

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.01.015

# 肾结石 CT 衰减值、结石表面积对经皮肾镜钬激光碎石术后结石残留的预测价值

武新威, 纪传彪, 芦才广, 柳林, 马鹏德  
(濮阳油田总医院 泌尿外科, 河南濮阳 457000)

**【摘要】目的** 评价肾结石 CT 衰减值、结石表面积 (stone surface area, SSA) 对经皮肾镜钬激光碎石术 (percutaneous nephrolithotomy, PCNL) 后结石残留的预测价值。**方法** 回顾性纳入 2020 年 8 月至 2025 年 11 月于濮阳油田总医院接受 PCNL 治疗的肾结石患者 120 例, 根据术后复查结果将其分为结石残留组 ( $n=23$ ) 和非结石残留组 ( $n=97$ )。收集患者的基线临床资料、术前肾结石 CT 衰减值和 SSA 等指标, 采用单因素与多因素 Logistic 回归分析筛选术后结石残留的危险因素, 采用受试者操作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线评估肾结石 CT 值、SSA 及两者联合检测对术后结石残留的预测价值。**结果** 结石残留组与非结石残留组患者在肾积水程度、肾结石 CT 衰减值、SSA 及手术时间比较, 差异均有统计学意义 (均  $P<0.05$ )。Logistic 回归分析显示, CT 衰减值升高、SSA 增大均为 PCNL 后结石残留的独立危险因素 (均  $P<0.05$ )。ROC 曲线分析显示, 肾结石 CT 值术、SSA 联合检测预测术后结石残留的曲线下面积 (area under the curve, AUC) 大于单一指标预测 ( $P<0.05$ )。**结论** 术前肾结石 CT 衰减值、SSA 均为 PCNL 后结石残留的独立危险因素; 两者联合检测对 PCNL 术后结石残留具有较高的预测效能, 可为临床制定个体化手术方案提供科学依据。

**【关键词】** 肾结石; 经皮肾镜钬激光碎石术; CT 衰减值; 结石表面积; 结石残留

**【中图分类号】** R692.4

**【文献标志码】** A

文章编号: 1674-1242 (2026) 01-0074-05

## Predictive value of renal stone CT attenuation and stone surface area for residual fragments after percutaneous nephrolithotomy holmium laser lithotripsy

WU Xinwei, JI Chuanbiao, LU Caiguang, LIU Lin, MA Pengde

(Department of Urology, Puyang Oilfield General Hospital, Puyang 457000, Henan, China)

**【Abstract】Objective** To evaluate the predictive value of renal stone CT attenuation and stone surface area (SSA) for residual fragments after percutaneous nephrolithotomy (PCNL) with holmium laser lithotripsy. **Methods** A total of 120 patients with renal stones who undergoing PCNL between August 2020 and November 2025 at Puyang Oilfield General Hospital were retrospectively enrolled. According to postoperative imaging, patients were assigned to residual fragment group ( $n=23$ ) and stone-free group ( $n=97$ ). Baseline clinical data, CT attenuation values, and SSA were collected. Univariate and multivariate Logistic regression was performed to identify independent risk factors. Receiver operating characteristic (ROC) curves were constructed to evaluate the predictive performance of CT attenuation, SSA and their combination. **Results** Significant differences were found between two groups in hydronephrosis grade, CT attenuation, SSA and operation time (all  $P<0.05$ ). Logistic regression demonstrated that higher CT attenuation and larger SSA were both independent risk factors for residual fragments after PCNL (both  $P<0.05$ ). ROC analysis revealed that the area under the curve (AUC) of the combined model was significantly higher than that of single indicators ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Preoperative renal stone CT attenuation and SSA are independent risk factors for residual fragments after PCNL. Combined assessment of these two parameters yields high predictive performance, supporting individualized surgical planning.

**【Key words】** Renal stone; Percutaneous nephrolithotomy with holmium laser lithotripsy; CT attenuation; Stone surface area; Residual fragments

肾结石为泌尿系统常见疾病, 发病率呈逐年升高趋势, 严重影响患者的生活质量<sup>[1]</sup>。经皮肾镜钬激光碎石术 (percutaneous nephrolithotomy, PCNL) 具

有微创、高效、术后恢复快等优势, 已成为治疗复杂性肾结石的首选术式<sup>[2]</sup>。然而, 术后结石残留仍是临床面临的主要难题, 残留结石可引发腰痛、血尿、

收稿日期: 2025-12-18。

作者简介: 武新威, 主治医师, 从事泌尿系肿瘤及结石的微创治疗。邮箱: 1056902428@qq.com。

感染等症状,增加结石复发、肾积水加重甚至肾功能损害风险,严重者需再次手术,加重患者身心痛苦和经济负担<sup>[3-4]</sup>。目前,临床对 PCNL 术后结石残留的预测多依赖于术前影像学检查和术中操作情况,但缺乏特异性强、准确性高的预测指标<sup>[5]</sup>。CT 是肾结石术前常规影像学评估方法,可清晰显示结石位置、大小、形态及与周围组织关系;计算机断层扫描(computed tomography, CT)衰减值可反映结石密度,与结石成分、硬度密切相关,而结石硬度是影响钬激光碎石效果的重要因素<sup>[6]</sup>。结石表面积(stone surface area, SSA)是评估结石负荷的重要量化指标,较结石直径能更准确评估手术难度与碎石效果,临床价值更高<sup>[7]</sup>。

近年已有相关研究探讨了 CT 衰减值或结石大小与 PCNL 术后结石残留的关联,但多为单一指标分析且样本量较小,结果存在一定局限性<sup>[8]</sup>。SSA 与术后残留的相关性研究较少,CT 衰减值联合 SSA 预测术后结石残留的报道更为缺乏。基于此,本研究回顾分析 120 例 PCNL 治疗肾结石患者的临床资料,探讨 CT 衰减值、SSA 与术后结石残留的关系,并评估其预测价值,为临床提供可靠的预测指标和诊疗参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本研究为回顾性研究,收集 2020 年 8 月至 2025 年 11 月于濮阳油田总医院行 PCNL 治疗的肾结石患者 152 例。纳入标准:①经泌尿系 CT、超声等检查确诊为肾结石,符合 PCNL 手术指征;②术前未接受过其他碎石治疗;③临床资料完整,术后完成 1 个月规范随访。排除标准:①存在严重肝肾功能不全[谷丙转氨酶(alanine aminotransferase, ALT)谷草转氨酶(aspartate aminotransferase, AST)≥3 倍正常上限,血清肌酐≥178 μmol/L、尿素氮≥14.3 mmol/L]、凝血功能障碍[凝血酶原时间(prothrombin time, PT)≥16 s、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)≥45 s、血小板计数(platelet count, PLT)≤100×10<sup>9</sup>/L]者 12 例;②合并泌尿系统急性感染、恶性肿瘤者 8 例;③孕妇及哺乳期女性 2 例;④结石远端尿路狭窄或梗阻者 8 例;⑤精神疾病患者 2 例。最终纳入符合标准患者 120 例,所有患者术前均行泌尿系

CT 平扫+三维重建,术后 1 个月复查 CT 评估结石残留情况。结石残留定义为直径≥4 mm 的结石<sup>[9]</sup>,且符合以下标准:①术后 1 个月复查 CT 显示结石位置与术前一致;②结石呈碎片状或与术前形态具有延续性;③复查结石 CT 衰减值与术前差异≤10%,排除新发结石。本研究经本院伦理委员会审核批准。因本研究为回顾性分析,不涉及隐私泄露且不影响患者后续诊疗安全,已获准免除患者知情同意。

### 1.2 方法

(1)临床资料收集:患者的临床资料来源于医院电子病历系统,包括人口学资料[年龄、性别、体质质量指数(body mass index, BMI)]、个人史(吸烟史、饮酒史)、既往病史(糖尿病病史、高血压病史)、结石位置(肾上盏、肾中盏、肾下盏、肾盂、多部位)、结石数量、结石直径、肾积水程度及手术时间。肾积水程度判定:轻度为肾盂轻度扩张、肾实质厚度正常;中度为肾盂明显扩张、肾实质轻度变薄;重度为肾盂重度扩张、肾实质明显变薄。

(2)肾结石 CT 值检测:所有患者术前均行泌尿系 CT 平扫(GE Discovery 750HD 64 排螺旋 CT),扫描参数:管电压 120 kV,管电流 250 mA,层厚 1 mm,层间距 1 mm。于 CT 图像上选取结石最大横截面,避开钙化灶及周围组织,采用感兴趣区(region of interest, ROI)法测量 3 个位点的 CT 衰减值,取平均值作为该结石的 CT 衰减值。

(3)SSA 计算:采用 CT 后处理工作站(Advantage Workstation 4.6)行结石三维重建,以阈值分割法重建,CT 值阈值设定为 100~1000 HU,经容积重建后自动勾勒结石轮廓,手动修正伪影并计算 SSA,重复测量 2 次取平均值。

(4)手术方法:所有手术由同一组医师完成。术前常规行泌尿系 CT 平扫+三维重建,明确结石位置、大小、数量、CT 衰减值及肾积水情况。患者行气管插管全身麻醉,先取截石位,经尿道置入输尿管导管并留置导尿管;再改为俯卧位,在 C 臂 X 线机或超声引导下,以第 11 肋间或第 12 肋下、腋后线至肩胛线位穿刺点穿刺目标肾盏,成功后置入导丝,逐级扩张通道至 F16~F18,置入经皮肾镜鞘。经肾镜观察肾盂、肾盏及结石,以 20~40 W 钬激光将结石击碎至直径<4mm 颗粒,用灌注冲洗或取石

钳清除碎石。术后常规留置肾造瘘管和双 J 管，肾造瘘管通常在术后 3~5 d 根据引流情况拔除，双 J 管在术后 4~6 周经膀胱镜拔除。

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据统计分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，组间比较采用独立样本  $t$  检验；计数资料以例 (%) 表示，组间比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法。采用单因素分析筛初筛与术后结石残留相关的变量，将  $P < 0.05$  的指标纳入多因素 Logistic 回归分析，筛选独立危险因素，计算比值比 (odds ratio, OR) 及 95% 置信区间 (95% confidence interval, 95%CI)。绘制受试者操作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线，计算曲线下面积 (area under the curve, AUC)、敏感度、特异度及最佳截断值，评估 CT 衰减值、SSA 的预测价值。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 基线资料

依据术后 1 个月的复查结果，将 120 例患者分为结石残留组 ( $n=23$ ) 和非结石残留组 ( $n=97$ )。2 组患者在肾积水程度、术前肾结石 CT 衰减值、SSA 及手术时间比较差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )；2 组年龄、性别、BMI、吸烟史、结石位置、结石数量及结石直径等比较差异无统计学意义 (均  $P > 0.05$ )，具有可比性 (表 1)。

表 1 2 组患者基线资料比较 [例 (%),  $\bar{x} \pm s$ ]

| 指标                       | 结石残留组<br>( $n=23$ ) | 非结石残留组<br>( $n=97$ ) | $t/\chi^2$ | $P$   |
|--------------------------|---------------------|----------------------|------------|-------|
| 年龄 (岁)                   | 48.25±10.18         | 46.92±9.78           | 0.582      | 0.562 |
| 性别                       |                     |                      | 0.005      | 0.941 |
| 男性                       | 13 (56.52)          | 54 (55.67)           |            |       |
| 女性                       | 10 (43.48)          | 43 (44.33)           |            |       |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 25.28±3.12          | 24.91±2.95           | 0.535      | 0.594 |
| 吸烟史                      | 9 (39.13)           | 35 (36.08)           | 0.074      | 0.785 |
| 饮酒史                      | 8 (34.78)           | 31 (31.96)           | 0.068      | 0.795 |
| 糖尿病病史                    | 7 (30.43)           | 15 (15.46)           | 2.783      | 0.095 |
| 高血压病史                    | 7 (30.43)           | 18 (18.56)           | 1.590      | 0.207 |
| 结石位置                     |                     |                      | 1.568      | 0.815 |
| 肾上盏                      | 3 (13.04)           | 17 (17.53)           |            |       |
| 肾中盏                      | 4 (17.39)           | 21 (21.65)           |            |       |
| 肾下盏                      | 6 (26.09)           | 25 (25.77)           |            |       |
| 肾盂                       | 7 (30.43)           | 28 (28.87)           |            |       |
| 多部位                      | 3 (13.04)           | 6 (6.19)             |            |       |
| 结石数量                     |                     |                      | 2.439      | 0.118 |
| 单发                       | 7 (30.43)           | 47 (48.45)           |            |       |

续表 1

| 指标                     | 结石残留组<br>( $n=23$ ) | 非结石残留组<br>( $n=97$ ) | $t/\chi^2$ | $P$   |
|------------------------|---------------------|----------------------|------------|-------|
| 多发                     | 16 (69.57)          | 50 (51.55)           |            |       |
| 结石直径 (mm)              | 24.58±6.28          | 23.92±5.82           | 0.482      | 0.631 |
| 肾积水程度                  |                     |                      | 6.436      | 0.001 |
| 轻度                     | 5 (21.74)           | 49 (50.52)           |            |       |
| 中度                     | 13 (56.52)          | 37 (38.14)           |            |       |
| 重度                     | 5 (21.74)           | 11 (11.34)           |            |       |
| 术前 CT 衰减值 (HU)         | 982.36±195.48       | 823.57±194.65        | 3.515      | 0.001 |
| SSA (mm <sup>2</sup> ) | 193.85±38.96        | 164.58±38.72         | 3.256      | 0.001 |
| 手术时间 (min)             | 107.82±21.56        | 97.01±23.64          | 2.003      | 0.047 |

注：BMI 为体质质量指数；CT 为计算机断层扫描；SSA 为结石表面积。

### 2.2 术后结石残留的多因素 Logistic 回归分析

将单因素分析中  $P < 0.05$  的指标 (术前 CT 衰减值、SSA、肾积水程度、手术时间) 纳入多因素 Logistic 回归分析，以结石残留为因变量 (无残留=0，有残留=1)。结果显示，术前 CT 衰减值升高、SSA 增大为 PCNL 术后结石残留的独立危险因素 (均  $P < 0.05$ ) (表 2)。

表 2 术后结石残留的多因素 Logistic 回归分析

| 自变量       | $\beta$ | SE    | Wald   | $P$   | OR (95%CI)          |
|-----------|---------|-------|--------|-------|---------------------|
| 肾积水程度     | 0.575   | 0.384 | 2.250  | 0.134 | 1.778 (0.838~3.771) |
| 术前 CT 衰减值 | 0.004   | 0.001 | 9.461  | 0.002 | 1.004 (1.002~1.007) |
| SSA       | 0.020   | 0.008 | 7.210  | 0.007 | 1.020 (1.005~1.035) |
| 手术时间      | 0.018   | 0.012 | 2.201  | 0.138 | 1.018 (0.994~1.043) |
| 常数        | -11.774 | 2.578 | 20.855 | 0.001 | -                   |

注：OR 为比值比；95%CI 为 95% 置信区间；CT 为计算机断层扫描；SSA 为结石表面积。

### 2.3 肾结石 CT 衰减值、SSA 对术后结石残留的预测价值

ROC 曲线分析显示，术前 CT 衰减值预测结石残留的 AUC 为 0.717 (95%CI: 0.628~0.796)，最佳截断值为 886.55 HU，敏感度为 73.91%，特异度为 64.95%；SSA 预测术后结石残留的 AUC 为 0.697 (95%CI: 0.607~0.778)，最佳截断值为 165.62，敏感度为 78.26%，特异度为 58.76%；两者联合检测的 AUC 为 0.801 (95%CI: 0.718~0.868)，敏感度为 95.65%，特异度为 57.73%，联合检测的 AUC 显著高于单一指标 ( $P < 0.05$ ) (表 3，图 1)。

表 3 肾结石 CT 值、SSA 对术后结石残留的预测价值

| 指标      | AUC   | 95%CI       | 最佳截断值  | 敏感度 (%) | 特异度 (%) | $P$   |
|---------|-------|-------------|--------|---------|---------|-------|
| 术前 CT 值 | 0.717 | 0.628~0.796 | 886.55 | 73.91   | 64.95   | 0.001 |
| SSA     | 0.697 | 0.607~0.778 | 165.62 | 78.26   | 58.76   | 0.001 |
| 两者联合    | 0.801 | 0.718~0.868 | 0.127  | 95.65   | 57.73   | 0.001 |

注：AUC 为曲线下面积；95%CI 为 95% 置信区间；CT 为计算机断层扫描；SSA 为结石表面积。

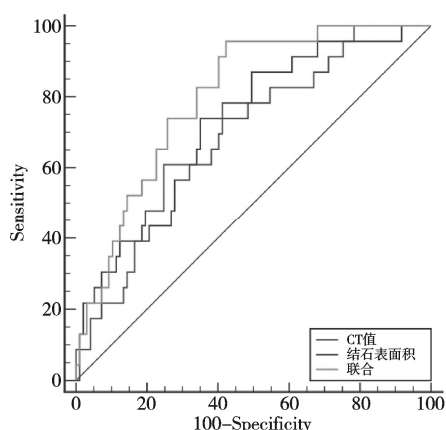


图1 ROC曲线预测PCNL术后结石残留

注: ROC为受试者操作特征; PCNL为经皮肾镜钬激光碎石术; CT为计算机断层扫描。

### 3 讨论

PCNL后结石残留可能与结石特性、手术操作、患者状态相关; 结石密度过高、负荷过大会提升碎石难度, 结石碎片难以彻底清除; 同时肾盂解剖结构异常、输尿管排泄功能障碍会降低结石碎片的排出率, 进而增加残留风险。术后结石残留可导致结石复发、肾积水加重, 甚至造成肾功能损害<sup>[10]</sup>。因此, 寻找术前预测指标对评估残留风险、优化手术方案、提高结石清除率至关重要。

CT衰减值是反映肾结石密度的指标, 与结石成分、晶体结构及硬度密切相关。研究表明, CT衰减可反映结石致密程度, 草酸钙、磷酸钙等难溶性成分占比越高, CT衰减值越高, 结石质地越坚硬<sup>[11]</sup>。钬激光碎石通过激光能量使结石表面水分子汽化, 产生冲击波击碎结石, 坚硬结石抗冲击性强, 激光能量难以穿透, 碎石效率下降, 易形成直径 $\geq 4$  mm的残留碎片<sup>[12]</sup>。另有研究指出, 高CT衰减值结石晶体排列紧密, 碎石中易产生不规则大块碎片, 难以通过输尿管自然排出, 且可能在肾盏、肾盂输尿管连接部等解剖狭窄处滞留, 增加残留风险<sup>[13]</sup>。Li等<sup>[14]</sup>研究显示, PCNL术后结石残留者术前结石CT衰减明显高于无残留者, 推测CT衰减与术后结石清除效果密切相关。与上述研究结果一致, 本研究中, 结石残留组患者术前肾结石CT衰减明显高于非结石残留组, Logistic回归显示, 肾结石CT衰减升高是经PCNL术后结石残留的独立危险因素, 提示CT衰减与术后结石残留风险密切相关。分析原

因为: 高CT衰减值结石硬度较大, 钬激光碎石时需要更高能量密度才能将其击碎至可排出的细小颗粒, 若术中激光能量不足或操作时间受限, 则难以完全碎石; 同时, 高硬度结石破碎后形成的碎片棱角更锐利, 可能损伤输尿管黏膜, 导致黏膜水肿、狭窄, 阻碍碎片排出, 进而形成结石残留<sup>[15]</sup>。此外, 高CT衰减值结石往往伴随结晶纯度高、结构致密等特点, 碎石中不易分散, 聚集形成残留灶。

SSA是基于影像学量化肾结石负荷的关键指标, 通过勾勒结石轮廓并计算表面积, 可客观反映结石大小、形态及在肾脏内的占位范围<sup>[16]</sup>。有学者通过三维重建技术分析肾结石影像学特征, 发现SSA与结石体积呈正相关, 其数值大小决定碎石中需要处理结石总量, 且表面积越大, 结石与肾组织接触面积越广, 越容易在肾盏、肾盂等部位形成多点附着<sup>[17]</sup>。宋小芬等<sup>[18]</sup>研究显示,  $SSA > 180 \text{ mm}^2$ 时, PCNL的结石清除率显著下降, 术后残留风险明显升高, 主要因为表面积增大致使碎石后碎片总量增加、排出难度提升。另有研究发现, 直径相同但形态不规则的结石, SSA更大, 碎石后易形成隐匿于肾小盏等解剖死角的细小碎片, 常规术中清理难以彻底清除, 进而升高残留概率<sup>[19]</sup>。既往研究证实, SSA是影响PCNL疗效的关键因素, SSA越大, 手术时间越长, 术中碎石难度越高, 术后待排出碎片负荷越大, 一旦超出输尿管自然排泄能力即可形成残留<sup>[20]</sup>。本研究中, 结石残留组患者术前SSA明显高于非结石残留组, Logistic回归显示, SSA增大是PCNL术后结石残留的独立危险因素, 提示SSA与术后残留风险密切相关, 可在术前评估手术难度、预测碎石效果及指导术后康复中发挥重要作用, 直接影响患者治疗结局。

已有研究证实, 肾结石CT衰减、SSA均与PCNL术后结石残留密切相关。本研究通过ROC曲线分析发现, 肾结石CT衰减、SSA预测术后结石残留的AUC分别为0.717、0.697, 提示各单一指标对术后结石残留均具有一定临床预测价值, 两者联合检测的AUC为0.801, 显著高于单一指标, 预测准确性和可靠性显著提升, 提示临床可通过术前联合评估肾结石CT衰减与SSA, 更精准地判断患者

术后结石残留的风险等级。对于 CT 衰减高且 SSA 较大患者,可术前优化手术方案,如选择高功率钬激光设备、调整穿刺通道位置以覆盖结石区域,拟定分期手术策略,术后针对性加强随访监测,及时通过影像学检查排查残留结石,尽早实施药物排石、体外冲击波碎石等干预措施,防范残留结石导致不良临床结局。

综上所述,PCNL 术后结石残留者术前 CT 衰减、SSA 均显著升高;CT 衰减、SSA 为 PCNL 术后结石残留的独立危险因素,联合检测预测效能优于单一指标。本研究存在局限性:第一,为单中心回顾性研究,样本量有限,存在选择偏倚;第二,仅检测术前 CT 衰减,未分析术后残留结石的 CT 衰减,亦未收集术后生活方式、饮食等复发相关因素。未来可联合术后 CT 衰减与生活方式因素,进一步分析其与结石复发、再生长及症状的关联,为术后监测与个体化干预提供依据。未来需开展多中心、大样本、长随访研究,纳入更多临床与生活方式变量,进一步优化预测模型并提升临床适用性。

#### 参考文献

- [1] 刘怀军, 吴韶山, 陈放, 等. 可视扩张鞘联合针状肾镜经皮肾镜手术治疗肾结石的安全性和穿刺精准度分析[J]. 现代泌尿外科杂志, 2025, 30 (4): 300-305.
- [2] 王培龙, 李笑然, 何慕琪, 等. 单通道经皮肾镜取石术联合输尿管软镜与输尿管软镜钬激光碎石术治疗复杂性肾结石的效果比较[J]. 实用临床医药杂志, 2023, 27 (2): 101-104.
- [3] 李景麟, 杨增士, 叶宁, 等. 肾下盏解剖结构参数与复杂性肾结石 PCNL 术后结石残留的关系[J]. 国际泌尿系统杂志, 2025, 45 (3): 99-103.
- [4] LIN F, CAI C, DENG H, *et al.* Nomogram for predicting risk factors of postoperative residual stones in patients after pure ultrasonography-guided access mini-percutaneous nephrolithotomy[J]. BMC Urol, 2025, 25(1):134.
- [5] DUTOV V V, BUYMISTR S Y, VASILENKO I A. [Quantitative phase imaging (QPI) of peripheral blood platelets for evaluation of thrombotic and hemorrhagic complications in patients with staghorn kidney stones after PCNL] [J]. Urologia, 2024, (5):28-38.
- [6] 梁福律, 胡力仁, 涂建平, 等. 输尿管软镜联合末端可弯曲负压吸引鞘治疗直径 3~4.5cm 且 CT 值 $\leq$ 1000HU 肾结石[J]. 中国微创外科杂志, 2025, 25 (11): 660-663.
- [7] 张卫东, 宋志强, 王文佳, 等. 输尿管软镜术后肾结石患者的临床特征及结石残留的影响因素分析[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23 (14): 2639-2644.
- [8] 黄嘉, 汪小明, 陈春妃, 等. 肾积液 CT 值联合胱抑素 C 预测 PCNL 术后发生 SIRS 的临床研究[J]. 国际泌尿系统杂志, 2025, 45(5): 100-104.
- [9] 吴阶平. 吴阶平泌尿外科学[M]. 3 版, 北京: 人民卫生出版社, 2019: 897-902.
- [10] 白灿, 晏鑫, 司鹏辉, 等. 双鞘负压吸引微通道经皮肾镜碎石术治疗复杂性肾结石的疗效观察[J]. 现代泌尿外科杂志, 2023, 28 (12): 1023-1027.
- [11] 胡金鼎, 张西岭, 程镇, 等. NCCT 测定肾结石 CT 值及结石成分与 FURL 疗效的相关性[J]. 重庆医学, 2022, 51(15):2566-2569, 2574.
- [12] 邓国贤, 夏晓雯, 鄢俊安. 分期输尿管软镜钬激光碎石术治疗 $\geq$ 4cm 复杂性肾结石的回顾性研究(附 389 例报道)[J]. 重庆医科大学学报, 2024, 49 (6): 665-668.
- [13] 胡智盛, 张春霆, 刘庆, 等. 泌尿系结石患者微创手术后结石残留的影响因素分析及与 CT 值的关系[J]. 现代实用医学, 2023, 35 (11): 1488-1491.
- [14] LI Y, PAN L. Analysis of factors affecting the efficacy and stone clearance rate of super-mini PCNL (SMP) versus standard PCNL (sPCNL) in the treatment of different sizes of renal stones[J]. Int Urol Nephrol, 2026, 58(1):161-171.
- [15] HARTUNG F O, MÜLLER K J, HERRMANN J, *et al.* Comparison of endoscopic versus CT assessment of stone-free status after percutaneous nephrolithotomy (PCNL)[J]. Urolithiasis, 2023, 51(1):120.
- [16] 高坪, 吕桥, 李松波, 等. 智能控压输尿管软镜取石术治疗多囊肾合并结石的临床分析[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2024, 45 (5): 488-492.
- [17] FERNÁNDEZ Baltar C, GUDE Sampedro F, PÉREZ Fentes D. Does success in percutaneous nephrolithotomy depend only on stone size? Analysis of the predictive capacity for success and complications of the current nephrolithometry scoring systems and their relationship with the stone surface[J]. Actas Urol Esp (Engl Ed), 2024, 48(8):603-610.
- [18] 宋小芬, 张中华, 谢文虎. 经皮肾镜碎石术后肾多发结石患者结石残留情况及其影响因素分析[J]. 当代医学, 2022, 28 (27): 141-144.
- [19] YENIKEKALUVA A, AGRAWAL M S, RAMANATHAN J M, *et al.* Evaluating the effectiveness of AI-powered UrologiQ's in accurately measuring kidney stone volume in urolithiasis patients[J]. Urolithiasis, 2024, 52(1):158.
- [20] 姜啸焯. 皮肾镜碎石取石术对肾结石患者的清石率影响因素分析[J]. 中国药物与临床, 2021, 21 (8): 1322-1324.