

论著·临床研究

## 球囊扩张联合气压弹道超声碎石术在经皮肾镜取石术治疗单侧肾结石中的应用

唐海啸, 石博文, 戴泽昊, 黄云腾

上海交通大学医学院附属新华医院泌尿外科, 上海 200092

**[摘要]** **目的**·探究球囊扩张联合气压弹道超声碎石术在经皮肾镜取石术 (percutaneous nephrolithotomy, PCNL) 治疗单侧肾结石中的应用效果。**方法**·回顾性分析 2017 年 6 月至 2019 年 7 月期间在上海交通大学医学院附属新华医院泌尿外科行 PCNL 的 94 例单侧肾结石患者, 将其分为 A 组与 B 组。其中, 68 例 (A 组) 行球囊扩张联合气压弹道超声碎石术, 26 例 (B 组) 行筋膜扩张联合钬激光碎石术, 比较 2 种方法治疗单侧肾结石的临床效果。**结果**·A 组手术时间短于 B 组 [(107.82±10.87) min vs (115.41±10.68) min,  $P=0.003$ ], 术后白细胞 (white blood cell, WBC) 升高率低于 B 组 (4.41% vs 23.08%,  $P=0.018$ ), 术后发热 ( $\geq 38.5^{\circ}\text{C}$ ) 率低于 B 组 (4.41% vs 23.08%,  $P=0.018$ )。2 组在血红蛋白下降值、WBC 计数、住院时间、结石清除率、输血率和集合系统穿孔率上差异无统计学意义 (均  $P>0.05$ )。**结论**·在 PCNL 治疗单侧肾结石中应用球囊扩张联合气压弹道超声碎石术可缩短手术时间, 降低术后 WBC 升高率和发热率, 值得临床推广应用。

**[关键词]** 球囊扩张; 经皮肾镜取石术; 气压弹道超声碎石术; 肾结石; 筋膜扩张; 钬激光碎石术

**[DOI]** 10.3969/j.issn.1674-8115.2020.08.014 **[中图分类号]** R692.4 **[文献标志码]** A

## Balloon dilatation combined with pneumatic and ultrasound lithotripsy in the treatment of unilateral renal stones by percutaneous nephrolithotomy

TANG Hai-xiao, SHI Bo-wen, DAI Ze-hao, HUANG Yun-teng

Department of Urology, Xinhua Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200092, China

**[Abstract]** **Objective**·To investigate the application effect of balloon dilatation and percutaneous nephrolithotomy (PCNL) combined with pneumatic and ultrasound lithotripsy on the clinical treatment of unilateral kidney stones. **Methods**·Ninety-four patients with unilateral kidney stones who accepted PCNL in the Department of Urology, Xinhua Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine from June 2017 to July 2019, were retrospectively analyzed and divided into group A and group B. Among them, 68 patients (group A) were subjected to balloon dilatation combined with pneumatic and ultrasound lithotripsy, while 26 patients (group B) underwent fascia dilatation combined with holmium laser lithotripsy. The clinical effects of two kinds of lithotripsy on the treatment of unilateral kidney stones were compared. **Results**·The operation time was shorter in group A than that in group B [(107.82±10.87) min vs (115.41±10.68) min,  $P=0.003$ ]. The increase rate of postoperative white blood cell (WBC) was lower in group A than that in group B (4.41% vs 23.08%,  $P=0.018$ ). The fever ( $\geq 38.5^{\circ}\text{C}$ ) rate was lower in group A than that in group B (4.41% vs 23.08%,  $P=0.018$ ). There were no significant differences in hemoglobin reduction, WBC count, hospital stay, stone-free rate, blood transfusion rate and perforation rate of collection system between the two groups (all  $P>0.05$ ). **Conclusion**·Balloon dilatation combined with pneumatic and ultrasound lithotripsy in treatment of unilateral renal stones by PCNL can shorten the operation time, and reduce the increase rate of postoperative WBC and fever rate, which is worthy of being promoted in the clinical treatment of patients with unilateral kidney stones.

**[Key words]** balloon dilatation; percutaneous nephrolithotomy (PCNL); pneumatic and ultrasound lithotripsy; kidney stones; fascia dilatation; holmium laser lithotripsy

肾结石是泌尿外科常见的疾病之一, 占有尿路结石的 80% ~ 90%<sup>[1-2]</sup>。目前, 体外冲击波碎石术 (extracorporeal shock wave lithotripsy, ESWL)、经输尿管

镜碎石术 (ureteroscopic lithotripsy, URL) 和经皮肾镜取石术 (percutaneous nephrolithotomy, PCNL) 是治疗肾结石的 3 种主要微创技术<sup>[2-3]</sup>。根据 2016 版美国泌尿外科协

**[基金项目]** 上海市科学技术委员会科研计划项目 (17441905602)。

**[作者简介]** 唐海啸 (1989—), 男, 硕士生; 电子信箱: tanghaixiao12138@163.com。

**[通信作者]** 黄云腾, 电子信箱: huangyunteng@xinhumed.com.cn。

**[Funding Information]** Scientific Research Project of Science and Technology Commission of Shanghai Municipality (17441905602)。

**[Corresponding Author]** HUANG Yun-teng, E-mail: huangyunteng@xinhumed.com.cn。

会和欧洲泌尿外科协会的多部权威指南推荐, PCNL 可作为长径 >2 cm 肾结石的一线治疗方法<sup>[4-5]</sup>。据文献报道, 尽管 PCNL 的结石清除率 (stone-free rate, SFR) 高达 96.1%, 但脓毒症、邻近器官损伤和失血等严重并发症仍是泌尿外科术者担忧的问题之一<sup>[6-7]</sup>。

临床上泌尿外科术者可以借助液电碎石术、激光碎石术、超声碎石术和气压弹道碎石术等方法粉碎肾结石<sup>[8]</sup>。其中, 在 PCNL 中钬激光碎石术 (holmium laser lithotripsy, HLL) 通过快速“汽化”和“爆破”肾结石, 能显著缩短碎石时间<sup>[9]</sup>。而 PCNL 在瑞士 EMS 公司气压弹道超声碎石系统的辅助下, 可实现较高的 SFR<sup>[10]</sup>。球囊扩张器和筋膜扩张器是 PCNL 中通道建立的常用医疗器械<sup>[11-12]</sup>。目前, 尽管有大量球囊扩张器和筋膜扩张器优劣比较的相关报道, 但研究结论仍有争议<sup>[12-14]</sup>。本研究旨在比较球囊扩张联合第五代气压弹道超声碎石术与筋膜扩张联合 HLL 在 PCNL 治疗单侧肾结石中的效果, 并探讨球囊扩张联合第五代气压弹道超声碎石术在 PCNL 中治疗单侧肾结石的应用价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

选取 2017 年 6 月至 2019 年 7 月期间在上海交通大学医学院附属新华医院泌尿外科经计算机断层扫描 (computed tomography, CT)、肾-输尿管-膀胱泌尿系腹平片 (kidney-ureter-bladder, KUB) 或超声 (ultrasound, US) 诊断的单侧肾结石患者 94 例。所有患者均采用 PCNL 治疗, 根据术前患者意愿及术中所用扩张器和结石粉碎技术的不同, 将其分为 2 组, A 组 68 例采用球囊扩张联合第五代气压弹道超声碎石术, B 组 26 例采用筋膜扩张联合 HLL。本研究经上海交通大学医学院附属新华医院伦理委员会批准 (审批号 XHEC-D-2020-008), 所有患者均知情同意。

### 1.2 纳入标准及排除标准

纳入标准: ①年龄 >12 岁且 <75 岁。②单纯单侧肾结石。③ PCNL 中应用球囊扩张联合第五代气压弹道超声碎石术或筋膜扩张联合 HLL。排除标准: ①输尿管结石、膀胱结石、尿道结石、肾肿瘤、肾结核、肾病综合征、急性慢性肾炎患者。②严重心、肺、泌尿系统疾病或血液系统异常的患者。③临床资料信息不完全、治疗依从性差或中断治疗的患者。

### 1.3 手术器械及设备

F8/9.8 硬性输尿管镜、F20.5 标准肾镜 (德国 Wolf), F5 一次性使用输尿管导管 (上海上医康鸽医用器材有限责任公司), F16 筋膜扩张器 (长度 16.5 cm, 佛山特种医用导管有限责任公司), 超滑导丝 (直径 0.89 mm, 长度 150 cm)、F6 输尿管支架 (美国 Cook), F24 球囊扩张器 (直径 8 mm, 长度 15 cm)、F18 导尿管 (美国 Bard)。第五代气压弹道超声碎石清石系统 (LithoClast<sup>®</sup> LCM21, 瑞士 EMS), 钬激光碎石机 (PowerSuite 60W, 德国 Lumenis)。

### 1.4 手术方法

术前若患者尿常规提示有尿路感染, 行中段尿培养, 并给予敏感抗生素。待感染控制后行手术治疗。全身麻醉后, 肾结石患者处于截石体位。术者应用 F8/9.8 硬性输尿管镜逆行置入 F5 一次性使用输尿管导管至患侧肾盂内或输尿管上段并与 F18 导尿管固定稳妥。改俯卧体位, 并将患者的腰部垫高。在 US 引导下选择肾结石患者的经皮穿刺点, 穿刺方法采用超声平面内和平面外相结合进针 (及超声探头头端和侧面); 在穿刺针进入背侧肾盏后, 置入超滑导丝, 沿超滑导丝置入 F8 筋膜扩张器预扩张 1 次。随后 A 组置入球囊扩张器, 灌注生理盐水至加压泵压力达 25 kPa; 将球囊扩张至标准通道 (F24), 沿球囊扩张器推入 F24 扩张鞘建立 F24 皮肾通道。B 组通过筋膜扩张器建立 F16 皮肾通道。采用瑞士第五代气压弹道超声碎石系统 (A 组)/HLL (B 组) 粉碎结石后冲出。所见肾内无结石残留后, 经肾镜顺行置入 F6 输尿管支架, 留置 F20 (A 组)/F14 (B 组) 硅胶引流管。如无明显活动性出血, 可以选择开放肾造瘘管; 如肾造瘘管出血明显, 可夹闭肾造瘘管 1 ~ 3 h。

在 PCNL 后给予肾结石患者抗菌药物预防性抗感染治疗, 并于术后 2 ~ 3 d 复查 KUB 以了解 F6 输尿管支架的位置和结石残留情况。如结石未取净, 则择期行 ESWL、URL 或二期 PCNL; 如结石已取净, 则术后第 5 日拔除导尿管及夹闭肾造瘘管, 如无腰胀、发热等情况术后第 6 日拔除肾造瘘管。4 ~ 6 周后, 患者门诊复查 KUB 或 CT 了解肾结石排出情况及拔除 F6 输尿管支架。

### 1.5 观察指标

观察指标包括 2 组的术前人口学特征比较项目和术后临床数据比较项目。其中, 术前的人口学特征比较项目包括年龄、性别、体质量指数 (body mass index, BMI)、肾结石位置、术前白细胞 (white blood cell, WBC) 计数、

肾结石大小、肾结石密度、高血压、糖尿病、肾积水、肾功能不全、尿路感染。术后临床数据比较项目包括手术时间、血红蛋白 (hemoglobin, Hb) 下降值、住院时间、术后 WBC 计数、术后 WBC 升高率、SFR、术后发热 ( $\geq 38.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 率、输血率和集合系统穿孔率。手术时间从手术开始计算至留置肾造瘘管结束。住院时间从手术后第 1 日起至出院当日。本研究定义术后 WBC 升高率为术后该组中 WBC 升高 ( $>10\times 10^9/\text{L}$ ) 例数占该组总例数的百分比。SFR 指在术后 1 个月左右经 CT、KUB 或 US 检查未发现残留肾结石或残留肾结石长径  $\leq 0.40\text{ cm}$ , 且无相关临床症状的例数占该组总例数的百分比。

表 1 A 组和 B 组术前人口学特征的比较  
Tab 1 Comparison of preoperative demographic characteristics between group A and group B

Item	Group A (n=68)	Group B (n=26)	P value
Age/year	53.04 $\pm$ 13.58	53.15 $\pm$ 11.11	0.971
Age/n (%)			0.440
$\geq 60\text{ year}$	24 (35.29)	7 (26.92)	
$<60\text{ year}$	44 (64.71)	19 (73.08)	
Gender/n (%)			0.120
Male	35 (51.47)	18 (69.23)	
Female	33 (48.53)	8 (30.77)	
BMI/( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	24.30 $\pm$ 3.45	24.43 $\pm$ 3.38	0.862
BMI range/n (%)			0.921
$\geq 25\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$	28 (41.18)	11 (42.31)	
$<25\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$	40 (58.82)	15 (57.69)	
Side of stone/n (%)			0.961
Left	37 (54.41)	14 (53.85)	
Right	31 (45.59)	12 (46.15)	
WBC count/( $\times 10^9\text{ L}^{-1}$ )	6.25 $\pm$ 1.30	6.38 $\pm$ 1.91	0.753
WBC count range/n (%)			0.277
$>10\times 10^9\text{ L}^{-1}$	0 (0)	1 (3.85)	
$\leq 10\times 10^9\text{ L}^{-1}$	68 (100.00)	25 (96.15)	
Stone size/cm	2.91 $\pm$ 0.59	2.56 $\pm$ 0.61	0.059
Stone density/HU	983.89 $\pm$ 287.47	983.53 $\pm$ 196.56	0.994
Hypertension/n (%)	16 (23.53)	10 (38.46)	0.148
Diabetes/n (%)	5 (7.35)	3 (11.54)	0.812
Hydronephrosis/n (%)	30 (44.12)	17 (65.38)	0.065
Renal insufficiency/n (%)	12 (17.65)	2 (7.69)	0.374
Urinary tract infection/n (%)	38 (55.88)	10 (38.46)	0.131

Notes: HU—Hounsfield unit.

2.2 术后患者临床数据的比较

A 组手术时间短于 B 组 [(107.82  $\pm$  10.87) min vs (115.41  $\pm$  10.68) min,  $P=0.003$ ]。A 组术后 WBC 升高率低于 B 组 (4.41% vs 23.08%,  $P=0.018$ )。A 组术后发热率

1.6 统计学分析

临床数据采用 SPSS 25.0 软件进行统计学分析。定量资料以  $\bar{x}\pm s$  表示, 2 组间比较采用  $t$  检验。定性资料用  $n(\%)$  表示, 2 组间比较采用  $\chi^2$  检验。 $P<0.05$  表示 2 组间差异有统计学意义。

2 结果

2.1 术前患者人口学特征的比较

2 组单侧肾结石患者在术前人口学特征上的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ) (表 1)。

低于 B 组 (4.41% vs 23.08%,  $P=0.018$ )。2 组在 Hb 下降值、WBC 计数、住院时间、SFR、输血率和集合系统穿孔率上差异无统计学意义 (均  $P>0.05$ ) (表 2)。

表2 A组和B组术后一般临床数据的比较

Tab 2 Comparison of postoperative clinical data between group A and group B

Item	Group A (n=68)	Group B (n=26)	P value
Operation time/min	107.82 ± 10.87	115.41 ± 10.68	0.003
Hb reduction value/(g · L <sup>-1</sup> )	6.49 ± 11.37	10.31 ± 12.99	0.165
Hospital stay/d	7.62 ± 2.02	6.65 ± 2.46	0.055
WBC count/( × 10 <sup>9</sup> L <sup>-1</sup> )	7.43 ± 2.56	7.19 ± 2.38	0.678
WBC count range/n (%)			0.018
>10 × 10 <sup>9</sup> L <sup>-1</sup>	3 (4.41)	6 (23.08)	
≤ 10 × 10 <sup>9</sup> L <sup>-1</sup>	65 (95.59)	20 (76.92)	
SFR/n (%)	61 (89.71)	21 (80.77)	0.415
Complication/n (%)			
Fever	3 (4.41)	6 (23.08)	0.018
Transfusion	0 (0)	2 (7.69)	0.074
Collection system perforation	0 (0)	1 (3.85)	0.277

### 3 讨论

对于长径 >2 cm 肾结石患者, PCNL 是一种成熟的治疗方案<sup>[4-5]</sup>。到目前为止, PCNL 在设备和技术上进行了许多革新<sup>[15]</sup>。为了更大程度地提高 SFR 和减少术后并发症, 本研究探究了球囊扩张联合第五代气压弹道超声碎石术在 PCNL 中治疗单侧肾结石的应用效果。

扩张器选择是 PCNL 中的关键程序之一<sup>[16-17]</sup>。其中, 筋膜扩张器是国内常采用的通道扩张设备。然而, 术者在操作传统筋膜扩张器时不仅难以把握扩张深浅, 还需要按型号从小到大依次替换扩张鞘, 操作繁琐。筋膜扩张器操作时不但容易损伤肾组织, 还会导致手术时间延长<sup>[18]</sup>。目前, 球囊扩张器在欧美等西方国家广泛应用, 其特点是具有非顺应性, 可横向并缓慢进行膨胀性扩张。术者在操作球囊扩张器时可均匀改变球囊直径和形状, 使通道周围受力平衡, 故球囊扩张器能减少肾脏微小血管撕裂的概率, 降低术中患者发生出血的风险<sup>[19-20]</sup>。在本研究中, A 组 Hb 下降值略低于 B 组, 但 2 组差异无统计学意义, 这提示球囊扩张器在降低出血风险上与筋膜扩张器效果相当。球囊扩张器可一次性扩张至标准通道 (F24), 且能有效扩张整个通道, 而非扩张某一点或一段。球囊扩张器与通道周围组织之间的作用力不易造成球囊扩张器在术中移位, 可避免通道丢失、通道过长或过短等意外情况发生, 从而显著缩短手术时间<sup>[16]</sup>。在本研究中, A 组手术时间短于 B 组 ( $P=0.003$ ), 可能与球囊扩张器的选择有关。球囊扩张器配套的扩张鞘尖端采用斜行设计, 在扩张过程中对肾实质损伤较小<sup>[16, 21]</sup>。Safak 等<sup>[22]</sup>研究表明, 球囊扩张器造成的

集合系统穿孔率 (11.60%) 略低于筋膜扩张器 (16.60%)。在本研究中, A 组未发生集合系统穿孔, 而 B 组集合系统穿孔率为 3.85%, 但均低于文献报道, 可能与术者操作水平有关。此外, 球囊扩张器不需要依次更换扩张鞘, 可减少患者术中感染风险; 且球囊扩张器采用的标准通道 (F24) 比筋膜扩张器应用的微通道 (F16) 内径更大, 可降低肾盂压力, 抑制脓液反流入血, 进而降低术后发热风险。在本研究中, A 组术后 WBC 升高率和术后发热率低于 B 组 (均  $P=0.018$ ), 表明球囊扩张器在降低患者术中感染和术后发热上具有优势。但研究<sup>[10, 23]</sup>表明, 筋膜扩张器比球囊扩张器更具成本效益。因此, 如果考虑成本效益, 筋膜扩张器或是更好的选择。

目前, 传统的肾结石开放手术逐渐被 PCNL 联合 HLL 或气压弹道超声碎石术等腔内微创技术取代<sup>[24]</sup>。尽管 PCNL 联合 HLL 治疗肾结石效果显著, 但术中致热源或毒素散发及高压灌注冲洗均增加细菌和毒素通过肾盂反流入血的风险, 进而引起术后高热、菌血症或全身炎症反应综合征<sup>[24-25]</sup>。第五代气压弹道超声碎石术是将气压弹道碎石、超声碎石和负压吸引 3 种功能合一的新一代腔内微创技术。气压弹道碎石可快速击碎大块结石, 再联合超声碎石将结石进一步粉碎, 负压吸引可清除术中血絮, 使操作视野清晰, 可有效缩短手术时间。在本研究中, A 组手术时间显著短于 B 组, 可能与第五代气压弹道超声碎石术的选择有关。此外, 负压吸引有利于清除视野外的小结石, 解决术中结石游走的问题, 显著提高 SFR<sup>[26]</sup>。在本研究中, A 组的 SFR (89.71%) 略高于 B 组 (80.77%), 但差异无统计学意义, 可能与 B 组样本量较少有关。若肾



结石合并感染, 负压吸引可清除集合系统中的脓液, 且有助于保持肾内处于负压状态, 抑制脓液反流入血, 从而降低患者术后全身感染和发热的概率。Wang 等<sup>[27]</sup>研究表明, 尽管肾结石合并脓肾以往被认为是 PCNL 的禁忌证, 但气压弹道超声碎石术辅助 PCNL 治疗肾结石合并脓肾是安全的。阳旭明等<sup>[28]</sup>研究显示, 应用第五代气压弹道超声碎石系统可使患者肾盂内压降低, 明显降低了术后尿源性脓毒症的发生。在本研究中, A 组术后 WBC 升高率和术后发热率显著低于 B 组, 这提示第五代气压弹道超声碎石术在降低术后 WBC 升高率和发热率上有确切

效果。

本研究尚存在下列不足之处: 首先, 本研究为回顾性研究, 病例数较少, 证据相对不足; 其次, 扩张器与碎石机联合使用的情况下, 难以分清 2 组之间观察指标的差异是其中一项操作还是两者联合所致。综上所述, 与筋膜扩张联合 HLL 相比, PCNL 中球囊扩张联合第五代气压弹道超声碎石术治疗单侧肾结石在缩短手术时间、降低术后 WBC 升高率和发热率等方面具有优势, 值得临床推广应用。但若考虑成本效益, 筋膜扩张联合 HLL 或许是更佳的选择。

### 参 考 文 献

- [1] Jiao BB, Lai SC, Xu X, et al. The efficacy of flexible ureteroscopy lithotripsy and miniaturized percutaneous nephrolithotomy for the treatment of renal and proximal ureteral calculi of  $\leq 2$  cm: a retrospective study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(11): e14535.
- [2] Li ZG, Zhao Y, Fan T, et al. Clinical effects of FURL and PCNL with holmium laser for the treatment of kidney stones[J]. *Exp Ther Med*, 2016, 12(6): 3653-3657.
- [3] Schmidt S, Miernik A. Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) versus percutaneous nephrolithotomy (PCNL) or retrograde intrarenal surgery (RIRS) for kidney stones[J]. *Urologe A*, 2015, 54(9): 1283-1286.
- [4] Assimos D, Krambeck A, Miller NL, et al. Surgical management of stones: American Urological Association/Endourological Society guideline, part II [J]. *J Urol*, 2016, 196(4): 1161-1169.
- [5] Türk C, Petřík A, Sarica K, et al. EAU guidelines on interventional treatment for urolithiasis[J]. *Eur Urol*, 2016, 69(3): 475-482.
- [6] Koyuncu H, Yencilek F, Kalkan M, et al. Intrarenal surgery vs percutaneous nephrolithotomy in the management of lower pole stones greater than 2 cm[J]. *Int Braz J Urol*, 2015, 41(2): 245-251.
- [7] Sari S, Ozok HU, Cakici MC, et al. A comparison of retrograde intrarenal surgery and percutaneous nephrolithotomy for management of renal stones  $\geq 2$  cm[J]. *Urol J*, 2017, 14(1): 2949-2954.
- [8] Jeon SS, Hyun JH, Lee KS. A comparison of holmium: YAG laser with LithoClast lithotripsy in ureteral calculi fragmentation[J]. *Int J Urol*, 2005, 12(6): 544-547.
- [9] Sun YH, Gao XF, Zhou T, et al. 70 W holmium: yttrium-aluminum-garnet laser in percutaneous nephrolithotomy for staghorn calculi[J]. *J Endourol*, 2009, 23(10): 1687-1691.
- [10] Chen JB, Zhou X, Chen Z, et al. Multiple tracts percutaneous nephrolithotomy assisted by LithoClast master in one session for staghorn calculi: report of 117 cases[J]. *Urolithiasis*, 2014, 42(2): 165-169.
- [11] Zhou T, Chen GH, Gao XF, et al. 'X-ray' -free balloon dilation for totally ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy[J]. *Urolithiasis*, 2015, 43(2): 189-195.
- [12] Pakmanesh H, Daneshpajoo A, Mirzaei M, et al. Amplatz versus balloon for tract dilation in ultrasonographically guided percutaneous nephrolithotomy: a randomized clinical trial[J]. *Biomed Res Int*, 2019, 2019: 3428123.
- [13] Kalpee AR, Venter R, Fourie T. Single-centre comparison of a novel single-step balloon inflation device and Amplatz sheath dilatation during percutaneous nephrolithotomy: a pilot study[J]. *S Afr J Surg*, 2012, 50(3): 79-81.
- [14] Özçift B, Bal K, Dinçel Ç. A comparison of balloon and Amplatz dilators in percutaneous nephrolithotomy: a retrospective evaluation[J]. *Turk J Urol*, 2013, 39(4): 226-231.
- [15] Rassweiler J, Rassweiler MC, Klein J. New technology in ureteroscopy and percutaneous nephrolithotomy[J]. *Curr Opin Urol*, 2016, 26(1): 95-106.
- [16] Yang LB, Lu SQ, Han XT, et al. Clinical comparison of the efficiency and security of balloon dilators versus fascial dilators in percutaneous nephrolithotripsy (PCNL)[J]. *Pak J Med Sci*, 2016, 32(3): 635-640.
- [17] Wang YB, Jiang FM, Hou YC, et al. Doppler ultrasound and X-ray-guided percutaneous nephrolithotomy with one-step balloon dilation for complex renal stones[J]. *Urol Int*, 2013, 91(3): 326-330.
- [18] 徐述雄, 王振兴, 朱建国, 等. Amplatz 扩张器一步到位筋膜扩张法在微通道经皮肾镜术中的应用[J]. *实用医学杂志*, 2014, 30(11): 1789-1791.
- [19] 肖龙明, 杨巧智, 陈建发, 等. 球囊与筋膜扩张法建立经皮肾镜标准通道的比较[J]. *中华腔镜泌尿外科杂志(电子版)*, 2016, 10(4): 34-37.
- [20] 姜涛, 倪少滨. 球囊扩张器在国内泌尿外科的应用[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2012, 6(5): 136-137.
- [21] Nalbant I, Karakoyunlu AN, Yesil S, et al. Comparison of dilation methods in percutaneous nephrolithotomy: which one is more successful?[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2016, 26(6): 478-482.
- [22] Safak M, Göğüş C, Soygür T. Nephrostomy tract dilation using a balloon dilator in percutaneous renal surgery: experience with 95 cases and comparison with the fascial dilator system[J]. *Urol Int*, 2003, 71(4): 382-384.
- [23] Yildirim B, Ates M, Karalar M, et al. Effects of dilatation types during percutaneous nephrolithotomy for less radiation exposure: a matched-pair pilot study[J]. *Wien Klin Wochenschr*, 2016, 128(1-2): 53-58.
- [24] 吴永吉, 魏红. 经皮肾镜下钬激光碎石治疗感染性肾结石的效果分析[J]. *深圳中西医结合杂志*, 2018, 28(19): 98-100.
- [25] 张细初, 江兴华, 徐焱江. 经皮肾镜下钬激光碎石治疗感染性肾结石的效果及对并发症的影响[J]. *当代医学*, 2016, 22(22): 41-42.
- [26] 张伟. 经皮肾镜 EMS 碎石清石术对复杂性肾结石患者术后结石清除率及生活质量的影响[J]. *新疆医学*, 2018, 48(7): 739-741, 744.
- [27] Wang J, Zhou DQ, He M, et al. One-phase treatment for calculous pyonephrosis by percutaneous nephrolithotomy assisted by EMS LithoClast master[J]. *Chin Med J*, 2013, 126(8): 1584-1586.
- [28] 阳旭明, 马子芳, 资小龙, 等. 标准通道辅助微通道经皮肾镜取石术联合 EMS 治疗鹿角形肾结石合并脓肾的经验总结[J]. *中国内镜杂志*, 2017, 23(12): 106-110.

[收稿日期] 2019-10-14

[本文编辑] 崔黎明