体外产生强大能量,并通过聚焦对准结石,经过多次释放,形成高压脉冲作用于结石表面,再将结石击碎成小块或粉末状,随后同尿液自然排出体外,优势在于无需开刀,避免手术带来的创伤和痛苦,不仅可以降低患者心理负担,且利于患者恢复迅速,无需长期住院^[5-6]。但ESWL排石效果与诸多因素相关,针对部分患者,较低冲击波频率可能需要更长的治疗时间和多次治疗才能达到预期效果。有研究认为在适当范围内提高冲击波频率可增加单位时间内结石冲击次数,提高碎石效率;但也有认为,过高频率也可能导致能量分散,增加肾脏组织损伤和疼痛加剧,反而降低碎石效果^[7-9]。本研究旨在探讨不同频率的ESWL治疗输尿管结石的疗效。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2023年1月至2024年1月西部战区总医院诊治的564例输尿管结石患者为研究对象,按照ESWL冲击波频率不同分为中频组与高频组,每组各282例。本研究经医院医学伦理委员会批准,患者知情同意。两组患者一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表1。纳入标准:(1)均符合《中国泌尿外科疾病诊断治疗指南》^[10]中对输尿管结石的相关诊断标准,且CT、静脉尿路造影检查检查等被确诊输尿管结石;(2)符合ESWL治疗指征^[11];(3)无输尿管结石手术史;(4)无认知障碍。排除标准:(1)合并肝肾功能不全;(2)存在严重心血管疾病;(3)合并输尿管其他功能病变;(4)凝血功能障碍;(5)无法配合本研究者。

1.2 方法

两组均于术前进行血、尿常规,心电图、凝血四项等相关检查;两组术前禁食,排空大便;根据患者结石部位调整体位,术前肌注盐酸哌替啶(宜昌人福药业有限责任公司)50 mg。高频组患者采用体外冲击波碎石机(深圳市慧康医疗器械有限公司,型号:ESWL-109)行ESWL治疗,60次/min。中频组患者采用体外冲击波碎石机(苏州市锡鑫医疗器械有限公司,型号:CS-2012A)行ESWL治疗,35次/

min。两次碎石者间隔时间需 > 10 d。碎石后叮嘱两组患者多喝水,多活动,服用促排石药物促进结石排出,口服抗生素预防感染,收集尿液,观察有无结石碎屑或血尿。于体外碎石后1周、1个月及3个月复查,观察结石排出情况。

表1 两组患者一般资料比较 $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

资料	中频组($n=282$)	高频组($n=282$)	t/χ^2 值	P 值
男/女	162(57.45)/120(42.55)	164(58.17)/118(41.83)	0.029	0.864
年龄(岁)	52.23 \pm 4.87	51.79 \pm 4.32	1.135	0.257
病程(年)	13.15 \pm 1.33	13.08 \pm 1.22	0.651	0.515
结石直径(cm)	1.37 \pm 0.06	1.36 \pm 0.07	1.821	0.069
结石部位			0.075	0.963
输尿管上段	98(34.75)	99(35.11)		
输尿管中段	87(30.85)	89(31.56)		
输尿管下段	97(34.40)	94(33.33)		

1.3 观察指标

(1)治疗情况:包括术后1周、1个月及3个月后排石率、结石排净率;术后6个月结石复发率;碎石时间、冲击波次数、透视总计时间。排石指尿液见结石排出;排净指行泌尿系X线复查,结石直径 ≤ 4 mm,表示结石排净^[11];结石复发指术后无结石残留者,3个月后又发现输尿管结石形成。(2)疼痛程度:术前及术后24 h采用视觉模拟(VAS)评分法^[12]评估。分数范围0~10分,0分表示无痛,10分代表难以忍受的最剧烈的疼痛。(3)肾血流指标:术前及术后24 h采用超声诊断仪(徐州市凯尔医学仪器有限公司,型号:KR-S60)检测肾内脉动指数(PI)、肾内动脉阻力指数(RI)和肾动脉主干血流速度最大值(Vmax)。(4)肾功能指标:术前及术后24 h采集患者空腹静脉血5 mL,采用全自动生化分析仪(南京贝登医疗股份有限公司,型号:URIT-8401)测定血尿素氮(BUN)、肌酐(Cr)及肾小球滤过率(GFR)水平。(5)并发症发生情况:包括术后3个月输尿管狭窄、尿路感染、恶心呕吐、肾绞痛、血尿等的发生情况。

1.4 统计学分析

采用SPSS 23.0软件对数据进行统计与分析。计量资料符合正态分布且方差齐性,以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较行独立样本 t 检验,组内比较行配对样本 t 检验,不同时间点采用重复测量方差分析,两两比较采用LSD- t 检验;计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较行独立样本 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者治疗情况比较

中频组患者碎石时间长于高频组($P < 0.05$);

术后 3 个月排石率及术后 1、3 个月结石排净率高于高频组 ($P < 0.05$)。见表 2。

2.2 两组患者疼痛程度比较

术前, 两组患者 VAS 评分比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后 6 h、1、3 d、2 周, 两组患者 VAS 评分均逐渐降低 ($P < 0.05$), 且中频组各时间点均低于高频组 ($P < 0.05$)。见表 3。

2.3 两组患者肾血流指标比较

术前, 两组患者 PI、RI、Vmax 比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后 24 h, 两组患者 PI、Vmax 均降低 ($P < 0.05$), 且高频组低于中频组 ($P < 0.05$); RI 均升高 ($P < 0.05$), 且高频组高于中频组 ($P < 0.05$)。见表 4。

2.4 两组患者肾功能指标比较

术前, 两组患者 BUN、Cr、GFR 水平比较, 差异

无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后 24 h, 两组患者 BUN、Cr 水平均升高 ($P < 0.05$), 且高频组高于中频组 ($P < 0.05$); GFR 水平均降低 ($P < 0.05$), 且高频组低于中频组 ($P < 0.05$)。见表 5。

表 2 两组患者治疗情况比较 [$\bar{x} \pm s, n(\%)$]

指标	中频组 (n=282)	高频组 (n=282)	t/ χ^2 值	P 值
排石率				
术后 1 周	98(34.75)	91(32.27)	0.390	0.532
术后 1 个月	209(74.11)	192(68.09)	2.494	0.114
术后 3 个月	275(97.52)	264(93.62)	5.064	0.024
结石排净率				
术后 1 周	92(32.62)	87(30.85)	0.205	0.651
术后 1 个月	203(71.99)	181(64.18)	3.949	0.047
术后 3 个月	259(91.84)	235(83.33)	6.543	0.011
碎石时间 (min)	41.45 ± 7.61	35.45 ± 6.75	9.905	<0.001
冲击波次数 (次)	1866.45 ± 231.61	1879.45 ± 217.61	0.687	0.492
透视总计时间 (min)	55.45 ± 9.61	56.66 ± 9.18	1.529	0.127
结石复发率	20(7.09)	22(7.80)	0.103	0.748

表 3 两组患者疼痛程度比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	术前	术后 6 h	术后 1 d	术后 3 d	术后 2 周
中频组 (n=282)	6.45 ± 1.61	5.02 ± 1.44 ^①	4.29 ± 1.08 ^{①②}	3.69 ± 1.01 ^{①②③}	2.66 ± 0.71 ^{①②③④}
高频组 (n=282)	6.33 ± 1.58	5.33 ± 1.42 ^①	4.63 ± 1.15 ^{①②}	4.23 ± 1.12 ^{①②③}	3.41 ± 0.92 ^{①②③④}
t 值	0.893	2.574	3.619	6.013	10.838
P 值	0.372	0.010	<0.001	<0.001	<0.001

① $P < 0.05$, 与同组术前比较; ② $P < 0.05$, 与同组术后 6 h 比较; ③ $P < 0.05$, 与同组术后 1 d 比较; ④ $P < 0.05$, 与同组术后 3 d 比较。

表 4 两组患者肾血流指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	Vmax (cm/s)		PI		RI	
	术前	术后 24 h	术前	术后 24 h	术前	术后 24 h
中频组 (n=282)	57.33 ± 5.68	50.97 ± 4.98 ^①	1.72 ± 0.13	1.20 ± 0.12 ^①	0.66 ± 0.09	0.71 ± 0.10 ^①
高频组 (n=282)	57.56 ± 6.96	46.39 ± 5.53 ^①	1.74 ± 0.15	1.13 ± 0.11 ^①	0.65 ± 0.08	0.77 ± 0.11 ^①
t 值	0.430	10.335	1.692	7.221	1.395	6.778
P 值	0.667	<0.001	0.091	<0.001	0.164	<0.001

① $P < 0.05$, 与同组术前比较。

表 5 两组患者肾功能指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	BUN (mmol/L)		Cr ($\mu\text{mol/L}$)		GFR (mL/min)	
	术前	术后 24 h	术前	术后 24 h	术前	术后 24 h
中频组 (n=282)	12.12 ± 2.98	16.77 ± 3.22 ^①	109.58 ± 11.59	114.18 ± 12.82 ^①	114.45 ± 16.61	94.02 ± 9.51 ^①
高频组 (n=282)	11.96 ± 3.06	21.06 ± 3.84 ^①	110.66 ± 10.42	123.06 ± 13.09 ^①	116.43 ± 15.58	88.33 ± 7.53 ^①
t 值	0.634	14.376	1.164	8.139	1.460	7.877
P 值	0.526	<0.001	0.245	<0.001	0.145	<0.001

① $P < 0.05$, 与同组术前比较。

2.5 两组患者并发症发生情况比较

术后 3 个月内, 中频组患者并发症总发生率低于高频组 ($\chi^2 = 4.445, P = 0.035$)。见表 6。

表 6 两组患者并发症发生情况比较 [$n(\%)$]

组别	输尿管狭窄	尿路感染	恶心呕吐	肾绞痛	血尿	合计
中频组 (n=282)	2(0.71)	2(0.71)	3(1.07)	5(1.78)	2(0.71)	14(4.98)
高频组 (n=282)	3(1.07)	4(1.42)	5(1.78)	12(4.25)	3(1.07)	27(9.59)

3 讨论

本研究采用 35 次/min 与 60 次/min 的 EWSL 术治疗输尿管结石患者, 结果显示, 术后 3 个月中频

组患者排石率高于高频组 ($P < 0.05$); 术后 1、3 个月中频组患者结石排净率均高于高频组 ($P < 0.05$); 术后 6 h、1 d、3 d、2 周, 两组患者 VAS 评分均逐渐降低 ($P < 0.05$), 且中频组各时间点均低于高频组 ($P < 0.05$), 表明以频率 35 次/min 冲击波治疗输尿管结石患者能提高患者排石率和排净率, 减轻患者痛感。分析可能原因: (1) 频率 35 次/min 的冲击波可能更优化地传递能量至结石, 使其碎裂而不易损伤周围组织, 从而提高了排石率和排净率, 相比之下, 频率 60 次/min 的冲击波可能因能量过高而导致部分能量消散于周围组织, 降低碎石效率; (2) 较低频率的冲击波 (35 次/min) 可能对周围组织的损伤较小, 减轻

治疗后的炎症反应和痛感,而较高频率(60次/min)的冲击波可能增加组织损伤,导致更明显的痛感;(3)频率35次/min的冲击波可能使结石碎裂成更易排出的小碎片,而频率60次/min的冲击波可能产生较大或形状不规则的碎片,不利于排出;(4)部分患者可能对较低频率的冲击波有更好的适应性,使得患者对低频率冲击波治疗耐受程度较高,故而排石效率更高,这可能与个体差异、结石大小或结石位置等因素有关^[13-14]。

肾内血流动力学指标中,RI增高表示血管阻力增大,血流灌注减少;PI是反映血流灌注阻力与顺应性关系的指标,输尿管结石患者PI降低,可提示肾动脉顺应性改变,肾功能受损;Vmax可反映肾动脉主干血流速度,其值降低,表示血流减慢^[15-16]。另外,结石的存在也会影响肾脏的过滤和重吸收功能,进而损害肾功能^[17]。本研究显示,术后24h中频组患者的肾血流动力学及肾功能指标优于高频组($P < 0.05$),表明以频率35次/min冲击波治疗输尿管结石患者对患者肾血流动力学及肾功能影响更小。分析可能原因为高频率冲击波(60次/min)在单位时间内发出更多的冲击波,可能导致肾脏组织的过度应激,进而引发局部炎症反应和肾小管损伤,可能对肾脏的血流动力学产生不利影响,导致肾脏供血不足;而频率35次/min的冲击波治疗能避免因频繁冲击波引起血管收缩和血流减少,这种稳定的血流环境有助于保护肾功能,在保证治疗效果同时,降低肾损伤风险^[18]。且较多的碎石可能会对输尿管产生刺激,引起患者疼痛和输尿管黏膜损伤,由于低频组冲击波频率较小,减少治疗后的炎症反应和组织修复需求,从而提高治疗安全性^[19]。本研究中,3个月内并发症发生率低于高频组($P < 0.05$),说明中频EWSL治疗相对安全。

综上,35次/min与60次/min频率冲击波治疗输尿管结石均有良好效果,但35次/min频率冲击波在提高患者结石排净率、减轻疼痛程度方面更优,对患者肾功能影响小,安全性较高。

参考文献

[1] 蔡雅婷,赵佳丽. 双侧输尿管结石的急诊处理措施及易感染因素探索[J]. 中国感染与化疗杂志,2023,23(6):790.

[2] 张明伟,范帅,樊萍萍,等. 输尿管硬镜联合软镜碎石术治疗老年输尿管结石的临床效果及术后发生全身炎症反应综合征的危险因素[J]. 临床研究,2024,32(1):15-18.

[3] 胡嘉盛,方立,刘冠琳,等. 输尿管引导鞘联合输尿管硬/软镜治疗输尿管上段嵌顿性结石的疗效分析(附179例报告)[J]. 现代实用医学,2023,35(7):917-920.

[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] 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.

[6] 苏华建,陈铭,罗勇,等. 输尿管支架管结壳的诊治进展[J]. 临床泌尿外科杂志,2024,39(5):453-455,462.

[7] 郭崇波,李文华,樊婕,等. 输尿管单发结石患者体外冲击波碎石术的冲击波频率研究及碎石效果的影响因素探讨[J]. 现代生物医学进展,2023,23(18):3484-3488,3518.

[8] 彭忠帆,李云飞,何涛,等. 重复体外冲击波碎石治疗上尿路结石患者疗效预测模型的建立与验证[J]. 现代泌尿外科杂志, 2024, 29(4):347-352.

[9] El Taher MAM, Reda A, Abdel Latif AM, et al. Comparison of different shock wave frequencies on stone disintegration in extracorporeal shock wave lithotripsy; 60, 80 and 100/Min[J]. African Journal of Urology, 2021, 27(1):22.

[10] 那彦群,孙光. 中国泌尿外科疾病诊断治疗指南手册:2009版[M]. 北京:人民卫生出版社,2009:166-199.

[11] 中国研究型医院学会冲击波医学委员会泌尿学组. 体外冲击波碎石术专家共识[J/OL]. 泌尿外科杂志(电子版),2022,14(1):1-3,7.

[12] Brailovskaya TV, Kibitov AO, Gadzhikulieva AK, et al. Comparative analysis of the effectiveness of SF-MPQ-2 and VAS for assessing the severity of pain syndrome in dental patients in the postoperative period[J]. Stomatologija, 2023, 102(4):11-17.

[13] 郝伟玉,白琳,郭晓玲,等. 不同因素对体外冲击波治疗输尿管结石次数的影响[J]. 微创泌尿外科杂志, 2023, 12(3):183-187.

[14] Yuan S, Velmurugan R, Prasanna Bharathi S. Comparative analysis of renal calculi treatment via different extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) pathways[J]. International Urology and Nephrology, 2024, 56(9):2887-2895.

[15] 古月,魏仁波,严沁,等. 输尿管上段结石微通道经皮肾镜和经尿道输尿管软镜钬激光碎石术对患者肾功能、血流动力学及血气指标的影响[J]. 实用医院临床杂志, 2022, 19(4):64-67.

[16] Zarad A, Shaarawy S, Anwer HF, et al. Renal resistance indices and neutrophil gelatinase-associated lipocalin for early prediction of acute kidney injury in patients with severe preeclampsia[J]. Egyptian Journal of Anaesthesia, 2020, 36(1):256-263.

[17] 刘秀红,张家国,陈芳,等. 通淋固本方联合气压弹道碎石术治疗对输尿管结石患者肾功能及外周血NGAL、氧化应激指标的影响[J]. 辽宁中医杂志, 2023, 50(6):85-88.

[18] 孙海鹏,沈善林,陈洪延,等. 体外冲击波碎石术联合物理振动排石治疗肾下盏结石的临床研究[J]. 重庆医学, 2023, 52(16):2448-2452.

[19] Snicorius M, Bakavicius A, Cekauskas A, et al. Factors influencing extracorporeal shock wave lithotripsy efficiency for optimal patient selection[J]. Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques, 2021, 16(2):409-416.

(收稿日期:2024-10-09

修回日期:2024-11-21)