

## • 共识解读 •

## 《体外冲击波碎石术中国专家共识》解读

马雪中<sup>1△</sup> 李柳林<sup>1△</sup> 张扬<sup>1</sup> 马隆<sup>1</sup> 丛小明<sup>1</sup> 张鑫<sup>1</sup> 张庆玲<sup>1</sup> 黄卫周<sup>1</sup> 陈雪花<sup>1</sup>  
储灿<sup>1</sup> 张玉红<sup>1</sup> 苏建<sup>1</sup> 顾晓箭<sup>1</sup> 徐彦<sup>1</sup>

**【摘要】** 体外冲击波碎石术(extracorporeal shock wave lithotripsy, ESWL)是上尿路结石的安全、有效的微创治疗方法。目前国内对于 ESWL 的诊疗规范仍缺乏统一的认识,为此由中华医学会泌尿外科学分会结石学组和中国泌尿系统结石联盟专家编撰的《体外冲击波碎石术中国专家共识》(后均简称《共识》)得以完成并正式发表,这是一个以循证为基础、以问题为导向,兼重临床经验总结的专家共识,本文作者在学习共识后力求在 ESWL 适应证与禁忌证、术前准备、技术操作、并发症预防及处理、术后处理及随访、ESWL 发展趋势等方面对《共识》作适当的说明与剖析,亦为从事 ESWL 的操作人员提供有用的建议和指导。

**【关键词】** 体外冲击波碎石术;泌尿系结石;共识;解读

**DOI:**10.13201/j.issn.1001-1420.2024.04.003

**【中图分类号】** R691.4 **【文献标志码】** A

## Interpretation of Chinese expert consensus on extracorporeal shock wave lithotripsy

MA Xuezhong LI Liulin ZHANG Yang MA Long CONG Xiaoming ZHANG Xin  
ZHANG Qingling HUANG Weizhou CHEN Xuehua CHU Can ZHANG Yuhong  
SU Jian GU Xiaojian XU Yan

(Department of Urology, Jiangsu Province Hospital of Chinese Medicine, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing, 210029, China)

Corresponding author: XU Yan, E-mail: yfy132@njucm.edu.cn

**Abstract** Extracorporeal shock wave lithotripsy is a safe and effective minimally invasive treatment for upper urinary calculi. At present, there is still a lack of unified consensus on the diagnosis and treatment standards of ESWL in China. Therefore, the Chinese expert consensus on extracorporeal shock wave lithotripsy (hereinafter referred to as "Consensus") compiled by experts from Calculi Group of Chinese Urology Association and Chinese Urolithiasis Consortium has been completed and officially published, which is a consensus based on evidence, problem-oriented and focusing on clinical experience summary. This paper further explains and expounds the Consensus from the aspects of indications and contraindications of ESWL, preoperative preparation, technical operation, prevention and treatment of complications, postoperative treatment and follow-up, and development trend of ESWL, aiming at providing useful suggestions and guidance for operators engaged in ESWL.

**Key words** extracorporeal shock wave lithotripsy; urinary calculi; consensus; interpretation

### 1 指南重点内容解读

#### 1.1 适应证与禁忌证

专家普遍认为结石负荷和位置是影响体外冲击波碎石术(extracorporeal shock wave lithotripsy, ESWL)无石率(stone free rate, SFR)的重要因素。共识推荐 ESWL 的适应证包括:直径 $\leq 20$  mm 的肾结石及输尿管结石<sup>[1]</sup>,对于肾下盏结石,基于大

部分结石碎片位于肾下盏位置并导致结石复发进展的事实,建议结石直径 $\leq 10$  mm 可首选 ESWL<sup>[2-3]</sup>。直径在 10~20 mm 的结石,建议排除 ESWL 的不利因素,包括狭长的盏颈、尖锐的肾盂肾下盏夹角(infundibular-pelvic angle, IPA)、高硬度(CT 值 $>1\ 000$  HU)、冲击波抵抗(一水草酸钙、胱氨酸、磷酸氢钙)、较远的皮肤-结石距离(skin-to-stone distance, SSD)等,可首选 ESWL<sup>[4]</sup>。共识不推荐对于 $>20$  mm 的上尿路结石采用单一的 ESWL 治疗,因其较低的成功率和 SFR 常需要多次治疗,并且会增加输尿管梗阻导致的肾绞痛或“石

<sup>1</sup>江苏省中医院(南京中医药大学附属医院)泌尿外科(南京,210029)

<sup>△</sup>共同第一作者

通信作者:徐彦, E-mail: yfy132@njucm.edu.cn

街”形成的风险<sup>[5]</sup>。然而,对于存在内镜碎石禁忌,或为避免侵入性手术和(或)麻醉,并愿意接受 ESWL 失败、重复 ESWL 和“石街”形成风险时,则可以考虑 ESWL,且术前可能需要考虑置入输尿管支架以减少 ESWL 后发生肾绞痛和输尿管梗阻的风险。基于目前循证学证据,共识推荐 ESWL 是治疗单发,直径 $\leq 20$  mm 的膀胱结石的有效治疗方法<sup>[6]</sup>。但不适于多发结石,或继发于如膀胱出口梗阻、尿道狭窄等下尿路梗阻因素的膀胱结石。另外共识首次提出了对于输尿管支架附壁结石导致拔管困难的患者可首选 ESWL 增加拔管成功率,特别适合结壳跨度 $\leq 1.5$  cm 的近端附壁结石,ESWL 的重点碎石部位在肾脏结壳圈及肾盂输尿管连接部位<sup>[7-8]</sup>。

共识明确妊娠是 ESWL 的绝对禁忌,动物研究表明妊娠期 ESWL 与低出生体重、胎盘移位、流产有关<sup>[9]</sup>,其他相对禁忌证包括:未纠正的出血性疾病及凝血功能障碍,未经治疗或严重的心肺疾病、高血压,未控制的尿路感染,重度肥胖或严重骨骼畸形,结石附近或冲击波路径有血管瘤或其他肿瘤,结石远端尿路梗阻,传染病活动期,肾功能不全<sup>[4]</sup>。共识特别强调未纠正的出血性疾病及凝血功能障碍是重要的禁忌,因其会导致严重的出血性风险,尤其是肾结石及输尿管上段结石<sup>[10]</sup>。未经治疗或严重的高血压是导致 ESWL 出血和肾血肿的重要危险因素<sup>[11]</sup>。结石附近或冲击波路径上的血管瘤,特别是动脉瘤,会增加 ESWL 出血的风险,通常被列为禁忌。重度肥胖会增加 SSD,同时增加出血风险,产生 ESWL 负面影响<sup>[12]</sup>,严重的骨骼畸形可能会影响 ESWL 的定位。但如果可以建立有利的冲击波路径,则不应排除此类患者<sup>[13]</sup>。肾功能不全并非 ESWL 的绝对禁忌证,轻度肾功能不全患者行 ESWL 处理结石后可进一步改善肾功能<sup>[14]</sup>。因尿路梗阻导致的肾后性肾功能不全,可先行引流,待肾功能改善后再考虑 ESWL。值得注意的是肾功能受损患者 ESWL 后碎片排出效率会降低。

### 1.2 术前检查、评估及准备

ESWL 术前检查、评估及准备的目的在于排除治疗禁忌,优化病例选择,尽可能降低治疗风险,提高治疗效果。

腹部卧位平片(kidney-ureter-bladder, KUB)联合超声检查足以评估结石负荷和肾积水的程度,可在 ESWL 前区分 X 线阴性或阳性结石,对于 ESWL 适应证和影像定位方式的选择提供重要的信息。非增强 CT(non-contrast computed tomography, NCCT)扫描能准确评估结石的位置、负荷、结石密度、SSD、肾积水状态以及肾实质形态<sup>[1]</sup>。

病史询问重点关注患者高血压、糖尿病、肾功

能状态、抗凝药应用情况、尿路解剖畸形、既往 ESWL 及泌尿系统手术史。大负荷结石往往需要多期治疗,单期治疗未能清除不应被视为治疗失败,而应被视作冲击波物理效应所能达到的预期结果<sup>[15]</sup>。积气的肠道不仅影响结石定位,还会削弱冲击波能量传导效率。

术前应与患者充分沟通,交待病情并推荐当前可选的治疗方案,签署知情同意书。

### 1.3 技术操作

根据影像定位设备实时确认的结石部位,选择合适的冲击入路。冲击入路所对应的体位因所用碎石设备的波源位置不同而存在差异。

X 线定位主要依靠(可在一定角度内旋转的)C 臂和(可移动的)床面或波源来完成:当 C 臂垂直于床面时,水平移动床面,令结石与影像靶点重合;旋转 C 臂至倾斜角度,通过控制床面升降或与 C 臂同轴设计的波源升降,再次令结石与影像靶点重合。

超声定位根据超声探头的位置可分为侧方定位与中轴定位 2 种。侧方超声定位较为常用,其定位原理如下:超声探头固定于位于波源侧方的(运行轨迹以波源焦点为中心的)定位支架上,通过定位支架控制探头进行前后、左右、上下滑动及探头自身旋转,配合床面的平移与升降,使结石逐次逼近影像靶点。中轴定位的碎石设备其超声探头位于冲击波源内部,探头隔着水囊贴近人体寻找结石并将其移动至超声图像的中轴线,通过调节波源反射杯(沿中轴线)前后移动,使影像靶点移动至结石位置。

对于结石显示不理想的患者,必要时可通过输尿管导管逆行造影或经皮顺行造影创造定位条件。

影像靶点是(不可见的)波源焦点的外在显示。在使用过程中,两者可能会发生位置相对偏移继而影响疗效。当设备在应用过程中碎石效率明显下降或在设备常规维护后,需要确认影像靶点与波源焦点的匹配情况并及时校准。

耦合质量决定冲击波的能量传导效率。耦合质量受多种因素影响:波源水囊的材质、耦合剂的性状、耦合剂使用方法(最好先涂抹于波源)和患者因素(患者在治疗过程中身体位置移动导致的解耦)<sup>[16]</sup>。

高能量水平会产生大碎片,低能量水平产生小碎片。在一个疗程中过大冲击波能量输出可能导致肾挫伤和其他组织损伤,阶梯式能量递增策略有助于发现结石初始崩解的能量水平,从而可以避免能量方面的过度治疗<sup>[13]</sup>。

术中须时刻关注结石动态(呼吸及体位变化可导致结石移位)并作出调整,当碎石效果已达理想水平或当冲击波已达单期治疗上限时,ESWL 应当及时终止<sup>[13]</sup>。

在术中镇痛方面,非甾体类抗炎药比阿片类药

物具有更好的镇痛功效<sup>[17]</sup>,但非甾体类抗炎药有抗血小板聚集作用,对出血风险偏高的肾和输尿管近端结石患者,ESWL 术中镇痛可选择阿片类药物。对有全身性镇痛剂使用禁忌证的患者局部麻醉药物可以作为疼痛管理替代方案<sup>[18]</sup>。

#### 1.4 并发症的预防及处理

ESWL 总体并发症发生率不高,且绝大部分较轻微。Clavien I~II 级为 18.4%,Clavien III~IV 级并发症为 2.5%<sup>[19]</sup>。冲击波对肾和非肾组织的物理作用、结石碎片排出、感染等是 ESWL 后并发症的主要原因<sup>[20]</sup>。

ESWL 对肾脏组织最常见的影响是导致出血性并发症,包括血尿及肾血肿的形成。约有 17% 的患者会在术后出现肉眼血尿<sup>[19]</sup>,且绝大部分为自限性。降低冲击波的频率可以减少血尿的发生<sup>[21]</sup>。ESWL 后常规行 CT 检查,血肿发生率可达 20%~25%。其中有症状肾血肿发病率不到 1%。在大多数情况下,血肿可采取保守治疗,并且对血压或肾功能没有明显的远期不良影响。保守治疗失败的患者,可考虑行介入栓塞或手术干预。血肿形成的潜在危险因素包括出血性疾病、使用具有抗血小板活性的药物、高龄、高血压、肥胖、糖尿病以及冲击波的数量和强度<sup>[22]</sup>。预防措施包括术前严格评估患者是否存在肾脏损伤的危险因素,重点关注有无服用抗凝血药物、高血压是否控制良好,同时规范技术操作,合理选择碎石参数<sup>[23]</sup>。

ESWL 术后结石碎片通过输尿管排出诱发输尿管痉挛导致肾绞痛发作,发生率为 2%~4%<sup>[24]</sup>,缓解肾绞痛首选非甾体类抗炎药,联合  $\alpha$  受体阻滞剂可加速结石碎片排出,减少肾绞痛发作。结石碎片在输尿管腔内堆积可形成“石街”,发生率为 4%~7%<sup>[25]</sup>。较大的结石负荷是形成“石街”的危险因素,当结石 >20 mm 时,发生率为 5%~10%,鹿角形结石发生率达 40%<sup>[20]</sup>。结石 >20 mm 的患者 ESWL 术前置入支架可降低“石街”的风险。对于无症状或无并发症的“石街”,建议保守治疗。当存在碎片排出时间超过 2 周、任何中等程度的梗阻或存在 >5 mm 的结石碎片时,需要重复 ESWL<sup>[1]</sup>。如果出现严重梗阻、感染或肾功能恶化,则需要进一步进行输尿管镜检查或经皮肾造口术以缓解梗阻并控制感染。结石大小和部位、肾脏形态和冲击波能量是“石街”形成的重要预测因素。如果患者很可能形成“石街”,则需要密切随访,早期干预或 ESWL 前预防性输尿管支架置入。

ESWL 术后可能发生菌尿、菌血症、脓毒症等感染性并发症,术前尿培养阳性或存在尿路梗阻,反复发作的尿路感染史、感染性结石是感染的危险因素。术前关注尿培养及尿常规并控制尿路感染,是预防尿源性脓毒症的关键。

#### 1.5 术后处理及随访

药物排石(medical expulsive therapy, MET)可加速 ESWL 术后碎石的清除。服用  $\alpha$ -肾上腺素受体拮抗剂( $\alpha$ -阻滞剂)或钙通道阻滞剂可提高结石清除率,缩短排石时间并减少肾绞痛事件,尤其适用于 >5 mm 的结石碎片<sup>[26]</sup>。体位倒置和体外物理振动排石(external physical vibration lithotripsy, EPVL)是安全有效的辅助排石方法,有助于 ESWL 治疗后上尿路结石的排出,尤其是适用于肾下盏结石<sup>[27]</sup>。DIVE 理念模式即通过物理振动(vibration, V)联合体位倒置(inversion, I)并在期间通过高效利尿(diuresis, D)完成碎片最大化清除(elimination, E)可能使患者能够最大程度实现非侵入性碎片清除<sup>[15]</sup>。

共识建议结石排出后,依据结石的成分分析和简单代谢评估结果进行结石形成风险分层,对于高风险结石形成患者需进行全面的或特殊的代谢评估。所有结石形成者,无论其个人风险如何,都应遵循一般性预防措施,包括高液体摄入量、均衡膳食营养的饮食习惯和生活方式风险的正常化。高风险的结石患者需要针对复发进行特定的预防,通常是基于结石成分和尿液风险概况的药物预防<sup>[28]</sup>。含钙结石的药物预防:对于存在高钙尿的含钙结石患者噻嗪类利尿剂可有效减少尿钙排泄,降低结石复发率,治疗期间需同时补充枸橼酸钾以预防低钾血症和低氯性代谢性酸中毒。尿酸结石的药物预防:碱化尿液是预防尿酸结石形成的首要干预措施,可选用枸橼酸氢钾钠、碳酸氢钠等,碱化尿液 pH 值至 6.2~6.8。胱氨酸结石的药物预防:胱氨酸结石患者应终生严格预防,碱化尿液 pH 值有助于减少胱氨酸结石形成,常用碱化尿液的药物为枸橼酸钾或联用乙酰唑胺。感染性结石的药物预防:对于感染性结石患者完全清石对减少结石复发至关重要,术后应根据病原学培养结果及尿培养或结石培养药敏试验选择敏感抗生素长期维持治疗以减少结石复发。

建议 ESWL 术后首次影像学检查时间为术后 2~4 周,过早的复查可能会出现假阳性结果导致过度治疗<sup>[13]</sup>。除非怀疑存在急性尿路梗阻或感染等严重并发症。可以选择超声联合 KUB 作为 ESWL 术后常规检查方式。NCCT 对于检测残留碎片的灵敏度最高,但同时会增加辐射暴露,在超声或 KUB 难以明确或出现并发症时可以提供更多帮助。重复 ESWL 是 ESWL 失败后的一种替代方式,对于肾结石的治疗,基于肾损伤修复时间在 1~2 周内,建议重复 ESWL 疗程间隔时间至少 2 周较为安全,而对于输尿管结石,早期的重复 ESWL 治疗证实是安全有效的,最短间隔时间为 24 h<sup>[29]</sup>。

临床上完全清石或存在  $\leq 4$  mm 无意义的残留碎片 clinically insignificant residual fragments,

CIRF)或无症状残留碎片(asymptomatic residual fragments, ARF)仍有可能出现复发、进展。应根据患者的结石成分、残留结石大小、既往复发史、有无代谢异常等,设计个体化随访方案。对于无结石残留或 $\leq 4$  mm 残石且无症状的患者应进行至少2年的影像随访,残留碎片较大( $> 4$  mm)的患者会出现更高的复发率与进展风险,建议接受进一步的干预措施。对结石复发高风险患者,针对性的药物治疗可以减缓结石或残余碎片的生长,在影像学复查经历36~48个月无明显进展后,可停止随诊<sup>[30]</sup>。

### 1.6 ESWL 设备分类及发展趋势

目前临床常用的 ESWL 设备按冲击波产生的原理主要分为3类<sup>[31]</sup>:液电式、压电式、电磁式。

**液电式冲击波碎石设备:**液电式冲击波通过放置在水中的电极高压放电产生,经椭球体反射器反射聚焦。液电式碎石设备碎石效率较高,但相对较短的电极持久性和全身麻醉的必要性是其不利之处,电极磨损会导致能量输出不稳定和焦点位置的变化(“漂移”)。

**压电式冲击波碎石设备:**压电式冲击波是由安装在球形载体上曲面排列的陶瓷元件高压作用下产生,自行聚焦形成高能冲击波。压电碎石设备具备良好的能量聚焦区域以及稳定持久能量来源,但由于初代设备能量输出功率较低,且能量作用范围相对狭窄,碎石效果差强人意。新一代的压电式碎石设备启用双层压电陶瓷元件设计来提升冲击波能量,并提供不同的能量作用范围选择。

**电磁式冲击波碎石设备:**电磁式波源能量输出稳定,聚焦方式多样(反射、折射和自聚焦),是目前最常用的波源类型。反射式电磁波源能量聚焦原理与液电式波源相仿,产生的冲击波经过反射杯聚焦;折射式电磁波源由高压电脉冲通过螺旋排列的线圈作用于金属膜令其发生振动,产生的平面冲击波通过声学透镜完成能量聚焦;自聚焦式电磁波源通过高压脉冲作用于曲面排列的线圈与金属膜产生冲击波自行聚焦。电磁式冲击波通过较大的皮肤接触面进入患者身体,可减少麻醉的需求。

体外冲击波碎石设备经过四十多年的改进与创新,其设备发展主要有以下趋势:①能量输出稳定、传导率高,成本更低的电磁式冲击波源应用更为广泛。②B超和X线双定位系统,通过两者联合定位有利于提高 ESWL 定位精准度。③配备光耦合控制技术的碎石设备能有效提升冲击波能量传导效率<sup>[32]</sup>。④双波源碎石设备装备2个互成角度的冲击波源,从2个方向同时/交替发出的冲击波形成立体的治疗焦区,高效碎石的同时可降低局部组织损伤<sup>[33]</sup>。⑤具有结石智能导航定位和实时跟踪功能的碎石设备,可帮助医生提高定位效率。⑥某些电磁式碎石设备通过改变电磁波源的脉冲持续时间、透

镜折射率等方式,可实现调焦区位置及能量作用范围整<sup>[34]</sup>。⑦部分机型兼具冲击波碎石、专科诊查及腔内手术一体化功能<sup>[35]</sup>。

## 2 共识亮点

共识由国内结石领域知名专家学者,遵循循证学证据,结合多中心临床实践经验后共同执笔完成,实用性强,对 ESWL 碎石医生和相关技术人员有较强的指导作用,且具有一些亮点:

①共识进一步明确了 ESWL 的适应证与禁忌证。首次提出推荐输尿管支架附壁结石导致拔管困难的患者可首选 ESWL。ESWL 是治疗 $< 20$  mm 的单发膀胱结石且排除合并下尿路梗阻的一种有效、微创的治疗选择;共识指出 ESWL 治疗输尿管结石,其直径可至 20 mm。

②共识强调了 ESWL 术前进行检查、评估及准备的必要性,指出了降低治疗风险、提高疗效的关键点及注意事项。

③在 ESWL 技术操作方面,共识更加强调以“冲击入路”与“波源位置”共同作为确定 ESWL“体位”的依据,一定程度上改善了传统“体位”描述因不同机型波源位置差异等造成的表述不清。

④在并发症的预防及处理方面,共识着重总结了临床常见的并发症的预防及处理措施,对于潜在的长期不良反应,包括高血压、糖尿病、影响肾功能和生育能力下降等方面,因缺乏高级别循证学证据,共识未予采用。

⑤共识细化了 ESWL 术后的处理及随访内容,强调在结石复发风险分层与病因诊断基础上进行个体化治疗与预防;强调规范化的 ESWL 全程治疗,以慢病管理流程建立规范、系统的远期随访,且明确了各个阶段的随访时间间隔。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参考文献

- [1] Zeng G, Zhong W, Chaussy CG, et al. International Alliance of Urolithiasis Guideline on Shockwave Lithotripsy[J]. Eur Urol Focus, 2023, 9(3): 513-523.
- [2] Chaussy C, Bergsdorf T. Extracorporeal shockwave lithotripsy for lower pole calculi smaller than one centimeter[J]. Indian J Urol, 2008, 24(4): 517-520.
- [3] Pearle MS, Lingeman JE, Leveillee R, et al. Prospective, randomized trial comparing shock wave lithotripsy and ureteroscopy for lower pole caliceal calculi 1 cm or less[J]. J Urol, 2005, 173(6): 2005-2009.
- [4] Reynolds LF, Krocak T, Pace KT. Indications and contraindications for shock wave lithotripsy and how to improve outcomes[J]. Asian J Urol, 2018, 5(4): 256-263.
- [5] Türk C, Petrik A, Sarica K, et al. EAU Guidelines on Interventional Treatment for Urolithiasis [J]. Eur Urol, 2016, 69(3): 475-482.
- [6] Ali M, Hashem A, Helmy TE, et al. Shock wave lithotripsy versus endoscopic cystolitholapaxy in the management of patients presenting with calcular a-

- cute urinary retention; a randomised controlled trial [J]. *World J Urol*, 2019, 37(5): 879-884.
- [7] Tomer N, Garden E, Small A, et al. Ureteral Stent Encrustation: Epidemiology, Pathophysiology, Management and Current Technology [J]. *J Urol*, 2021, 205(1): 68-77.
- [8] 郭松, 李明杰, 王祥涛, 等. 体外冲击波碎石在治疗结石形成导致双J管滞留中的价值 [J]. *中国微创外科杂志*, 2012, 12(12): 1105-1106.
- [9] Ohmori K, Matsuda T, Horii Y, et al. Effects of shock waves on the mouse fetus [J]. *J Urol*, 1994, 151(1): 255-258.
- [10] Ruiz H, Saltzman B. Aspirin-induced bilateral renal hemorrhage after extracorporeal shock wave lithotripsy therapy: implications and conclusions [J]. *J Urol*, 1990, 143(4): 791-792.
- [11] Lee HY, Yang YH, Shen JT, et al. Risk factors survey for extracorporeal shockwave lithotripsy-induced renal hematoma [J]. *J Endourol*, 2013, 27(6): 763-767.
- [12] Nussberger F, Roth B, Metzger T, et al. A low or high BMI is a risk factor for renal hematoma after extracorporeal shock wave lithotripsy for kidney stones [J]. *Urolithiasis*, 2017, 45(3): 317-321.
- [13] Chaussy CG, Tiselius HG. How can and should we optimize extracorporeal shockwave lithotripsy? [J]. *Urolithiasis*, 2018, 46(1): 3-17.
- [14] Paryani JP, Ather MH. Improvement in serum creatinine following definite treatment of urolithiasis in patients with concurrent renal insufficiency [J]. *Scand J Urol Nephrol*, 2002, 36(2): 134-136.
- [15] Tiselius HG, Chaussy CG. Arguments for choosing extracorporeal shockwave lithotripsy for removal of urinary tract stones [J]. *Urolithiasis*, 2015, 43(5): 387-396.
- [16] Jain A, Shah TK. Effect of air bubbles in the coupling medium on efficacy of extracorporeal shock wave lithotripsy [J]. *Eur Urol*, 2007, 51(6): 1680-1686; discussion 1686-1687.
- [17] Skolarikos A, Alivizatos G, de la Rosette J. Extracorporeal shock wave lithotripsy 25 years later: complications and their prevention [J]. *Eur Urol*, 2006, 50(5): 981-990; discussion 990.
- [18] D'Addessi A, Vittori M, Racioppi M, et al. Complications of extracorporeal shock wave lithotripsy for urinary stones: to know and to manage them—a review [J]. *The Scientific World Journal*, 2012, 2012: 619820.
- [19] Pathan SA, Mitra B, Cameron PA. A Systematic Review and Meta-analysis Comparing the Efficacy of Nonsteroidal Anti-inflammatory Drugs, Opioids, and Paracetamol in the Treatment of Acute Renal Colic [J]. *Eur Urol*, 2018, 73(4): 583-595.
- [20] Laksita TB, Soebadi MA, Wirjopranoto S, et al. Local anesthetics versus systemic analgesics for reducing pain during Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (ESWL): A systematic review and meta-analysis [J]. *Turk J Urol*, 2021, 47(4): 270-278.
- [21] Tzelvels L, Geraghty R, Mourmouris P, et al. Shock-wave Lithotripsy Complications According to Modified Clavien-Dindo Grading System. A Systematic Review and Meta-regression Analysis in a Sample of 115 Randomized Controlled Trials [J]. *Eur Urol Focus*, 2022, 8(5): 1452-1460.
- [22] Madbouly K, El-Tiraifi AM, Seida M, et al. Slow versus fast shock wave lithotripsy rate for urolithiasis: a prospective randomized study [J]. *J Urol*, 2005, 173(1): 127-130.
- [23] Schnabel MJ, Gierth M, Chaussy CG, et al. Incidence and risk factors of renal hematoma: a prospective study of 1,300 SWL treatments [J]. *Urolithiasis*, 2014, 42(3): 247-253.
- [24] Tan YM, Yip SK, Chong TW, et al. Clinical experience and results of ESWL treatment for 3,093 urinary calculi with the Storz Modulith SL 20 lithotripter at the Singapore general hospital [J]. *Scand J Urol Nephrol*, 2002, 36(5): 363-367.
- [25] Madbouly K, Sheir KZ, Elsobky E, et al. Risk factors for the formation of a steinstrasse after extracorporeal shock wave lithotripsy: a statistical model [J]. *J Urol*, 2002, 167(3): 1239-1242.
- [26] Seitz C, Liatsikos E, Porphiglia F, et al. Medical therapy to facilitate the passage of stones; what is the evidence? [J]. *Eur Urol*, 2009, 56(3): 455-471.
- [27] Wu W, Yang Z, Tang F, et al. How to accelerate the upper urinary stone discharge after extracorporeal shock-wave lithotripsy (ESWL) for < 15 mm upper urinary stones: a prospective multi-center randomized controlled trial about external physical vibration lithocbole (EPVL) [J]. *World J Urol*, 2018, 36(2): 293-298.
- [28] 中华医学会泌尿外科学分会结石学组, 中国泌尿系结石联盟. 泌尿系结石代谢评估与复发预防中国专家共识 [J]. *中华泌尿外科杂志*, 2023, 44(5): 321-324.
- [29] Turan T, Efioglu O, Danacioglu YO, et al. Can intervals in extracorporeal shock wave lithotripsy sessions affect success in the treatment of upper ureteral stones? [J]. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*, 2018, 13(4): 507-511.
- [30] Tzelvels L, Geraghty R, Lombardo R, et al. Duration of Follow-up and Timing of Discharge from Imaging Follow-up, in Adult Patients with Urolithiasis After Surgical or Medical Intervention: A Systematic Review and Meta-analysis from the European Association of Urology Guideline Panel on Urolithiasis [J]. *Eur Urol Focus*, 2023, 9(1): 188-198.
- [31] Neisius A, Lipkin ME, Rassweiler JJ, et al. Shock wave lithotripsy: the new phoenix? [J]. *World J Urol*, 2015, 33(2): 213-221.
- [32] Taily GG, Taily-Cusse MM. Optical coupling control: an important step toward better shockwave lithotripsy [J]. *J Endourol*, 2014, 28(11): 1368-1373.
- [33] Handa RK, McAteer JA, Willis LR, et al. Dual-head lithotripsy in synchronous mode: acute effect on renal function and morphology in the pig [J]. *BJU Int*, 2007, 99(5): 1134-1142.
- [34] De Sio M, Autorino R, Quarto G, et al. A new transportable shock-wave lithotripsy machine for managing urinary stones: a single-centre experience with a dual-focus lithotripter [J]. *BJU Int*, 2007, 100(5): 1137-1141.
- [35] Taily GG. Extracorporeal shock wave lithotripsy today [J]. *Indian J Urol*, 2013, 29(3): 200-207.