

微创技术治疗复杂性肾结石的研究进展

赵浩旭^{1*}, 黄勇平^{2#}

¹右江民族医学院研究生学院, 广西 百色

²右江民族医学院附属医院泌尿外科, 广西 百色

收稿日期: 2025年10月14日; 录用日期: 2025年11月8日; 发布日期: 2025年11月19日

摘要

在泌尿外科领域, 肾结石属于多发病种, 近年来, 随着科学技术不断进步和健康体检的广泛推广, 该疾病的诊断检出率持续增高, 其复发率也呈现逐步上升的态势。由于肾结石的临床表现多样并且患者之间存在显著的个体差异, 当前临床上可用的治疗策略较为多样, 常需根据患者具体情况确定治疗方案, 尽管传统开放手术能够实现明确的取石效果, 但其手术创伤较大、术后康复周期较长, 并且发生相关并发症的风险也相对较高。随着微创技术的发展, 各种微创手术方式已成为治疗肾结石的主流术式。复杂性肾结石的处理一直是临床工作的重点与难点。本文旨在围绕该类结石的微创治疗技术, 对其近年来的研究进展进行综合论述。

关键词

复杂性肾结石, 微创技术, 综述文献

Research Progress in Minimally Invasive Techniques for the Treatment of Complex Renal Calculi

Haoxu Zhao^{1*}, Yongping Huang^{2#}

¹Graduate School of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise Guangxi

²Department of Urology, The Affiliated Hospital of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise Guangxi

Received: October 14, 2025; accepted: November 8, 2025; published: November 19, 2025

Abstract

In the field of urology, renal calculi represent a highly prevalent condition. In recent years, with the

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 赵浩旭, 黄勇平. 微创技术治疗复杂性肾结石的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(11): 1775-1782.

DOI: 10.12677/acm.2025.15113281

continuous advancement of science and technology and the widespread promotion of health check-ups, its diagnostic detection rate has consistently increased, and the recurrence rate has also shown a gradual upward trend. Given the diverse clinical manifestations of renal calculi and the significant individual differences among patients, the currently available clinical treatment strategies are relatively varied, often requiring customization based on the patient's specific situation. Although traditional open surgery can achieve a definite stone-removal effect, it is associated with greater surgical trauma, a longer postoperative recovery period, and a relatively higher risk of related complications. With the development of minimally invasive techniques, various minimally invasive surgical procedures have become the mainstream approaches for treating renal calculi. The management of complex renal calculi remains a key focus and challenge in clinical work. This article aims to provide a comprehensive review of the recent research progress in minimally invasive treatment techniques for these calculi.

Keywords

Complex Renal Calculi, Minimally Invasive Techniques, Literature Review

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

泌尿系结石在全球高发,我国泌尿系结石发病率约为 6.5%,其中男性高于女性,南方高于北方,其发病率呈现持续增长的态势[4],且在各类泌尿系结石中,肾结石是最主要的临床表现形式,仅肾下盏结石占比高达 10% [5]。肾盂、肾盏以及肾盂与输尿管连接等部位产生的结石称为肾结石[6],复杂性肾结石通常指直径 > 2.5 cm,或形态分布特殊(如鹿角形、铸型或多肾盏分布)的结石,常并发于孤立肾、马蹄肾、海绵肾等肾脏解剖或功能异常情况下[7]。虽然复杂性肾结石作为一种多发性结石,但是其临床表征常较隐匿或轻微,患者多呈现腰痛或血尿等表现。该类结石的复杂程度往往与结石的分布、大小、组成成分以及患者肾功能状态密切相关。随着疾病进展,患者出现尿路感染及梗阻的风险相应增高。在临床处理上,治疗的重点在于长期彻底清除结石、抑制结石再形成、控制感染发生,并维护肾脏功能正常运转。因此,外科手术已成为主导治疗方式[8]。在泌尿系结石治疗发展历程中,传统开放手术曾长期占据主导地位,尤其针对解剖结构复杂的鹿角形肾结石[9]。尽管开放手术具有操作时间较短的优势,但其缺点包括手术切口较大、组织创伤重、术后恢复慢及住院时间长等问题[10],因此,开放手术在复杂性肾结石治疗中的应用已显著减少,微创手术已成为当前的金标准[11]。本文旨在围绕该类结石的微创治疗技术,对其近年来的研究进展进行综合论述,为临床决策提供参考。

2. 体外冲击波碎石术

体外冲击波碎石术(ESWL)作为泌尿外科领域的一项重要技术,目前已被广泛应用于肾结石的临床治疗中,并成为非侵入性治疗策略中的常用选择之一[12]。该技术自 1980 年起广泛应用于肾结石治疗,具有创伤小、疗效确切和成本较低的优势[13]。通过影像引导将冲击波精准聚焦于结石,使其碎解后自然排出,因此,自 20 世纪 80 年代以来,ESWL 始终是泌尿系统结石治疗的一线方案。ESWL 虽具有上述优点,但存在明确禁忌,包括妊娠、严重肾积水、未纠正的出血性疾病、输尿管狭窄及显著解剖异常等[14]。对于 <2 cm 的中上极肾结石、<1 cm 的下极肾结石,ESWL 被认为是一线治疗措施[15][16]。然而,ESWL

术后结石清除率(SFR)与结石负荷特征存在显著关联性。随着结石直径、硬度或数量的增加,该技术 SFR 降低,尤其在复杂病例中更为显著。研究表明,在处理直径超过 2 厘米或复杂性肾结石时,ESWL 的初次 SFR 较低,仅为 37.5%左右,且多数患者需接受多次后续辅助性治疗以提升结石清除效果[17]。故对于体积较大、结构复杂或位置隐匿的复杂性肾结石,ESWL 单一治疗通常效果有限。

3. 经皮肾镜取石术

经皮肾镜取石术(PCNL)自 1976 年首次被报道后[18],经不断改进,该术式因其创伤小、患者恢复周期短且结石清除效率高等显著优点,该术式现已被确立为治疗直径超过 2 厘米的肾结石及复杂性肾结石的首选方案。

B 超凭借其便携性、无辐射暴露及实时成像特点,已成为 PCNL 的重要引导手段,显著优化了复杂性肾结石手术的安全性及有效性[19]。在国内临床实践中,超声引导仍是 PCNL 最常用的定位方式。此外,3D 打印技术的引入,提高了操作准确性并优化围手术期安全性。艾合买提·艾买尔等研究显示,3D 打印肾脏模型可清晰呈现解剖结构与结石关系,有助于 PCNL 术前精准规划,提升患者认知,并有效缩短手术时间、减少出血及住院时间,提高清石率[20]。工作通道大小的选择是 PCNL 技术发展的另一个关键技术。传统 PCNL 因其固有的技术难点,在临床应用面临挑战,因为为建立 F24-F36 工作通道所进行的组织扩张,易引发血管损伤和肾盏颈撕裂,导致严重的出血并发症;同时较粗的肾镜也构成了进入狭窄肾盏的物理性阻碍,导致肾盏内的结石无法被彻底清除[21]。1998 年吴开俊、李逊等提出 m-PCNL 取石概念,建立了 F14-F18 的经皮肾通道[22]。微通道 PCNL (m-PCNL)作为具有中国特色的技术,以其术中出血少、术后并发症低的优势,尤其在处理肾盏多发性结石时展现出更高清石率,但其处理复杂性肾结石时效率较低、手术时间较长。相比之下,2000 年欧洲提出的 22F-24F 标准通道 PCNL 碎石效率更高,更适用于鹿角形结石等复杂病例。当前通道选择趋于个体化,医生综合依据结石大小、位置、复杂程度及患者具体情况,在微通道与标准通道中做出权衡,以实现最佳治疗效果。根据 Kukreja 等的研究,PCNL 术后并发症发生率与手术通道直径及总操作时间显著相关[23]。多项研究进一步表明,经皮肾通道建立越复杂,术中和术后出血风险越高[24]-[26]。此外,在 PCNL 术后引流管理方面,有研究表明[27]无管化技术相较于传统留置肾造瘘管可减轻术后疼痛、缩短住院时间,其临床应用正逐步扩大。无管化 PCNL 的适用条件包括:结石直径 < 3 cm、肾功能正常、单通道操作、手术时间短、结石完全清除,且无严重出血、集合系统损伤或感染等并发症[28]。

4. 输尿管软镜技术

输尿管软镜技术(RIRS)自 1964 年首次报道用于输尿管检查以来,因其经自然腔道而不必额外建立工作通道的特点,受到学界广泛关注[29]。该手术经人体天然腔道(如尿道、膀胱及输尿管)进行,通过置入输尿管镜输送鞘建立通路,引导软性输尿管镜进入上尿路系统,直视下找到结石,并应用钬激光等设备将其击碎,具有创伤小、恢复快和视野清晰的优点,是目前上尿路结石微创治疗的重要技术。与 PCNL 相比,RIRS 无需建立经皮肾通道,从而显著降低了术中及术后出血、邻近脏器损伤等严重并发症的发生风险[30]。因此,RIRS 是孤立肾、脊柱畸形、高龄或需长期抗凝及伴出血性疾病患者的优先治疗选择。输尿管软镜镜体纤细、末端可弯曲,具有视野清晰和操作灵活的优势,其碎石效率高于 ESWL,灵活性优于输尿管硬镜,安全性优于 PCNL,已成为复杂性肾结石重要的微创技术。Jung 等基于一项涵盖 1325 篇文献的 Meta 分析结果证实,RIRS 的 SFR 在不同直径的结石治疗中均明显优于 ESWL [31],曾国华等学者的研究也指出,对于直径小于 2 厘米的肾脏结石,采用 RIRS 所实现的结石清除效果优于 ESWL [32]。此外,曾国华团队的最新研究发现,7.5Fr 超细输尿管软镜能够在无法插入常规 UAS 时,有机会使用更

细的 UAS, 保障了手术的顺利开展; 同时也能保持 RIRS 术中良好的视野, 所需灌注液减少, 具有更高的结石清除率和更低的术后发热率[33]。根据 EAU 指南, 对于直径小于 2 厘米的肾结石, RIRS 是首选的治疗方案。有研究指出, RIRS 治疗 2 cm 以内的肾结石较 PCNL 在术后 SFR 并无差异, 但是并发症明显更少[34][35], 而对于直径超过 2 厘米的肾脏结石, PCNL 在提高 SFR 方面显示出比 RIRS 更显著的疗效[36], 在利用输尿管软镜处理直径超过 2 厘米的较大肾结石时, 术中可能发生所谓的“暴风雪”现象, 即大量碎石屑在液体环境中弥漫导致内镜视野严重模糊, 这一情况会显著增加手术操作的难度与风险[37], 但是分期处理大负荷肾结石可作为一种安全有效的手术方式[38]。近年来, 随着末端可弯曲输尿管吸引鞘(Tip bendable suction ureteral access sheath, S-UAS)的应用, 术中吸引鞘能及时吸出结石碎片和灌注液, 减少“暴风雪”现象, 保持视野清晰, 可显著提高 RIRS 的结石清除率, 降低术后感染性并发症发生率, 减少术中套石网篮使用, 并提高术后患者的生活质量[39]。

5. 内镜联合肾内手术

在复杂性肾结石治疗中, ESWL、RIRS 或 PCNL 等单一技术因结石负荷大、分布分散等解剖因素限制, 常面临结石残留率高、清除不彻底的问题。目前临床多主张采用联合治疗策略, 整合不同技术优势, 以提升清石率并降低并发症风险。当前, 内镜联合肾内手术(ECIRS)在泌尿外科领域多用于处理复杂泌尿系结石病例, 而 PCNL 与 RIRS 的联合应用已成为该术式的重要技术支撑[40]。PCNL 碎石通路与输尿管软镜通道在冲洗液管理上具有协同效应, 有助于控制肾盂内压, 既可维持术野清晰, 又能减少液体外渗, 从而降低术中及术后感染风险。研究表明, 在双镜联合手术中利用输尿管软镜的良好柔韧性, 几无视野盲区, 可准确定位到各个肾盏内的结石, 并可以将经皮肾镜通道所不能触及的结石粉碎, 而避免了因结石角度刁钻单纯行 PCNL 手术所致的肾实质撕裂出血的同时缩短了手术时间, 将结石最大化的清除[41]。同时, Ding 等的回顾性分析报告指出 SMP 联合 RIRS 治疗的 SFR (85.87%) 高于单纯 RIRS 治疗组(72.57%), 且联合手术组的再治疗率(3.26%)显著低于 RIRS 组(10.62%) [42]。李建兴在其研究中指出, 即使对于肾盂漏斗部夹角 $\leq 30^\circ$ 的结石, 采用双镜联合治疗方案仍可获得较高的结石清除率[43]。在丁琪等的研究中显示, 双镜联合术后 1 月结石清除率显著高于 FURL 组(91.30% vs 65.63%), 差异有统计学意义($P=0.027$) [44]。

因此, 在处理复杂性肾结石时, 联合应用 RIRS 与 PCNL, 可充分发挥两种微创技术的协同作用, 弥补单一术式的不足, 不仅有助于提高结石清除率, 还能减少手术创伤及相关并发症的发生概率[45]。

6. 腹腔镜下肾盂切开取石或肾实质切开取石术

近年来, 随着 PCNL 技术的成熟, 绝大多数复杂肾结石都能取得良好的治疗效果, 但是对于部分 PCNL 失败病例, 或者同时合并有其他需要同时处理情况, 传统开放肾实质切开取石可能是另一重要手段[46]。腹腔镜技术是近十年来发展日趋成熟的另一微创技术, 腹腔镜下肾盂切开取石术和肾实质切开取石术是治疗复杂性肾结石的重要微创技术, 近年来在临床中得到了广泛应用。该手术方式作为开放手术的微创替代方案, 凭借其创伤小、恢复快、并发症少的优点, 其手术指征主要针对复杂性结石病例, 包括复杂的鹿角形结石、移植肾或异位肾结石, 以及需同期修复肾盂-输尿管连接处梗阻的病例, 尤其适用于经皮肾镜或输尿管镜治疗失败的患者[47][48]。

当前, 针对该术式主要存在经腹腔与腹膜后两种手术路径。前者能够提供更宽阔的手术视野和更易于辨识的解剖结构, 这不仅有助于术中定位, 也便于一并处理合并的腹腔内其他疾病; 然而, 其不足之处在于对胃肠道干扰较为显著, 术后渗尿可能导致腹膜炎, 并有较高肠粘连风险。相比之下, 腹膜后入路更符合泌尿外科解剖习惯, 极大减少了对腹腔脏器的干扰及相关并发症(如肠麻痹、腹膜炎), 尤其适用于既往有腹腔粘连的患者; 但其操作空间有限、解剖标志不明显, 对术者技术要求较高。总体而言, 该

术式具有创伤小、出血少、恢复快的优点,是开放手术的有效替代方案,在实际应用中需根据患者病情、经济条件及术者经验综合选择入路方式。腹腔镜肾实质切开取石术不需长时间俯卧,手术时间短,结石完整取出。钱庆鹏[49]等人的研究结果亦显示,腹腔镜肾实质切开取石术取石彻底,手术时间短,可以作为经皮肾镜碎石术治疗肾结石的补充手段;缩短肾动脉阻断时间,选准肾切口,熟练的缝合技术及双J管置入技术能提高手术成功率及安全性。

7. 机器人辅助下腹腔镜肾盂切开取石或肾实质切开取石术

从 21 世纪开始,以达芬奇机器人作为辅助工具的腹腔镜手术,在世界范围内不断推进并展现出蓬勃发展的局面。2006 年, Badani [50] 等首次报道了达芬奇机器人辅助腹腔镜肾盂切开取石术(RALPL)。该手术方式为肾结石的临床治疗开创了一种崭新的微创路径。其依托三维放大手术视野、高度灵活的机械臂以及专用于精细操作的特殊器械,共同构成了一个先进的技术平台。该平台能够显著提升肾盂或肾实质切开取石手术的精准度与微创性。武睿毅,孙立安的研究表明,经腹 RALPL 凭借其提供的卓越手术视野与高度精准的操作能力能够安全、高效地处理复杂性肾结石,该技术不仅实现了在肾盂低压下完整取石且不损伤肾实质的“肾单位保护”目标,还综合了微创手术的诸多优点,故而对于特定患者群体,如结石直径大于 2 cm 的非鹿角形结石(伴或不伴肾盏结石),且合并轻度肾积水或复杂尿路感染时,采用此术式有助于控制围手术期严重并发症的风险,展现出其独特的临床价值[51]。

8. 结论

在复杂性肾结石的治疗中,外科干预仍是核心手段。当前 PCNL 持续优化,发展趋势包括 3D 打印引导精准穿刺、多镜联合及无管化技术; RIRS 也因器械与激光进步而拓宽适用范围。腹腔镜下肾盂切开取石或肾实质切开取石术以及 RALPL 作为重要的补充手段,尤其适用于内镜治疗失败、合并肾盂输尿管连接处梗阻需同期修复或存在特定解剖异常的患者。

前瞻性地看,该领域的创新发展预计将围绕以下几个维度展开。AI 技术在 PCNL 中受到广泛关注,尤其是穿刺通道的建立,其可以在一定程度上解决在 X 线引导和超声引导过程中的痛点,如图像不直观、辐射量大、穿刺不精确、用时长不易学习等问题[52],吴震宇等[53]的瞻性临床研究通过对比 CT-超声融合导航与传统超声引导在经皮肾穿刺中的应用,证实了融合技术能够优化穿刺定位流程,不仅有助于减少建立穿刺通道的数量,还能有效缩短手术的整体操作时长。在能量平台方面,当前,钬激光在泌尿系结石的微创手术领域仍被视为主流技术,然而,随着研究的深入,钬光纤激光(thulium fiber laser, TFL)正展现出巨大的应用潜力,其凭借特有的物理结构与工作机制,在碎石过程中表现出更优的效率,能实现更彻底的结石粉末化,同时有效抑制结石位移,并支持更高的灌流速率,基于这些卓越性能, TFL 被认为有望在未来改变现有技术格局,其临床重要性正日益凸显[54]。内镜设备领域的一个重要发展趋势是,出于对设备维护费用与交叉感染风险的有效控制,医疗机构正逐渐倾向于采纳一次性软镜,以替代传统可重复使用的内镜设备[55]。在机器人手术平台中,随着微创技术向极致化发展,机器人平台下的单孔腹腔镜手术作为一种更先进的形式应运而生,有临床研究证实,机器人单孔腹腔镜手术通过将多个操作端口整合于单一小切口,显著减轻了腹壁创伤,从而使患者术后疼痛感更轻、康复速度更快,并在保证手术核心疗效的同时,实现了更佳的美容效果[56]。基于这些进展,未来的优化应持续聚焦于提供更全面的治疗策略,且最终的临床决策应综合权衡清石率、并发症、创伤、经济负担及患者生活质量等核心要素,实现真正意义上的个体化治疗。

参考文献

- [1] Conroy, D.E., Marks, J., Cutshaw, A., Ram, N., Thomaz, E. and Streeper, N.M. (2024) Promoting Fluid Intake to Increase

- Urine Volume for Kidney Stone Prevention: Protocol for a Randomized Controlled Efficacy Trial of the Sip Intervention. *Contemporary Clinical Trials*, **138**, Article ID: 107454. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2024.107454>
- [2] Mubarak, M., Jalal, A., Ahmadi, A., Al Arrayedh, A. and Al Arrayedh, S. (2019) Percutaneous Nephrolithotomy of a Staghorn Calculus in a Patient with Renal Angiomyolipoma. *Urology Annals*, **11**, 229-231. https://doi.org/10.4103/ua.ua_148_18
- [3] 赵朋. 肾结石的微创手术治疗进展[J]. 中国中西医结合外科杂志, 2022, 28(2): 272-276.
- [4] 叶章群, 刘浩然. 泌尿系结石的诊断治疗进展[J]. 临床外科杂志, 2017, 25(2): 85-88.
- [5] 常宝元, 陈军, 刚向辉, 等. 输尿管软镜治疗肾下盏结石体会[J]. 中国临床保健杂志, 2015, 18(5): 536-537.
- [6] 曾凡勇. 输尿管软镜下钬激光碎石术治疗肾结石的临床效果观察[J]. 现代医学与健康研究电子杂志, 2018, 2(8): 85.
- [7] Gao, X., Fang, Z., Lu, C., Shen, R., Dong, H. and Sun, Y. (2020) Management of Staghorn Stones in Special Situations. *Asian Journal of Urology*, **7**, 130-138. <https://doi.org/10.1016/j.ajur.2019.12.014>
- [8] 潘文博. 复杂性肾结石的治疗研究[J]. 中外医学研究, 2020, 18(16): 177-179.
- [9] 陈志健, 胡春勇. 复杂性肾结石患者采用 B 超引导下侧卧位 MPCNL 治疗的效果及肾功能、神经体液因子、性功能的评估[J]. 解放军预防医学杂志, 2018, 36(5): 602-604.
- [10] 李振, 丁宏毅, 吴正凯. 肾结石经皮肾镜碎石取石术与开放手术的比较[J]. 中国临床研究, 2019, 32(6): 810-812.
- [11] 罗杰, 吴强, 李忠, 等. 复杂性肾结石的微创治疗研究进展[J]. 河北医科大学学报, 2023, 44(4): 492-496.
- [12] Pearle, M.S., Calhoun, E.A. and Curhan, G.C. (2005) Urologic Diseases in America Project: Urolithiasis. *Journal of Urology*, **173**, 848-857. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000152082.14384.d7>
- [13] 时华, 曹其彬, 刘智. 尿路结石 ESWL 治疗后复发的相关因素和预防方案[J]. 当代医学, 2021, 27(32): 135-136.
- [14] 徐陈, 韩杰. 上尿路结石微创治疗新进展[J]. 承德医学院学报, 2021, 38(2): 149-152.
- [15] Lee, J.Y., Andonian, S., Bhojani, N., Bjazevic, J., Chew, B.H., De, S., et al. (2021) Canadian Urological Association guideline: Management of ureteral calculi. *Canadian Urological Association Journal*, **15**, E676-E690. <https://doi.org/10.5489/cuaj.7581>
- [16] Tzelvels, L., Türk, C. and Skolarikos, A. (2021) European Association of Urology Urolithiasis Guidelines: Where Are We Going? *European Urology Focus*, **7**, 34-38. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2020.09.011>
- [17] Gadolkareem, R.A., Abdelsalam, Y.M., Ibraheim, M.A., Reda, A., Sayed, M.A. and El-Azab, A.S. (2020) Is Percutaneous Nephrolithotomy the Modality of Choice versus Extracorporeal Shockwave Lithotripsy for a 20 to 30 mm Single Renal Pelvic Stone with ≤ 1000 Hounsfield Unit in Adults? A Prospective Randomized Comparative Study. *Journal of Endourology*, **34**, 1141-1148. <https://doi.org/10.1089/end.2020.0288>
- [18] Fernström, I. and Johansson, B. (1976) Percutaneous Pyelolithotomy. *Scandinavian Journal of Urology and Nephrology*, **10**, 257-259. <https://doi.org/10.1080/21681805.1976.11882084>
- [19] Kubota, M., Kanno, T., Murata, Y., et al. (2017) [The Efficacy of a Released Ultrasonic Lithotripsy in Percutaneous Nephrolithotomy: Randomized Trial Comparing Swiss LithoClast(R) Master Versus Swiss LithoClast(R)]. *Hinyokika Kyo*, **63**, 1-5.
- [20] 艾合买提·艾买尔, 靳宏勇, 阿不力孜·司马义, 等. 3D 打印引导经皮肾镜治疗复杂性肾结石的临床研究[J]. 生物医学工程与临床, 2025, 29(5): 643-649.
- [21] 闭克明. 复杂性肾结石的外科治疗进展[J]. 微创医学, 2013, 8(3): 339-342.
- [22] 李逊, 吴开俊. 多通道经皮肾穿刺取石治疗复杂性肾结石[J]. 中华泌尿外科杂志, 1998(8): 22-23.
- [23] Kukreja, R., Desai, M., Patel, S., Bapat, S. and Desai, M. (2004) First Prize: Factors Affecting Blood Loss during Percutaneous Nephrolithotomy: Prospective Study. *Journal of Endourology*, **18**, 715-722. <https://doi.org/10.1089/end.2004.18.715>
- [24] Thakur, A., Sharma, A.P., Devana, S.K., Parmar, K.M., Mavuduru, R.S., Bora, G.S., et al. (2021) Does Miniaturization Actually Decrease Bleeding after Percutaneous Nephrolithotomy? A Single-Center Randomized Trial. *Journal of Endourology*, **35**, 451-456. <https://doi.org/10.1089/end.2020.0533>
- [25] Wu, C., Hua, L., Zhang, J., Zhou, X., Zhong, W. and Ni, H. (2016) Comparison of Renal Pelvic Pressure and Postoperative Fever Incidence between Standard- and Mini-tract Percutaneous Nephrolithotomy. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, **33**, 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2016.10.012>
- [26] Feng, D., Zeng, X., Han, P. and Wei, X. (2020) Comparison of Intrarenal Pelvic Pressure and Postoperative Fever between Standard- and Mini-Tract Percutaneous Nephrolithotomy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Translational Andrology and Urology*, **9**, 1159-1166. <https://doi.org/10.21037/tau.2020.03.30>

- [27] 王宇, 卢帅培, 杨向前. 无管化 PCNL 与标准 PCNL 对肾结石患者肾功能及血清炎症因子水平影响的对比分析[J]. 交通医学, 2024, 38(4): 426-429.
- [28] Kim, B.S. (2015) Recent Advancement or Less Invasive Treatment of Percutaneous Nephrolithotomy. *Korean Journal of Urology*, **56**, 614-623. <https://doi.org/10.4111/kju.2015.56.9.614>
- [29] Marshall, V.F. (1964) Fiber Optics in Urology. *Journal of Urology*, **91**, 110-114. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)64066-7](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)64066-7)
- [30] Zewu, Z., Cui, Y., Feng, Z., Yang, L. and Chen, H. (2019) Comparison of Retrograde Flexible Ureteroscopy and Percutaneous Nephrolithotomy in Treating Intermediate-Size Renal Stones (2-3cm): A Meta-Analysis and Systematic Review. *International braz j urol*, **45**, 10-22. <https://doi.org/10.1590/s1677-5538.ijbu.2018.0510>
- [31] Jung, H.D., Hong, Y., Lee, J.Y. and Lee, S.H. (2021) A Systematic Review on Comparative Analyses between Ureteroscopic Lithotripsy and Shock-Wave Lithotripsy for Ureter Stone According to Stone Size. *Medicina*, **57**, Article 1369. <https://doi.org/10.3390/medicina57121369>
- [32] 曾国华, 朱玮. 输尿管软镜钬激光碎石术: 热潮中的冷思考[J]. 临床泌尿外科杂志, 2019, 34(3): 169-172.
- [33] 钟文, 朱玮, 赵志健, 等. 超细输尿管软镜治疗上尿路结石的疗效与安全性分析: 一项前瞻性随机对照研究[J]. 临床泌尿外科杂志, 2023, 38(10): 777-780.
- [34] 孙昊, 谢天朋, 饶攀, 等. 输尿管软镜碎石术在特殊人群肾结石中的应用与进展[J]. 赣南医学院学报, 2022, 42(8): 878-883.
- [35] 岑洪辉, 梁高照, 汪清. 输尿管软镜碎石术治疗肾结石对肾脏损伤的研究进展[J]. 现代泌尿外科杂志, 2022, 27(7): 614-618.
- [36] 徐鑫, 蒋召强, 刁统祥, 等. 经皮肾镜取石术与输尿管软镜碎石术治疗肾结石的 Meta 分析[J]. 临床泌尿外科杂志, 2017, 32(5): 365-369.
- [37] Knoll, T., Jessen, J.P., Honeck, P. and Wendt-Nordahl, G. (2011) Flexible Ureterorenoscopy versus Miniaturized PNL for Solitary Renal Calculi of 10-30 mm Size. *World Journal of Urology*, **29**, 755-759. <https://doi.org/10.1007/s00345-011-0784-y>
- [38] 朱轶勇, 孙丰, 邓铮, 等. 输尿管软镜治疗肾脏鹿角形结石的疗效分析[J]. 微创泌尿外科杂志, 2020, 9(4): 226-229.
- [39] Zhu, W., Liu, S., Cao, J., Wang, H., Liang, H., Jiang, K., *et al.* (2024) Tip Bendable Suction Ureteral Access Sheath versus Traditional Sheath in Retrograde Intrarenal Stone Surgery: An International Multicentre, Randomized, Parallel Group, Superiority Study. *eClinicalMedicine*, **74**, Article ID: 102724. <https://doi.org/10.1016/j.eclim.2024.102724>
- [40] Hiller, S.C. and Ghani, K.R. (2020) Frontiers of Stone Management. *Current Opinion in Urology*, **30**, 17-23. <https://doi.org/10.1097/mou.0000000000000698>
- [41] 黄益平, 吴慧玲, 俞蔚文, 等. 双镜联合一期治疗肾盏憩室结石疗效分析[J]. 现代实用医学, 2021, 33(2): 204-205.
- [42] Ding, Q., Zhu, H., Fan, Z., Li, F., Tu, W., Jin, X., *et al.* (2023) A Retrospective Study of 205 Patients with Complex Kidney Stones to Compare Outcomes from Super-Mini Percutaneous Nephrolithotomy Combined with Flexible Ureteroscopic Lithotripsy with Flexible Ureteroscopic Lithotripsy Alone. *Medical Science Monitor*, **29**, e941012. <https://doi.org/10.12659/msm.941012>
- [43] 李建兴, 刘宇保. 双镜联合治疗复杂泌尿系结石的研究进展(“大家泌尿网”观看手术视频) [J]. 现代泌尿外科杂志, 2022, 27(11): 893-896.
- [44] 丁琪, 范波, 朱海亮, 等. 斜仰卧截石位下超微通道经皮肾镜联合输尿管软镜治疗 2.0-3.0cm 肾结石的临床疗效分析[J]. 现代泌尿外科杂志, 2023, 28(9): 759-763.
- [45] 詹伟. 微创经皮肾镜联合输尿管软镜碎石取石术治疗复杂性肾结石的临床观察[J]. 慢性病学杂志, 2021, 22(3): 369-371.
- [46] 李逊, 曾国华, 袁坚, 吴开俊, 单炽昌. 经皮肾穿刺取石术治疗上尿路结石(20 年经验) [J]. 北京大学学报(医学版), 2004(2): 124-126.
- [47] Lusuardi, L. and Janetschek, G. (2011) Indications and Outcomes of Laparoscopic Uretero-Renal Stone Surgery. *Current Opinion in Urology*, **21**, 161-165. <https://doi.org/10.1097/mou.0b013e3283430afc>
- [48] 周乐卿, 王强, 孙西钊. 腹腔镜技术治疗泌尿系结石的临床研究新进展[J]. 临床泌尿外科杂志, 2014, 29(11): 1034-1037.
- [49] 钱庆鹏, 于广海, 杜浩. 后腹腔镜肾实质切开取石术治疗肾结石[J]. 中国医药科学, 2015, 5(4): 182-184.
- [50] Badani, K.K., Hemal, A.K., Fumo, M., Kaul, S., Shrivastava, A., Rajendram, A.K., *et al.* (2006) Robotic Extended Pyelolithotomy for Treatment of Renal Calculi: A Feasibility Study. *World Journal of Urology*, **24**, 198-201.

<https://doi.org/10.1007/s00345-006-0099-6>

- [51] 武睿毅, 孙立安, 徐志兵, 等. 机器人辅助腹腔镜与开放肾盂切开取石治疗直径大于 2 cm 非鹿角形肾结石的对比研究[J]. 复旦学报(医学版), 2019, 46(1): 79-83.
- [52] 崔宇, 云志中, 乔建坤, 等. 人工智能技术辅助经皮肾通道建立的新进展[J]. 河北医药, 2024, 46(22): 3465-3469.
- [53] 吴震宇, 李锴文, 刘成, 等. CT-超声融合在经皮肾穿刺中的应用: 一项前瞻性随机对照研究[J]. 临床泌尿外科杂志, 2023, 38(5): 364-368.
- [54] 王大伟, 吴忠. 激光在泌尿系结石微创手术中的应用进展[J]. 微创医学, 2024, 19(3): 228-231.
- [55] Ventimiglia, E., Smyth, N., Doizi, S., Jiménez Godínez, A., Barghouthy, Y., Corrales Acosta, M.A., *et al.* (2021) Can the Introduction of Single-Use Flexible Ureteroscopes Increase the Longevity of Reusable Flexible Ureteroscopes at a High Volume Centre? *World Journal of Urology*, **40**, 251-256. <https://doi.org/10.1007/s00345-021-03808-0>
- [56] Autorino, R., Cadeddu, J.A., Desai, M.M., Gettman, M., Gill, I.S., Kavoussi, L.R., *et al.* (2011) Laparoendoscopic Single-Site and Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery in Urology: A Critical Analysis of the Literature. *European Urology*, **59**, 26-45. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2010.08.030>