

·临床研究·

## 可视肾镜辅助一步法穿刺在经皮肾镜碎石术中的 安全性和可行性分析

焦伟<sup>1</sup>, 徐尚<sup>2</sup>, 王昕凝<sup>2</sup>, 李进华<sup>1,3</sup>

(1. 天津大学机械工程学院, 天津 300354; 2. 青岛大学附属医院泌尿外科, 山东 青岛 266003; 3. 天津大学机构理论与装备设计教育部重点实验室, 天津 300354)

**摘要:**【目的】探究可视肾镜辅助一步法穿刺在经皮肾镜手术通道建立中的优势及可行性。【方法】回顾性分析2024年1月至2024年6月在青岛大学附属医院行经皮肾镜碎石术的患者临床资料, 依据是否使用可视肾镜辅助一步法穿刺建立经皮肾通道, 将患者分为观察组( $n=32$ )和对照组( $n=50$ )。比较两组患者的临床资料(肾结石Guy's评分、肾积水程度、通道数量等), 术后恢复情况(术后并发症, 血红蛋白下降程度, 急性肾损伤等)。【结果】观察组患者共建立51个通道, 均顺利建立通道, 对照组共建立59个通道, 其中2例扩张时丢失通道, 再次穿刺。两组之间, 年龄( $P=0.049$ ), 通道数量( $P=0.034$ )和通道大小( $P<0.001$ )差异有统计学意义, 其余一般资料差异无统计学意义。观察组与对照组术后并发症结果显示: 观察组急性肾损伤、全身炎症反应综合征(SIRS)、胸腔积液发生率分别为12.50%(4/32)、9.38%(3/32)、6.25%(2/32), 输血、栓塞、肾周血肿发生率均为0; 对照组急性肾损伤、SIRS、胸腔积液发生率分别为8.00%(4/50)、6.00%(3/50)、2.00%(1/50), 输血、栓塞发生率为2.00%(各1/50), 肾周血肿发生率4.00%(2/50)。【结论】可视肾镜辅助一步法穿刺能快速准确建立经皮肾通道, 在经皮肾镜碎石术中有效安全。

**关键词:**经皮肾通道; 泌尿系结石; 可视肾镜; 一步法; 经皮肾镜碎石术

中图分类号: R691.4

文献标志码: A

文章编号: 1672-3554(2026)01-0189-06

DOI: 10.11714/jysyu.med.YX20250101

### Analysis on the Safety and Feasibility of Visual Nephroscope-assisted One-step Puncture in Percutaneous Nephrolithotomy

JIAO Wei<sup>1</sup>, XU Shang<sup>2</sup>, WANG Xinning<sup>2</sup>, LI Jinhua<sup>1,3</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, Tianjin University, Tianjin 300354, China; 2. Department of Urology, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266003, China; 3. Key Laboratory of Mechanism Theory and Equipment Design of the Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300354, China)

Correspondence to: LI Jinhua; E-mail: lijinhua@tju.edu.cn

**Abstract:**【Objective】To explore the advantages and feasibility of visual nephroscope-assisted one-step puncture in the establishment of percutaneous nephrolithotomy (PCNL) channels.【Methods】The clinical data of patients who underwent PCNL in the Affiliated Hospital of Qingdao University from January 2024 to June 2024 were retrospectively analyzed. According to whether the visual nephroscope-assisted one-step puncture was used to establish the percutaneous renal channel, the patients were divided into an observation group ( $n=32$ ) and a control group ( $n=50$ ). The clinical data (such as Guy's stone score of kidney stones, degree of hydronephrosis, number of channels, etc.) and postoperative recovery conditions (such as postoperative complications, degree of hemoglobin decrease, acute kidney injury, etc.) of

收稿日期: 2025-08-04

录用日期: 2025-12-16

基金项目: 山东省医药卫生科技项目(202304051690)

作者简介: 焦伟, 第一作者, E-mail: jiaowei3929@tju.edu.cn; 李进华, 通信作者, 教授, 博士生导师, E-mail: lijinhua@tju.edu.cn

the two groups were compared.【Results】A total of 51 channels were established in the observation group, and all channels were successfully established. A total of 59 channels were established in the control group, among which 2 cases lost the channel during dilation and were punctured again. There were statistically significant differences between the two groups in age ( $P=0.049$ ), number of channels ( $P=0.034$ ) and size of channels ( $P<0.001$ ), while there were no significant differences in other general data. The results of postoperative complications in the observation group and the control group showed that: in the observation group, the incidences of acute kidney injury, systemic inflammatory response syndrome (SIRS), and pleural effusion were 12.50% (4/32), 9.38% (3/32), and 6.25% (2/32) respectively, and the incidences of blood transfusion, embolism, and perirenal hematoma were all 0; in the control group, the incidences of acute kidney injury, SIRS, and pleural effusion were 8.00% (4/50), 6.00% (3/50), and 2.00% (1/50) respectively, the incidences of blood transfusion and embolism were 2.00% (1/50 for each), and the incidence of perirenal hematoma was 4.00% (2/50).【Conclusion】Visual nephroscope-assisted one-step puncture may quickly and accurately establish the percutaneous renal channel, which is effective and safe in PCNL.

**Key words:** percutaneous renal access; urinary calculi; visual nephroscope; one-step technique

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2026, 47(1): 189-194]

肾结石作为泌尿系统高发疾病,其高发病率与复发率已造成显著的社会医疗负担<sup>[1]</sup>。当前,经皮肾镜取石术(percutaneous nephrolithotomy, PCNL)仍是治疗直径 $\geq 2$  cm上尿路结石的标准术式<sup>[2]</sup>。然而,该术式仍面临术中重复穿刺、肾脏集合系统穿孔,以及术中和术后的集合系统损伤等主要并发症;且其操作技术难度大、学习曲线陡峭,术者培养周期较长,严重制约了该技术在基层医疗机构的普及与应用<sup>[3]</sup>。其中,快速安全地建立皮肾通道是PCNL手术成功的关键环节<sup>[4]</sup>。近年来,可视穿刺系统在皮肾通道建立中的应用成为经皮肾镜技术的重要创新方向,该系统可实现穿刺过程的全程可视化,不仅能提升通道建立的精准度与安全性,还可有效提高手术成功率、减少出血风险<sup>[5-7]</sup>。基于此,本研究拟通过病例对照研究,系统评估可视肾镜辅助一步法穿刺技术在PCNL手术中的安全性及可行性。

## 1 材料与方 法

### 1.1 一般资料

本研究本质为探索性临床研究,核心目标是初步验证可视肾镜辅助一步法穿刺在经皮肾镜碎石术中的应用安全性与可行性,为后续更深入的临床研究提供方向参考,而非对该技术的疗效与安全性进行确证性验证。基于此定位,本研究采用回顾性

分析设计,纳入2024年1月至2024年6月于青岛大学附属医院行经皮肾镜碎石术的患者资料,根据术中是否采用可视肾镜辅助建立经皮肾通道,将患者分为观察组( $n=32$ )和对照组( $n=50$ ),所有患者均由1名主任医师完成。观察组男女比2.2:1,年龄52.00(40.75~61.50)岁,BMI 26.45(24.80~29.33);对照组男女比1.9:1,年龄59.00(54.00~62.00)岁,BMI 24.55(22.52~28.08)。纳入标准:①患者年龄范围为18~80岁;②因肾结石接受经皮肾镜碎石术的患者;③患者知情同意并签署知情同意书。排除标准:①合并恶性肿瘤、血液性疾病、风湿免疫性疾病等全身性疾病;②合并严重尿路感染、或发热 $> 37.5$  °C等。本研究已征得患者同意并签署知情同意书,已取得青岛大学附属医院伦理委员会的批准(批准编号QYFYWZLL30632)。

### 1.2 治疗方法

观察组:手术方法麻醉生效后,取截石位,在膀胱镜直视下于患侧输尿管留置F5输尿管支架,制备人工肾积水。取俯卧位,在B超引导下,使用18G可视穿刺针于肩胛线至11肋间或12肋下腋后线间,经穹隆部进入目标肾盏,寻找结石及盏颈,直视下进入肾盂或输尿管,放置斑马导丝于肾盂或输尿管内,紧贴导丝切开皮肤约1 cm,在导丝的引导下,直接进行一步扩张,建立工作通道。置入肾镜,应用超声碎石系统将视野内的结石击碎并吸出。通道数量及大小根据结石位置及负荷决定。

对照组:制备人工肾积水同观察组。取俯卧位,在B超引导下,使用18G可视穿刺针于肩胛线至11肋间或12肋下腋后线间,经穹隆部进入目标肾盏,退出针芯,针鞘内置入J型头弯超硬导丝,感觉有落空感后来回轻轻抽动,确认挂上集合系统后,退出针鞘,紧贴导丝切开皮肤约1 cm,逐级扩张至F16,输尿管镜经鞘套进镜,直视下扩张,同时观察肾实质出血情况,若无动脉血管出血则可继续逐级扩张,留置工作鞘。其余步骤同观察组。

### 1.3 观察指标

比较两组患者的手术情况、围手术期并发症。手术情况包括通道大小及数量、住院时间、清石率。围手术期并发症包括,术后血红蛋白下降程度,是否发生急性肾损伤,其他周围脏器及胸膜损伤,输血率,栓塞率。术后即刻清石定义为患者术后第3天的肾脏CT检查时未见结石残留或残余结石 $<4$  mm,由1名主治医师独立阅片,CT检查采用的层厚为5 mm,窗宽350 Hu。术后发生急性肾损伤定义为在48 h内,血清肌酐升高 $\geq 0.3$  mg/dL( $\geq 26.5$   $\mu$ mol/L);或已知或推测在7 d内,血清肌酐增至 $\geq 1.5$ 倍基础值;或持续6 h以上,尿量 $<0.5$  mL/(kg·h)。

### 1.4 统计学方法

采用SPSS 24.0对所有数据进行统计学处理,符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25} \sim P_{75})$ 表示。采用 $t$ 检验和 $\chi^2$ 检验, $P < 0.05$ (双侧)为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者一般资料

两组患者一般资料比较显示,BMI、住院天数、Hb差及肌酐升高水平组间无显著差异( $P > 0.05$ );性别比例、肾积水程度、Guy's评分分级及结石清除情况在两组间分布均衡( $P > 0.05$ ),仅年龄,通道数量及通道大小在两组间存在统计学差异( $P < 0.05$ ),整体而言两组具有可比性(表1)。

### 2.2 两组患者手术情况

观察组与对照组术后并发症发生率比较结果显示,两组在急性肾损伤、全身炎症反应综合征

(systemic inflammatory response syndrome, SIRS)、输血、栓塞、肾周血肿、胸腔积液发生率均较低,安全性基线相近(表2)。具体而言,观察组急性肾损伤发生率为12.50%(4/32),对照组为8.00%(4/50);观察组SIRS发生率为9.38%(3/32),对照组6.00%(3/50);在输血、栓塞和肾周血肿方面,观察组均未发生,对照组的输血、栓塞发生率均为2.00%(1/50),肾周血肿4.00%(2/50),胸腔积液观察组发生率6.25%(2/32),对照组2.00%(1/50)。观察组共建立通道51个,均一步扩张成功。对照组共建立通道59个,2例患者在使用筋膜扩张器逐级扩张时,丢失通道,经再次B超引导下穿刺入目标肾盏后,均成功建立工作通道。

## 3 讨论

经皮肾镜碎石术是直径 $>2$  cm的上尿路结石的一线治疗手段<sup>[2]</sup>。该手术的关键步骤在于精准穿刺入目标肾盏并建立皮肾通道,通道是否成功建立直接影响手术的成功率和并发症的发生率。也正因这一操作对精准度要求极高,其学习曲线陡峭,难以在基层医院广泛开展<sup>[3,8]</sup>。理论上,建立皮肾通道的理想方式是在B超或者X线引导下,经后组目标肾盏穹隆穿刺并沿长轴进针,但该操作在临床实践中难以精准实现,而可视化穿刺系统可有效解决该问题<sup>[9]</sup>。针对复杂肾结石,该系统还能辅助输尿管软镜或经皮肾镜操作,不仅可有效提高即刻清石率,还能减少手术操作对肾脏的损伤,降低术中出血量与围手术期并发症发生率<sup>[10-11]</sup>。目前,临床已报道“一步法”,“两步法”,“三步法”等多种皮肾通道建立方式。其中,Özbilen等<sup>[12]</sup>的研究指出,一步法扩张与逐步扩张的结石清除率和并发症率相似,但一步法扩张的透视时间显著更短。另有多项研究进一步证实,相较于逐步扩张,一步法扩张安全性更高、可行性更强,具有扩张时间短、透视时间短、住院时间短及更低的并发症发生率等优势<sup>[13-15]</sup>。然而,现有的通道建立法仍存在不足:一方面,常出现导丝不到位或导丝无法进入集合系统等情况;另一方面,使用筋膜扩张器逐级扩张时,若扩张方向偏离,易导致导丝弹出集合系统,最终造成通道的丢失。本研究对照组中,2例患者即因上

表1 观察组与对照组患者一般临床资料

Table 1 General clinical data of patients in observation group and control group [M (P<sub>25</sub>-P<sub>75</sub>), n(%)]

Variables	Observation group (n=32)	Control group (n=50)	Statistical value	P-value
Age /year	52.00 (40.75-61.50)	59.00 (54.00-62.00)	Z=-1.969	0.049
BMI	26.45 (24.80-29.33)	24.55 (22.52-28.08)	Z=-1.535	0.125
LOS	5.50 (5.00-7.00)	6.00 (5.00-6.75)	Z=-0.162	0.871
Decreased Hb	16.50 (11.75-21.25)	15.50 (9.25-25.50)	Z=-0.048	0.962
Elevated SCr	2.50 (-3.00-8.00)	6.00 (-0.75-14.00)	Z=-0.875	0.381
Gender			$\chi^2=0.067$	0.796
Male	22 (68.75)	33 (66.00)		
Female	10 (31.25)	17 (34.00)		
Number of access			-	0.034
1	20 (62.50)	43 (86.00)		
2	8 (25.00)	6 (12.00)		
3	2 (6.25)	0 (0.00)		
4	1 (3.12)	1 (2.00)		
5	1 (3.12)	0 (0.00)		
Size of access			-	<0.001
16	1 (3.12)	9 (18.00)		
20	7 (21.88)	2 (4.00)		
22	10 (31.25)	1 (2.00)		
24	14 (43.75)	38 (76.00)		
Hydronephrosis			$\chi^2=2.752$	0.253
None or mild	23 (71.88)	30 (60.00)		
Moderate	4 (12.50)	14 (28.00)		
Severe	5 (15.62)	6 (12.00)		
Guy's stone score			-	0.384
1	0 (0.00)	5 (10.00)		
2	9 (28.12)	11 (22.00)		
3	17 (53.12)	26 (52.00)		
4	5 (15.62)	5 (10.00)		
5	1 (3.12)	3 (6.00)		
Presence of stones			$\chi^2=0.07$	0.796
Yes	22 (68.75)	33 (66.00)		
No	10 (31.25)	17 (34.00)		

BMI: body mass index; LOS: length of hospital stay; Hb: hemoglobin; Z: Mann-Whitney U test; SCr: serum creatinine.

述原因丢失扩张通道而进行重复穿刺。

一般资料中,除年龄、通道数量、大小存在差异( $P<0.05$ ),其余基线数据均衡。术后并发症对比显示,急性肾损伤、SIRS等各类并发症发生率均较低,说明可视肾镜一步法虽简化穿刺流程,经典三

步法操作相对繁琐,但二者在安全性把控上效果相近,一步法并未因操作简化增加并发症风险。结合通道参数差异来看,一步法可能凭借可视化优势,在通道建立上更精准高效,即便通道数量、大小分布有别,也未引发并发症率上升,体现出其良好的

表2 观察组与对照组术后并发症

Table 2 Postoperative complications in observation group and control group

n(%)

Complications	Observation group (n=32)	Control group (n=50)
Acute kidney injury	4(12.50)	4(8.00)
SIRS	3(9.38)	3(6.00)
Blood transfusion	0(0.00)	1(2.00)
Embolism	0(0.00)	1(2.00)
Perirenal hematoma	0(0.00)	2(4.00)
Pleural effusion	2(6.25)	1(2.00)

SIRS: systemic inflammatory response syndrome.

操作容错性与安全性。

本研究使用的可视穿刺经皮肾镜系统,含外鞘、穿刺针、摄像系统、光源系统和操作通道。在超声引导下,经皮穿刺入目标肾盏,穿刺过程全程可视,避免损伤周围脏器。在穿刺进入肾脏集合系统后,可在可视肾镜的直视下,绕过结石,寻找肾盂或肾盂输尿管连接部,可确保将斑马导丝放置于肾盂内,而后再使用扩张鞘直接一步扩张,建立工作通道。其优点如下:①穿刺全程可视化操作,可直观避开肾脏大血管及邻近脏器,从源头降低集合系统穿孔、血管损伤及周围脏器损伤等严重并发症风险。②可实现最大限度在集合系统置入足够长度的导丝,并确保导丝远端到位,避免穿刺时,导丝可能被结石挤压在肾实质或被挤压偏移的情况。③使用扩张鞘一次扩张,降低因多次扩张而导致丢失通道的风险。④操作步骤的简化有助于缩短学习周期,使基层医师更易掌握,为技术推广创造有利条件。

但是,本研究也存在一定局限性。首先,研究采用单中心回顾性设计,样本量较小且缺乏随机化

分组,可能引入选择偏倚与潜在混杂因素,导致研究结论的外推性受限。其次,受样本量不足影响,本研究中并发症差异的分析的检验效能较低,无法完全排除假阴性可能。此外,本研究的结局指标仅聚焦围手术期的即刻清石率、并发症发生率等短期指标,未开展术后3个月及以上的长期随访,未能纳入结石复发率、肾功能恢复情况等远期结局。基于上述局限性,未来可开展多中心前瞻性随机对照试验,按结石特征等进行分层设计以扩大样本量、减少偏倚;同时需延长随访至术后6~12个月,纳入远期结局与经济性指标,进一步验证技术价值。

综上,作为一项探索性临床研究,本研究初步证实:可视肾镜系统辅助一步法穿刺在经皮肾通道建立中具备良好的安全性与有效性。该技术的可视化操作特性可降低穿刺难度,而简化后的通道建立流程,也更利于临床推广。但需注意的是,本研究为初步临床应用体会,相关结论仍需大样本、多中心随机对照研究及长期随访数据进一步验证,以明确该技术在复杂肾结石治疗中的实际应用价值。

#### 参考文献

- [1] Ziembra JB, Matlaga BR. Epidemiology and economics of nephrolithiasis[J]. *Investig Clin Urol*, 2017, 58(5): 299-306.
- [2] Rizvi SAH, Hussain M, Askari SH, et al. Surgical outcomes of percutaneous nephrolithotomy in 3402 patients and results of stone analysis in 1559 patients[J]. *BJU Int*, 2017, 120(5): 702-709.
- [3] Song Y, Ma Y, Song Y, et al. Evaluating the learning curve for percutaneous nephrolithotomy under total ultrasound guidance [J]. *PLoS One*, 2015, 10(8): e0132986.
- [4] Tatanis V, Cracco CM, Liatsikos E. Advances in percutaneous renal puncture: a comprehensive review of the literature [J]. *Curr Opin Urol*, 2023, 33(2): 116-121.
- [5] Bader MJ, Gratzke C, Seitz M, et al. The "all-seeing needle": initial results of an optical puncture system confirming access

- in percutaneous nephrolithotomy [J]. *Eur Urol*, 2011, 59(6): 1054–1059.
- [6] Jiang K, Chen H, Yu X, et al. The "all-seeing needle" micro-PCNL versus flexible ureterorenoscopy for lower calyceal stones of  $\leq 2$  cm [J]. *Urolithiasis*, 2019, 47(2): 201–206.
- [7] Zeng J, Zhang L, Chen X, et al. The treatment option for calyceal diverticulum stones: flexible ureteroscopy lithotripsy (FURL) or all-seeing needle-assisted percutaneous nephrolithotomy (PCNL) [J]. *Urolithiasis*, 2022, 50(6): 743–749.
- [8] 李娟, 高帆, 何绪成, 等. 经皮肾镜碎石取石术的CUSUM法学习曲线分析 [J]. *微创泌尿外科杂志*, 2024, 13(3): 150–154.
- Li J, Gao F, He XC, et al. Cumulative sum method learning curve analysis of percutaneous nephrolithotomy [J]. *J Minim. Invasive Urol*, 2024, 13(3): 150–154
- [9] 张保朝, 解海杰, 胡玉德, 等. 可视化穿刺系统在经皮肾镜取石术中应用的研究现状及进展 [J]. *国际泌尿系统杂志*, 2019, 39(1): 158–160.
- Zhang BC, Xie HJ, Hu YD, et al. Research status and progress of visual puncture system in percutaneous nephrolithotomy [J]. *Int J Urol*, 2019, 39(1): 158–160.
- [10] Yanne EO, Wu BL, Li C, et al. The initial clinical application of standard PCNL combined with visual needle nephroscope in the treatment of complex renal calculi by holmium YAG laser: a retrospective case series study [J]. *BMC Urol*, 2024, 24(1): 270.
- [11] 周震, 蒋宏毅. 可视微通道经皮肾镜一期取石术联合逆行输尿管软镜钬激光碎石术治疗复杂性肾结石的临床研究 [J]. *国际泌尿系统杂志*, 2020, 40(0): 76–79.
- Zhou Z, Jiang HY. Clinical study of visual micropercutaneous nephrolithotomy combined with retrograde flexible ureteroscopic holmium laser lithotripsy for complex renal calculi [J]. *Int J Urol*, 2020, 40(1): 76–79.
- [12] Özbilen MH, Ergani B, Çetin T, et al. Comparison of safety and efficacy of one shot dilation vs. gradual dilation technique in supine percutaneous nephrolithotomy [J]. *World J Urol*, 2023, 41(6): 1659–1666.
- [13] Wu Y, Xun Y, Lu Y, et al. Effectiveness and safety of four tract dilation methods of percutaneous nephrolithotomy: a meta-analysis [J]. *Exp Ther Med*, 2020, 19(4): 2661–2671.
- [14] Mohyelden K, Abdel-Rassoul M, Dogha M, et al. One-shot dilatation vs metal dilator during percutaneous nephrolithotomy in flank-free supine position: a randomized controlled study [J]. *J Endourol*, 2022, 36(6): 727–733.
- [15] Ghoneima W, Makki M, Lotfi MA, et al. The feasibility and safety of one-shot dilatation compared to conventional sequential dilatation in tubeless percutaneous nephrolithotomy: a prospective randomized controlled study [J]. *Urolithiasis*, 2022, 51(1): 3.

(编辑 黄子芸)