

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.18.016

# 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\*

郭崇波<sup>1</sup> 李文华<sup>2△</sup> 樊婕<sup>1</sup> 康峰<sup>1</sup> 乔少宜<sup>1</sup>

(1 空军第九八六医院泌尿外科 陕西 西安 710054; 2 空军第九八六医院 B 超室 陕西 西安 710054)

**摘要 目的:**探讨输尿管单发结石患者体外冲击波碎石术(ESWL)的最佳冲击波频率,并分析碎石效果的影响因素。**方法:**选取2020年4月~2022年4月期间来空军第九八六医院接受治疗的输尿管单发结石患者148例作为研究对象,按照不同治疗频率将患者分为低频组(48例,频率为60~70次/min)、中频组(51例,频率为80~90次/min)和高频组(49例,频率为100~120次/min),观察三组患者的碎石结局、肾功能指标以及并发症发生情况。统计三组患者的碎石结局,按照碎石结局的不同分为成功组和失败组。收集所有患者的一般资料,采用多因素 Logistic 回归分析输尿管单发结石患者碎石效果的影响因素。**结果:**三组碎石成功率间对比无统计学差异( $P>0.05$ )。三组术后1d、术后14d尿素氮(BUN)、血肌酐(Scr)均升高后下降( $P<0.05$ )。高频组、中频组术后1d BUN、Scr均高于低频组,且高频组高于中频组( $P<0.05$ )。高频组、中频组的并发症总发生率高于低频组( $P<0.05$ )。单因素分析显示,输尿管单发结石患者 ESWL 术后碎石失败与病程、结石位置、结石直径、肾绞痛、结石嵌顿、服用坦索罗辛有关( $P<0.05$ )。多因素 Logistic 回归分析显示,病程偏长、结石位置中下段、结石直径偏大、结石嵌顿、未服用坦索罗辛是碎石失败的危险因素( $P<0.05$ )。**结论:**低、中、高三种频率下的 ESWL 用于输尿管单发结石患者,均有较好的碎石效果。但随着频率的增加,患者一过性肾功能损伤增大,且并发症发生风险也相应增加。此外,病程偏长、结石位置中下段、结石直径偏大、结石嵌顿、未服用坦索罗辛是碎石失败的危险因素,可考虑结合上述因素进行综合评估选择最佳治疗方式。

**关键词:**输尿管结石;体外冲击波碎石术;冲击波频率;碎石效果;影响因素

**中图分类号:**R693.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2023)18-3484-05

## Study on the Frequency of Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy in Patients with Single Ureteral Calculi and Discussion on the Influencing Factors of Lithotripsy Effect\*

GUO Chong-bo<sup>1</sup>, LI Wen-hua<sup>2△</sup>, FAN Jie<sup>1</sup>, KANG Feng<sup>1</sup>, QIAO Shao-yi<sup>1</sup>

(1 Urology Surgery, Air Force 986 Hospital, Xi'an, Shaanxi, 710054, China;

2 B-Ultrasound Room, Air Force 986 Hospital, Xi'an, Shaanxi, 710054, China)

**ABSTRACT Objective:** To explore the optimal frequency of extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) in patients with single ureteral calculi, and to analyze the influencing factors of lithotripsy effect. **Methods:** 148 patients with single ureteral calculi who received treatment in Air Force 986 Hospital from April 2020 to April 2022 were selected as the research objects. According to the treatment frequency, the patients were divided into low frequency group (48 cases, frequency 60~70 times /min) and medium frequency group (51 cases, frequency 80~90 times /min) and high frequency group (49 cases, 100~120 times /min), and the lithotripsy outcome, renal function index and the occurrence of complications in the three groups were observed. The lithotripsy outcome in the three groups of patients were counted, they were divided into successful group and failure group according to different lithotripsy outcome. General data of all patients were collected, and multivariate Logistic regression was used to analyze the influencing factors of lithotripsy effect in patients with single ureteral calculi. **Results:** There was no significant difference in the success rate of lithotripsy in the three groups ( $P>0.05$ ). Urea nitrogen (BUN) and serum creatinine (Scr) in the three groups at 1 d after operation and 14 d after operation were increased, and then decreased ( $P<0.05$ ). BUN and Scr in the high frequency group and medium frequency group at 1 d after operation were higher than those in the low frequency group, and the high frequency group was higher than the medium frequency group ( $P<0.05$ ). The total incidence rate of complications in the high frequency group and medium frequency group were higher than that in the low frequency group ( $P<0.05$ ). Univariate analysis showed that lithotripsy failure after ESWL in patients with single ureteral calculi were related to the course of disease, stone location, stone diameter, renal colic, stone incarceration and taking tamsulosin ( $P<0.05$ ). Multivariate Logistic regression analysis showed that the longer the course of disease, the middle and lower part of stone location, the larger stone diameter, stone incarceration,

\* 基金项目:陕西省创新能力支撑计划项目(2021TD-39)

作者简介:郭崇波(1987-),女,本科,技师,研究方向:泌尿外科,E-mail: guochongbo87@163.com

△ 通讯作者:李文华(1979-),女,本科,主治医师,研究方向:泌尿系统疾病超声诊断,E-mail: leewh794@163.com

(收稿日期:2023-03-06 接受日期:2023-03-31)

and not taking tamsulosin were the risk factors for lithotripsy failure ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** ESWL at low, medium and high frequencies showed good lithotripsy effect in patients with single ureteral calculi. However, with the increase of frequency, the patients with transient renal injury increased, and the risk of complications also increased. In addition, the longer the course of disease, the middle and lower part of stone location, the larger stone diameter, stone incarceration, and not taking tamsulosin are risk factors for lithotripsy failure, which can be considered in combination with the above factors for comprehensive evaluation to select the best treatment.

**Key words:** Ureteral calculi; Extracorporeal shock wave lithotripsy; Shock wave frequency; Lithotripsy effect; Influencing factors

**Chinese Library Classification(CLC):** R693.4 **Document code:** A

**Article ID:** 1673-6273(2023)18-3484-05

## 前言

输尿管单发结石是临床常见的尿石症,临床主要表现为腹部剧痛难忍、活动后血尿等症状,严重影响患者的生活质量<sup>[1]</sup>。体外冲击波碎石术(ESWL)是目前治疗输尿管单发结石的常用方案,具有创伤小、恢复快、取石准确、并发症少等优点<sup>[2]</sup>。但不少临床实践发现<sup>[3,4]</sup>,部分患者会出现碎石失败的情况。此外,也有报道显示<sup>[5]</sup>,ESWL可对患者的肾脏造成一定的损伤,引起血尿症状,可能与冲击波频率的选择有关。目前临床针对ESWL治疗的冲击波频率的选择尚无统一标准,因此,探寻ESWL治疗的最佳冲击波频率已成为临床的研究热点之一。ESWL具有低频、中频、高频三种频率,而不同的冲击波频率可导致不一样的治疗效果<sup>[6]</sup>。基于此,本文通过探讨输尿管单发结石患者ESWL的不同冲击波频率,并分析碎石效果的影响因素,以期临床治疗此类患者提供更多的数据参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

选取2020年4月~2022年4月期间来空军第九八六医院接受治疗的输尿管单发结石患者148例作为研究对象,纳入标准:(1)经X片、计算机断层扫描(CT)、静脉尿路造影等证实为输尿管单发结石;(2)有明确的ESWL手术适应症;(3)年龄18岁以上且临床资料完整者;(4)心肝肾等脏器功能正常者;(5)无任何碎石、取石治疗病史;(6)结石直径 $\leq 20$  mm。排除标准:(1)输尿管多发结石患者;(2)无法耐受手术者;(3)伴有传染性疾病活动史者;(4)合并其他部位结石者;(5)合并先天性泌尿道畸形者;(6)术前合并严重感染者。按照治疗频率的不同将所有患者分为低频组(48例,频率为60~70次/min)、中频组(51例,频率为80~90次/min)和高频组(49例,频率为100~120次/min),其中低频组男32例,女16例,年龄30~69岁,平均(52.02 $\pm$ 4.58)岁;结石直径4~19 mm,平均(10.06 $\pm$ 1.74)mm;结石位置:上段结石20例,中段结石14例,下段结石14例;病程1~4年,平均(2.45 $\pm$ 0.39)年。中频组男35例,女16例,年龄32~67岁,平均(51.97 $\pm$ 4.93)岁;结石直径6~20 mm,平均(10.13 $\pm$ 1.89)mm;结石位置:上段结石22例,中段结石13例,下段结石16例;病程1~5年,平均(2.49 $\pm$ 0.46)年。高频组男31例,女18例,年龄31~68岁,平均(52.13 $\pm$ 5.28)岁;结石直径5~19 mm,平均(10.09 $\pm$ 1.72)mm;结石位置:上段结石20例,中段结石11例,下段结石18例;病程2~5年,平均(2.55 $\pm$ 0.38)年。三组患者一般资料对比无统计学差异( $P>0.05$ )。所有患者对本研究知情同意,本研究经空军第九八六医院伦理委员会批

准进行。

### 1.2 方法

三组患者入院后择期进行ESWL术,术前均行常规检查,常规检查包括血常规、尿常规、X片、彩超等,必要时行CT、静脉尿路造影检查。术前当天均禁食,排空大便,输尿管中下段结石患者取俯卧位,输尿管上段结石患者选取俯卧位或健侧卧位,超声定位后,低频组患者应用60~70次/min,中频组应用80~90次/min,高频组应用100~120次/min的冲击波频率进行治疗。ESWL工作电压220 V,冲击次数2000~2400次,治疗时间30~40 min。碎石后多活动、多饮水并收集尿液,观察有无结石碎屑排出及有无血尿。碎石后3~7 d行彩超检查,若碎石失败,可1~2周后再次行ESWL,总治疗次数不能超过3次。

### 1.3 观察指标

(1)术前、术后1 d、术后14 d取患者空腹静脉血5 mL,经离心处理(以2800 r/min离心12 min,离心半径8 cm),取血清部分待检测。采用全自动生化分析仪(上海德孚生物医疗科技有限公司生产,型号规格:AS-1450)检测血清尿素氮(BUN)、血肌酐(Scr)水平。(2)观察三组患者的并发症发生情况,包括皮肤损伤、恶心呕吐、疼痛或肾绞痛、尿路感染、发热、石街、输尿管狭窄等。

### 1.4 一般资料收集

利用本院病例系统收集所有患者的一般资料,包括:性别、年龄、病程、患侧、结石位置、结石直径、肾绞痛、血尿、体质量指数、结石嵌顿、服用坦索罗辛等。

### 1.5 随访与分组

患者出院后以门诊复查的形式随访3个月,术后第3个月结石未排出或者结石直径 $>4$  mm判定为碎石失败,随访终止事件为随访到期。统计三组患者碎石结局,按照碎石结局的不同将148例患者分为成功组和失败组。

### 1.6 统计学方法

采用SPSS 24.0统计学软件进行数据处理分析。计量资料用( $\bar{x}\pm s$ )表示,两组数据比较采用t检验,不同时间点重复测量数据应采用重复测量方差分析。计数资料以百分比的形式表示,采用 $\chi^2$ 检验。通过多因素Logistic回归分析输尿管单发结石患者碎石效果的影响因素。检验标准设置为 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 三组碎石结局对比

三组碎石成功率组间对比无统计学差异( $P>0.05$ ),如表1所示。

表 1 三组碎石结局对比 [n(%)]

Table 1 Comparison of lithotripsy outcome in the three groups [n(%)]

| Groups                       | Lithotripsy success | Lithotripsy failure |
|------------------------------|---------------------|---------------------|
| Low frequency group(n=48)    | 38(79.17)           | 10(20.83)           |
| Medium frequency group(n=51) | 41(80.39)           | 10(19.61)           |
| High frequency group(n=49)   | 40(81.63)           | 9(18.37)            |
| $\chi^2$                     |                     | 0.094               |
| <i>P</i>                     |                     | 0.954               |

2.2 三组肾功能指标对比

三组术前、术后 14 d BUN、Scr 组间对比无统计学差异 ( $P>0.05$ )，三组术后 1 d、术后 14 d BUN、Scr 均升高后下降

( $P<0.05$ )。高频组、中频组术后 1 d BUN、Scr 均高于低频组，且高频组高于中频组 ( $P<0.05$ )，如表 2 所示。

表 2 三组肾功能指标对比 ( $\bar{x}\pm s$ )

Table 2 Comparison of renal function index in the three groups ( $\bar{x}\pm s$ )

| Groups                       | Time                 | BUN(mmol/L)         | Scr( $\mu$ mol/L)    |
|------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| Low frequency group(n=48)    | Before operation     | 7.28 $\pm$ 0.75     | 72.88 $\pm$ 8.97     |
|                              | 1 d after operation  | 11.49 $\pm$ 1.64*   | 84.25 $\pm$ 10.83*   |
|                              | 14 d after operation | 7.39 $\pm$ 0.63     | 73.92 $\pm$ 9.23     |
| Medium frequency group(n=51) | Before operation     | 7.32 $\pm$ 0.68     | 72.54 $\pm$ 9.18     |
|                              | 1 d after operation  | 15.04 $\pm$ 1.28*#  | 91.17 $\pm$ 11.27*#  |
|                              | 14 d after operation | 7.45 $\pm$ 0.62     | 74.49 $\pm$ 8.29     |
| High frequency group(n=49)   | Before operation     | 7.27 $\pm$ 0.57     | 72.71 $\pm$ 7.81     |
|                              | 1 d after operation  | 19.82 $\pm$ 2.96*#% | 103.98 $\pm$ 6.92*#% |
|                              | 14 d after operation | 7.48 $\pm$ 0.64     | 73.57 $\pm$ 10.56    |

Note: Compared with the same group before operation, \* $P<0.05$ . Compared with the low frequency group at 1 d after operation, # $P<0.05$ . Compared with the medium frequency group at 1 d after operation, % $P<0.05$ .

2.3 三组并发症发生率对比

三组并发症总发生率组间对比有统计学差异 ( $P<0.05$ )。高频组、中频组的并发症总发生率均高于低频组 ( $P<0.05$ )。高频

组、中频组的并发症总发生率组间对比无统计学差异 ( $P>0.05$ )，如表 3 所示。

表 3 三组并发症发生率对比 [n(%)]

Table 3 Comparison of incidence rate of complications in the three groups [n(%)]

| Groups                       | Skin injury | Nausea and vomiting | Pain or renal colic | Urinary tract infection | Fever   | Stone street | Ureteral stenosis | Total incidence rate |
|------------------------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------|--------------|-------------------|----------------------|
| Low frequency group (n=48)   | 1(2.08)     | 1(2.08)             | 1(2.08)             | 0(0.00)                 | 0(0.00) | 0(0.00)      | 0(0.00)           | 3(6.24)              |
| Medium frequency group(n=51) | 2(3.92)     | 2(3.92)             | 2(3.92)             | 1(1.96)                 | 1(1.96) | 1(1.96)      | 1(1.96)           | 10(19.60)*           |
| High frequency group (n=49)  | 3(6.12)     | 3(6.12)             | 3(6.12)             | 2(4.08)                 | 1(2.04) | 1(2.04)      | 1(2.04)           | 14(28.56)*           |
| $\chi^2$                     |             |                     |                     |                         |         |              |                   | 8.197                |
| <i>P</i>                     |             |                     |                     |                         |         |              |                   | 0.017                |

Note: Compared with the low frequency group, \* $P<0.05$ .

2.4 碎石效果单因素分析

随访 3 个月，148 例患者中碎石成功 119 例 (成功组)，碎石失败 29 例(失败组)。输尿管单发结石患者 ESWL 术后碎石

失败与性别、年龄、患侧、血尿、体质量指数无关 ( $P>0.05$ )，而与病程、结石位置、结石直径、肾绞痛、结石嵌顿、服用坦索罗辛有关 ( $P<0.05$ )，如表 4 所示。

表 4 碎石效果的单因素分析  
Table 4 Univariate analysis of the lithotripsy effect

| Factors  |             | Successful group(n=119) | Failure group(n=29) | $\chi^2/t$ | <i>P</i> |
|--|-------------|-------------------------|---------------------|------------|----------|
| Gender[n(%)]   | Male        | 82(68.91)               | 16(55.17)           | 1.966      | 0.161    |
|  | Female      | 37(31.09)               | 13(44.83)           |            |          |
| Age(years, $\bar{x}\pm s$ )                          |             | 51.87±6.28              | 52.72±7.25          | -0.634     | 0.527    |
| Course of disease(years, $\bar{x}\pm s$ )            |             | 2.39±0.71               | 2.94±0.68           | -3.771     | 0.000    |
| Affected side[n(%)]                                  | Left side   | 68(57.14)               | 16(55.17)           | 0.037      | 0.848    |
|  | Right side  | 51(42.86)               | 13(44.83)           |            |          |
| Stone location[n(%)]                                 | Upper part  | 58(48.74)               | 4(13.79)            | 12.952     | 0.001    |
|  | Middle part | 29(24.37)               | 9(31.04)            |            |          |
|  | Lower part  | 32(26.89)               | 16(55.17)           |            |          |
| Stone diameter(mm, $\bar{x}\pm s$ )                  |             | 9.53±1.27               | 12.38±2.39          | -8.885     | 0.000    |
| Renal colic[n(%)]                                    | Yes         | 40(33.61)               | 19(65.52)           | 9.900      | 0.002    |
|  | No          | 79(66.39)               | 10(34.48)           |            |          |
| Hematuresis[n(%)]                                    | Yes         | 37(31.09)               | 10(34.48)           | 0.124      | 0.725    |
|  | No          | 82(68.91)               | 19(65.52)           |            |          |
| Body mass index(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x}\pm s$ ) |             | 23.48±0.61              | 23.62±0.79          | -1.043     | 0.299    |
| Stone incarceration [n(%)]                           | Yes         | 43(36.13)               | 18(62.07)           | 6.473      | 0.011    |
|  | No          | 76(63.87)               | 11(37.93)           |            |          |
| Taking tamsulosin[n(%)]                              | Yes         | 68(57.14)               | 9(31.03)            | 6.368      | 0.012    |
|  | No          | 51(42.86)               | 20(68.97)           |            |          |

表 5 碎石效果的多因素分析  
Table 5 Multivariate analysis of the effect of lithotripsy

| Factors                                 | $\beta$ | SE    | Wald $\chi^2$ | <i>P</i> | OR    | 95%CI       |
|---|---------|-------|---------------|----------|-------|-------------|
| Longer the course of disease            | 0.613   | 0.224 | 7.489         | 0.000    | 1.319 | 1.212~1.438 |
| Middle and lower part of stone location | 0.529   | 0.198 | 7.138         | 0.000    | 1.197 | 1.102~1.241 |
| Larger stone diameter                   | 0.492   | 0.167 | 8.680         | 0.000    | 1.392 | 1.241~1.506 |
| Stone incarceration                     | 0.588   | 0.218 | 7.275         | 0.000    | 1.223 | 1.168~1.351 |
| Not taking tamsulosin                   | 0.647   | 0.239 | 7.328         | 0.000    | 1.264 | 1.166~1.373 |

### 2.5 碎石效果的多因素分析

以碎石是否成功作为因变量(成功=0,失败=1),以表4中有统计学意义的因素作为自变量,赋值如下:病程、结石直径为连续性变量,原值输入;结石位置:上段=0,中段=1,下段=2;肾绞痛:否=0,是=1;结石嵌顿:否=0,是=1;服用坦索罗辛:是=0,否=1。纳入多因素 Logistic 回归,结果显示,病程偏长、结石位置中下段、结石直径偏大、结石嵌顿、未服用坦索罗辛是输尿管单发结石患者碎石失败的危险因素 ( $P<0.05$ ),如表5所示。

### 3 讨论

ESWL 主要通过体外碎石机产生冲击波对碎石进行治疗,将机器对准输尿管结石,经过多次的释放能量来击碎结石,使

碎石可以通过尿液排出体外<sup>[7]</sup>。现国内外 ESWL 的治疗例数较多,临床应用广泛<sup>[8,9]</sup>。但目前有关 ESWL 的最佳使用频率尚存争议,临床实践发现不少患者会因碎石频率的不同导致机体不同程度的损伤<sup>[10]</sup>。因此,有必要探讨 ESWL 的最佳碎石频率。此外,也有部分患者存在碎石失败的风险,且有关碎石失败的危险因素临床尚无统一结论,本文就此展开探讨。

本文的研究结果显示,低频、中频、高频 ESWL 用于输尿管单发结石患者,碎石效果相当,但随着频率的增加,对患者一过性肾功能损伤越大,且并发症发生风险也相应增加。ESWL 处理结石属于非侵入性操作,但冲击波仍可致肾脏损伤,增加并发症发生风险<sup>[11,12]</sup>。而低频率的 ESWL 可有效减轻对患者的损伤程度,这可能与低频产生良好的气泡动力学有关<sup>[13]</sup>。冲击波在治疗期间由于结石表面的压力变化可导致气泡形成,当气

泡在结石表面坍塌时,还可释放高能量,从而诱导结石碎化<sup>[14]</sup>。而随着冲击波频率的增加,结石表面的空气气泡形成数量也随之增加,一部分可用于增强碎石作用,但剩余的另一部分气泡却无法用于碎石,积留于体内,易增加机体损伤或并发症发生风险<sup>[15]</sup>;且当剩余的气泡未能在下一波冲击波来临时消散,又会作为下一波冲击波的能力消耗屏障,反而弱化碎石效果,加重机体组织损伤,导致组织损伤程度随着频率的升高而升高<sup>[16]</sup>。另外有研究证实,冲击波对肾脏的损害可以通过吸收和纤维化方式修复<sup>[17]</sup>。本研究结果也显示,三组不同频率下的患者肾功能均可在术后 14 d 内恢复正常。

本次研究多因素分析结果还显示,病程偏长、结石位置中下段、结石直径偏大、结石嵌顿、未服用坦索罗辛是碎石失败的危险因素。逐一分析原因可知,病程越长,说明结石停留于输尿管的时间越长,可导致管壁增厚、输尿管壁发炎、管腔狭窄等并发症,使结石周围的液体空间减小,能量传递作用减弱,经 ESWL 治疗后,可能因为能量达不到碎石的需求量而导致碎石失败<sup>[18]</sup>。结石位置位于上段的结石一般固定性较好,B 超检测容易定位,且结石光团清晰、伪影少;而结石位置中下段的结石易受到肠气的干扰,同时还易与骨骼重叠,B 超检测下定位困难,能量传递性也差,故而易导致碎石失败<sup>[19]</sup>。结石直径越大容易堵塞患者的尿路,甚至导致肾功能受到影响,使患者自体排石的能力减弱,增加碎石失败的发生风险<sup>[20,21]</sup>。而存在结石嵌顿的患者因为结石嵌顿时间长,可能合并肾积水、输尿管狭窄或其他病变,进而导致 ESWL 治疗效果差,极易导致碎石失败<sup>[22]</sup>。坦索罗辛是一种选择性的肾上腺素能受体抑制剂,具有抑制输尿管平滑肌张力、降低输尿管的蠕动和收缩的频率及幅度,进而促进输尿管官腔扩张,减轻疼痛刺激而促进石头排出<sup>[23]</sup>。既往也有研究证实<sup>[24]</sup>,在 ESWL 的基础上服用坦索罗辛可提高排石效果。而未服用坦索罗辛的患者无法增强尿液传输能力,无法形成压力差来促进结石排出,继而易导致碎石失败<sup>[25]</sup>。

综上所述,低频、中频、高频 ESWL 用于输尿管单发结石患者,碎石效果相当,但随着频率的增加,对患者一过性肾功能损伤越大,且并发症发生风险也相应增加。此外,病程越长、结石位置中下段、结石直径越大、结石嵌顿、未服用坦索罗辛是碎石失败的危险因素,可考虑结合上述因素进行综合评估选择最佳治疗方式,以提高治疗安全性。

#### 参考文献(References)

- [1] Sarica K, Eryildirim B, Sahin C, et al. Emergency management of ureteral stones: Evaluation of two different approaches with an emphasis on patients' life quality [J]. Arch Ital Urol Androl, 2016, 88(3): 201-205
- [2] Iqbal N, Malik Y, Nadeem U, et al. Comparison of ureteroscopic pneumatic lithotripsy and extracorporeal shock wave lithotripsy for the management of proximal ureteral stones: A single center experience[J]. Turk J Urol, 2018, 44(3): 221-227
- [3] Choo MS, Uhm S, Kim JK, et al. A Prediction Model Using Machine Learning Algorithm for Assessing Stone-Free Status after Single Session Shock Wave Lithotripsy to Treat Ureteral Stones [J]. J Urol, 2018, 200(6): 1371-1377
- [4] 彭成,杨节,安森胜,等.输尿管镜下钬激光碎石与体外冲击波碎石术治疗输尿管结石的比较研究[J].现代生物医学进展,2016,16(6): 1095-1097
- [5] Salem S, Mehrsai A, Zartab H, et al. Complications and outcomes following extracorporeal shock wave lithotripsy: a prospective study of 3,241 patients[J]. Urol Res, 2010, 38(2): 135-142
- [6] Li K, Lin T, Zhang C, et al. Optimal frequency of shock wave lithotripsy in urolithiasis treatment: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Urol, 2013, 190(4): 1260-1267
- [7] 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
- [8] 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]. 泌尿外科杂志(电子版), 2022, 14(1): 1-3, 7
- [9] Pavlov VN, Alekseev AV, Pushkarev AM, et al. Extracorporeal shock wave lithotripsy: benefits, limitations and prospects [J]. Urologia, 2016, 18(4): 122-126
- [10] Kang DH, Cho KS, Ham WS, et al. Comparison of High, Intermediate, and Low Frequency Shock Wave Lithotripsy for Urinary Tract Stone Disease: Systematic Review and Network Meta-Analysis[J]. PLoS One, 2016, 11(7): e0158661
- [11] Tawfick A, Matboli M, Shamloul S, et al. Predictive urinary RNA biomarkers of kidney injury after extracorporeal shock wave lithotripsy[J]. World J Urol, 2022, 40(6): 1561-1567
- [12] Elawdy MM, El-Halwagy S, Al-Khanbashi S, et al. Extracorporeal shock wave lithotripsy for bilateral renal stones: A case report with serious complications that could be avoided [J]. Urol Ann, 2018, 10(4): 409-412
- [13] Anglada-Curado FJ, Campos-Hernández P, Carrasco-Valiente J, et al. Extracorporeal shock wave lithotripsy for distal ureteral calculi: improved efficacy using low frequency [J]. Int J Urol, 2013, 20(2): 214-219
- [14] Talso M, Tefik T, Mantica G, et al. Extracorporeal shockwave lithotripsy: current knowledge and future perspectives [J]. Minerva Urol Nefrol, 2019, 71(4): 365-372
- [15] 吕建林,孙西钊. 体外冲击波碎石术中冲击波对组织的损伤效应[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33(3): 219-221
- [16] 姚史武,李汉莱,何强. 不同频率体外冲击波碎石术治疗输尿管单发结石疗效分析 [J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2016, 30(11): 1108-1110
- [17] 李航,张刚,刘学敏,等. 多次体外冲击波碎石对肾脏的影响[J]. 现代泌尿外科杂志, 2010, 15(6): 445-446, 450
- [18] 孙宏伟,郭涛,许加刚,等. 体外冲击波碎石术对不同病程输尿管结石患者的治疗效果[J]. 河南医学研究, 2016, 25(11): 1997-1998
- [19] Bajaj M, Smith R, Rice M, et al. Predictors of success following extracorporeal shock-wave lithotripsy in a contemporary cohort [J]. Urol Ann, 2021, 13(3): 282-287
- [20] Yoon JH, Park S, Kim SC, et al. Outcomes of extracorporeal shock wave lithotripsy for ureteral stones according to ESWL intensity [J]. Transl Androl Urol, 2021, 10(4): 1588-1595
- [21] Sahin C, Cetinel AC, Eryildirim B, et al. Stone size and quality of life: A critical evaluation after extracorporeal shock wave lithotripsy [J]. Arch Ital Urol Androl, 2015, 87(3): 227-232

的危险因素<sup>[25,26]</sup>,提示临床中除监测血清 Sestrin2 水平外,还需密切关注 BMI、UA 等指标变化,以抑制或阻止 CVDs 进展。

综上所述,血清 Sestrin2 在 T2DM 并发 CVDs 患者中呈高表达,与 T2DM 并发 CVDs 风险增加有关,对 T2DM 并发 CVDs 有重要的预测作用,今后可能成为 T2DM 并发 CVDs 的防治靶点之一。

#### 参考文献(References)

- [1] Wang L, Gao P, Zhang M, et al. Prevalence and Ethnic Pattern of Diabetes and Prediabetes in China in 2013[J]. JAMA, 2017, 317(24): 2515-2523
- [2] Xu J, Hirai T, Koya D, et al. Effects of SGLT2 Inhibitors on Atherosclerosis: Lessons from Cardiovascular Clinical Outcomes in Type 2 Diabetic Patients and Basic Researches [J]. J Clin Med, 2021, 11(1): 137
- [3] Sattar N, Lee MMY, Kristensen SL, et al. Cardiovascular, mortality, and kidney outcomes with GLP-1 receptor agonists in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomised trials[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2021, 9(10): 653-662
- [4] Zucatti KP, Teixeira PP, Wayerbacher LF, et al. Long-term Effect of Lifestyle Interventions on the Cardiovascular and All-Cause Mortality of Subjects With Prediabetes and Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis[J]. Diabetes Care, 2022, 45(11): 2787-2795
- [5] 练淑平, 张耀, 王振花. 氧化应激在糖尿病性心血管疾病中的研究进展[J]. 医学综述, 2019, 25(10): 5-6
- [6] Gajos G, Siniarski A, Natorka J, et al. Polyhydrocytes in blood clots of type 2 diabetic patients with high cardiovascular risk: association with glycemia, oxidative stress and platelet activation [J]. Cardiovasc Diabetol, 2018, 17(1): 146
- [7] 王丽雪, 祝筱梅, 卢中秋, 等. 应激诱导蛋白 Sestrin2 研究进展[J]. 生理科学进展, 2018, 49(2): 51-52
- [8] 杨永, 杨树森. 应激诱导蛋白 Sestrin2 在多种病理过程中的作用研究进展[J]. 临床与病理杂志, 2021, 11(2): 23-25
- [9] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南 (2013 年版) [J]. 中国糖尿病杂志, 2014, 22(8): 后插 2- 后插 42
- [10] 中华医学会心血管病学分会. 心血管疾病防治指南和共识[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010: 20-21
- [11] Lees JS, Welsh CE, Celis-Morales CA, et al. Glomerular filtration rate by differing measures, albuminuria and prediction of cardiovascular disease, mortality and end-stage kidney disease[J]. Nat Med, 2019, 25(11): 1753-1760
- [12] 胡盛寿, 杨跃进, 郑哲, 等. 《中国心血管病报告 2018》概要[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(3): 12-15
- [13] 靳小龙, 范昕昕, 王安秀, 等. 非高密度脂蛋白胆固醇与新诊断 2 型糖尿病患者心血管疾病风险的相关性研究[J]. 中国临床医生杂志, 2018, 46(10): 5-7
- [14] 高婷, 王子旭, 陈祝茗, 等. ROS 介导的氧化应激与自噬[J]. 中国畜牧兽医, 2018, 45(3): 656-662
- [15] Newsholme P, Cruzat VF, Keane KN, et al. Molecular mechanisms of ROS production and oxidative stress in diabetes[J]. Biochem J, 2016, 473(24): 4527-4550
- [16] Radak Z, Zhao Z, Koltai E, et al. Oxygen consumption and usage during physical exercise: the balance between oxidative stress and ROS-dependent adaptive signaling [J]. Antioxid Redox Signal, 2013, 18(10): 1208-1246
- [17] Kayama Y, Raaz U, Jagger A, et al. Diabetic Cardiovascular Disease Induced by Oxidative Stress[J]. Int J Mol Sci, 2015, 3(9): 102-104
- [18] 傅敏仪, 罗芳梅, 刘斌. 血管过氧化物酶 1 介导的氧化应激在心血管疾病中的研究进展[J]. 中国动脉硬化杂志, 2021, 3(80): 145-147
- [19] 何东梅. 氧化应激调控 ORAI/STIM 通道在心血管疾病中的作用及进展[J]. 泸州医学院学报, 2020, 6(10): 89-92
- [20] 郭明, 夏中元. Sestrin2 抗氧化应激作用在缺血再灌注中的研究进展[J]. 中国医药导报, 2017, 14(17): 28-31
- [21] 胡永亮, 谭启杏, 王红丽, 等. Sestrin2 通过抑制砷化物诱导的氧化应激反应发挥拮抗细胞凋亡的保护性作用 [J]. 生物技术通讯, 2016, 27(3): 314-317
- [22] 张程昌, 陆艳, 王雷, 等. 新诊断 2 型糖尿病患者血清 Sestrin2 与胰岛素抵抗的相关性研究 [J]. 湖北民族大学学报, 2021, 38(1): 411-412
- [23] 高钊, 曾广伟, 樊贝贝, 等. 冠心病患者血清 Sestrin2 水平及其与基质金属蛋白酶及炎症因子的关系[J]. 广西医学, 2021, 43(23): 2769-2773
- [24] Tian X, Gao Y, Zhong M, et al. The association between serum Sestrin2 and the risk of coronary heart disease in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2022, 22(1): 281
- [25] 张艳青, 何友权. 血清尿酸水平与 2 型糖尿病患者心血管疾病发病的相关性 [J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2020, 15(3): 412-413
- [26] 景昱, 石洁, 鹿斌, 等. 2 型糖尿病患者血清脂质运载蛋白 2 水平与心血管疾病的相关性研究 [J]. 中华内分泌代谢杂志, 2021, 37(4): 714-715

(上接第 3488 页)

- [22] 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
- [23] Meltzer AC, Burrows PK, Wolfson AB, et al. Effect of Tamsulosin on Passage of Symptomatic Ureteral Stones: A Randomized Clinical Trial[J]. JAMA Intern Med, 2018, 178(8): 1051-1057
- [24] 傅长德, 辛军, 沈倩天, 等. 坦索罗辛联合双氯芬酸钠缓释片对老年男性输尿管下段结石体外冲击波碎石后辅助排石的作用[J]. 中国老年学杂志, 2017, 37(8): 1979-1981
- [25] Ouyang W, Sun G, Long G, et al. Adjunctive medical expulsive therapy with tamsulosin for repeated extracorporeal shock wave lithotripsy: a systematic review and meta-analysis [J]. Int Braz J Urol, 2021, 47(1): 23-35