

经皮肾镜取石术出血的影响因素研究进展

王丽梅, 袁顺辉*, 杨茶丹峰

昆明医科大学第二附属医院泌尿外科, 云南 昆明

收稿日期: 2025年2月17日; 录用日期: 2025年3月9日; 发布日期: 2025年3月18日

摘要

泌尿系结石是全球常见的泌尿系统疾病, 经皮肾镜取石术(percutaneous nephrolithotomy, PCNL)是治疗泌尿系结石常用的手术方式。出血是PCNL最常见的并发症之一, 早期识别与PCNL出血相关的危险因素并及早对高危患者进行干预, 对于提高PCNL的安全性至关重要。本文将对PCNL出血的影响因素进行综述。

关键词

经皮肾镜取石术, 出血, 并发症, 危险因素

Research Progress of Factors Influencing Bleeding of Percutaneous Nephrolithotomy

Limei Wang, Shunhui Yuan*, Chadanfeng Yang

Department of Urology, The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming Yunnan

Received: Feb. 17th, 2025; accepted: Mar. 9th, 2025; published: Mar. 18th, 2025

Abstract

Urolithiasis is a common urinary system disease around the world. Percutaneous nephrolithotomy (PCNL) is a common surgical method for the treatment of urolithiasis. Bleeding is one of the most common complications of PCNL, so early identification of risk factors for bleeding in PCNL and early intervention in high-risk patients are crucial to improving the safety of PCNL. This article will review the factors influencing bleeding of PCNL.

Keywords

Percutaneous Nephrolithotomy, Bleeding, Complications, Risk Factors

*通讯作者。

文章引用: 王丽梅, 袁顺辉, 杨茶丹峰. 经皮肾镜取石术出血的影响因素研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(3): 1580-1586. DOI: 10.12677/acm.2025.153779



1. 引言

泌尿系结石是全球最常见的泌尿系统疾病之一,一项针对我国 22 个不同省份的研究估计我国泌尿系结石的患病率为 8.1% [1]。随着我国人口老龄化的发展,泌尿系结石的患病率呈上升趋势。经皮肾镜取石术(percutaneous nephrolithotomy, PCNL)是 ≥ 2 cm 的肾结石、有症状的肾盏或憩室结石、体外冲击波碎石术和输尿管软镜治疗失败的肾结石,以及鹿角形结石的一线治疗方案[2]。与输尿管软镜碎石术和体外冲击波碎石术相比,PCNL 的结石清除率更高;与开腹/腹腔镜手术相比,PCNL 的创伤更小、恢复更快[3]。尽管几十年来随着经验的积累和设备的发展,PCNL 变得愈发成熟,但是其并发症仍然常见,据报道,全球 PCNL 的并发症发生率 20.5% [4]。出血是 PCNL 最常见的并发症之一,研究显示 PCNL 术后出血发生率从 1%~34%不等[5] [6]。大多数情况下,静脉出血可以通过使用止血药物、夹闭肾造瘘管及补液输血等保守治疗措施控制,而动脉出血则需要行选择性血管栓塞或肾切除术。因此,如果能够早期识别与 PCNL 出血相关的危险因素,就可以及早对高危患者进行干预,以减少术中及术后出血的风险。目前,已有不少国内外研究报道了与 PCNL 出血相关的危险因素,因此,本文将围绕 PCNL 出血的影响因素研究进展进行综述。

2. 患者相关因素

2.1. 糖尿病

Akman 等人的研究发现,糖尿病是 PCNL 出血的危险因素[7]。Kukreja 等人的一项前瞻性研究也认为,糖尿病患者的出血风险更高[8]。据文献报道,25%~40%的糖尿病患者患有糖尿病肾病,这是终末期肾病的主要原因[9]。首先糖尿病肾病的主要病理生理学改变是肾素-血管紧张素-醛固酮系统的激活,促进足细胞和血管内皮细胞的损伤,肾小球基底膜增厚,高血糖还可触发炎症介质的释放,导致活性氧和氧化应激水平升高,最终导致肾脏损伤和纤维化[10]。其次,糖尿病所引发的动脉粥样硬化和微血管病变对血管结构的完整性产生不利影响,导致血管壁变薄弱,容易受损、出血和愈合缓慢。此外,高血糖可引起血小板功能异常和凝血机制的改变,从而增加了 PCNL 出血的风险。因此,围术期应该控制好血糖,并对糖尿病患者进行更严密的监测,若发现出血及早进行干预。

2.2. 身体质量指数

Lee 等人的回顾性研究报道了患者的高身体质量指数(Body mass index, BMI)与 PCNL 出血相关[11]。首先,肥胖患者在超声下解剖标志不那么清晰,结石定位相对困难,术中穿刺更具挑战性,甚至可能需要进行多次穿刺才能成功。其次,PCNL 通道的长度主要取决于皮下脂肪、背部肌肉和腹膜后脂肪的数量,Astroza 等人的研究证实了 PCNL 手术通道的长度随着 BMI 的增加而增加[12]。并且通道长度过长会导致通道扩张难度增大,而且过长的通道会限制肾镜的移动范围,增加手术难度,且取石过程中易导致肾实质或肾盏颈撕裂而造成出血。因此,对于 BMI 高的患者,术前应进行细致的评估,穿刺时仔细定位,减少穿刺次数,找到合适的通路进行操作,并且术中减少肾镜的移动范围,尽可能降低出血风险。

2.3. 尿路感染

多项研究表明,术前尿路感染是 PCNL 术中出血的危险因素[13] [14]。尿路感染引起的炎症导致肾实

质充血水肿,影响了血管的结构和功能;同时,炎症刺激尿路的黏膜,使肾实质脆性增加,导致血管穿刺部位血凝块不易形成,从而增加了 PCNL 术中出血的风险。因此,PCNL 术前应充分进行抗感染治疗,这不仅有助于减低术后感染风险,也有助于降低术中出血风险。

2.4. 孤立肾

多项研究发现孤立肾是导致 PCNL 出血的危险因素,因为孤立肾患者的肾脏会发生代偿性肥大,肾实质的厚度随着肾脏大小的增加而增加,通过厚的肾实质进行穿刺和扩张可能会导致更多肾组织及血管损伤[15][16]。因此,对于孤立肾患者的 PCNL 应更为谨慎,进行细致的评估与操作,尽可能降低出血风险。

2.5. 肾脏既往手术史

肾脏的既往手术史是否会影响出血一直存在争议,Rodrigues Netto Jr.等人认为既往手术史是 PCNL 出血的危险因素[17],一项针对 4784 例患者的 Meta 分析显示,有肾脏开放性手术史的患者 PCNL 术后血红蛋白下降更为明显,需要血管栓塞的风险也更高[18],Zhao 等人对 665 例患者的回顾性研究也发现,肾脏既往开放性手术史使出血的风险增加 3 倍,因为手术史会导致肾脏瘢痕形成或解剖结构发生改变,瘢痕组织对手术创面的愈合有不利影响,而解剖结构发生改变会增加手术风险与难度,从而导致出血风险增加[19]。但 Stoller 等人在其回顾性研究中并未发现既往有无体外冲击波碎石术或开放手术史的患者失血量有任何显著差异[20]。Kukreja 等人的一项前瞻性研究发现,有 PCNL 或开放手术史的患者失血量显著减少,并认为这可能与肾皮质厚度的变薄伴随血流减少有关[8]。

2.6. 肾积水程度

Meng 等人对 396 名患者的回顾性研究发现,肾积水程度是 PCNL 术中出血的危险因素,因为随着肾积水程度的加重,肾血管分布会相对稀疏,术中肾血管损伤的可能性会随之降低[21]。Dong 等人的研究也发现,轻度肾积水或没有肾积水的患者术后发生严重出血的风险更高,这可能由于肾实质相对较厚,血供也更为丰富,因此增加了穿刺出血的风险,而中度和重度肾积水可导致肾皮质变薄及肾血流减少,从而降低出血风险[22]。

3. 结石相关因素

3.1. 鹿角形结石

有研究表明,鹿角形结石是 PCNL 术中出血的危险因素,因为在处理鹿角状结石时,肾镜通常需进入多个肾盏进行碎石,有时甚至需要建立多个通道才能达到满意的结石清除率,这可能会延长手术时间,从而增加出血的风险[7][15]。Meng 等人的报道指出,由于鹿角形结石患者的肾脏皮质较厚,因此增加了手术通道的长度,导致鹿角形结石患者更容易出血[21]。因此,对于鹿角形结石,可采取分期手术或减少通道数目以降低出血风险。

3.2. 结石负荷

多篇文献报道结石负荷是出血的危险因素[21][23]。一项针对 1854 例患者的回顾性研究发现,结石负荷是预测 PCNL 出血的唯一危险因素[24]。由于 PCNL 的目的是清除结石、解除梗阻、保护肾功能,当结石负荷较大时,往往需要增大通道与肾盏的角度以尽可能地取尽结石,这可能会撕裂肾盏颈部而导致出血;并且由于结石负荷较大,手术时间相对较长,出血风险随之升高。因此,在处理复杂结石或负荷较大的结石时,可采取分阶段手术降低出血风险。

3.3. 结石密度

Gücük 等人的研究发现, 结石密度与出血相关, 并且随着结石密度的增加, 出血风险会相应地升高[25]。这可能是由于结石密度越高就需要越大的能量进行碎石, 因此碎石过程中对肾脏造成的损伤增加, 与此同时, 密度大的结石手术时间相对更长, 从而导致出血风险增加。

4. 手术相关因素

4.1. 手术时间

多篇文献报道手术时间与出血相关[8] [11]。Akman 等人的研究发现, PCNL 的手术时间应尽量控制在 58 分钟以内, 如果手术时间超过 58 分钟, 术后输血的概率将增加 2.82 倍[7]。因为手术时间的延长意味着手术难度可能更高, 而且随着手术时间的延长, 持续的手术操作对于肾脏的创伤也会相应地增加, 同时长时间的手术操作可能导致肾脏血供不均, 从而影响术后的正常血供, 导致出血风险增加。

4.2. 手术分期

Kukreja 等人的一项前瞻性研究报道二期手术会降低出血的风险[8]。首先, 一期手术中留置的肾造瘘管可以使沿着管道破裂的血管愈合, 形成瘢痕, 在二期手术中扩张该通道时可减少创伤和出血。其次, 如果沿原通道进行二期手术, 则可以避免再次穿刺, 手术的视野也将变得更清晰, 手术时间也会相应缩短, 出血风险也会随之降低。最后, 对于负荷较大或复杂结石, 若坚持通过一期手术完整取石, 可能会导致肾镜活动范围过大及长时间的碎石取石操作而导致出血。

4.3. 穿刺点位

穿刺点的选择是否会影响 PCNL 术后出血一直存在争议。El-Nahas 等人的研究发现, 上肾盏穿刺可导致出血风险增加[15]。在一项前瞻性研究中, 其结果显示穿刺盏位置的选择不是 PCNL 术后出血的影响因素[26]。Tan 等人对 982 例患者的回顾性研究指出, 下肾盏穿刺更容易导致出血[16]。Khadgi 等人对 512 例患者行单通道 mini-PCNL, 比较了中盏入路、上盏入路和下盏入路的有效性和安全性, 结果显示中盏入路较上盏入路和下盏入路输血率低[27]。因为中盏入路时, 通道距离较短, 穿刺针相对成直线进入肾盏和肾盂, 可以避开较大的肾血管, 而且中盏入路可以更好地暴露大部分肾盏和肾盂, 提供更广阔的手术视野和操作空间, 方便将导丝放置到输尿管, 在通道扩张时, 中盏入路的受力点在肾脏中部, 肾脏不易发生倾斜和扭转造成出血[28]。当进行上/下盏穿刺入路时, 手术通路相对较长, 且受力点位于肾脏两极, 扩张时肾脏更易发生倾斜和扭转导致肾实质损伤, 甚至可导致导丝脱落进而丢失通路, 而且上/下盏入路时肾盏与肾长轴之间的角度较小, 手术过程中结石碎片迁移到其他盏的风险更高, 并且在进入其他肾盏碎石时, 肾镜操作容易受限, 为尽可能取尽结石, 可能会过度移动肾镜导致血管损伤和盏颈撕裂, 从而导致出血。

4.4. 多通道取石

多篇文献报道多通道取石是 PCNL 术后出血的危险因素[23] [29]。Akman 等人发现, 多通道手术会使 PCNL 术后出血风险增加 2.7 倍[7]。对于复杂结石和鹿角形结石, 肾镜通常需要进入多个肾盏进行碎石取石, 甚至需要采用多个通道进行取石才能实现更好的结石清除率。然而, 随着穿刺通道数量的增加, 肾实质和血管受损的可能性就越大。为了尽量减少多次入路对出血的不利影响, 可以使用各种替代技术或器械, 如柔性肾镜、改进的抓取装置等, 可以在不影响结石清除的情况下减少输血需求和出血风险[30]。

4.5. 通道大小

多项前瞻性研究报道,通道大小对出血有影响[8][31]。一项针对 4953 名患者的 Meta 分析显示,mini-PCNL 术后血红蛋白的下降幅度和输血率明显低于标准 PCNL [32]。另一项 Meta 分析也显示,标准 PCNL 术后血红蛋白下降程度及术后输血的风险比 mini-PCNL 更高[33]。Yamaguchi 等人的研究也发现,随着通道大小的增加,输血率也随之增加,在其研究中通道大小 $\leq 18\text{F}$ 、24~26F、27~30F 和 32~34F 的输血率分别为 1.1%、4.8%、5.9%和 12.1% [34]。一项前瞻性研究报道,与直径为 18F 的通道相比,24~26F 的通道出血风险增加 3.04 倍,27~30F 的通道出血风险增加 4.91 倍[35]。大的通道便于清除负荷较大的结石,但容易对肾脏实质和血管造成大的创伤;与此相反,小的通道可能对肾脏造成的创伤较小,会减少出血的风险,但是同时也会增加碎石和取石所需的时间[8]。

4.6. 医生经验

一项针对 3878 例接受 PCNL 治疗的患者的回顾性研究指出,手术医生的经验是术后出血的影响因素,因为经验丰富的泌尿外科医师能够准确创建合适的通道,并进行合理的扩张,且能够更为快速和娴熟地进行手术操作[15]。Akman 等人对 649 例接受同一名外科医生行 PCNL 术后出血情况的统计分析显示,手术经验与术后失血量和输血需求之间没有任何相关性[7]。此外,使用硬性肾镜到达不同肾盏内的结石可能会损伤肾实质和肾盏颈,导致出血风险增加。然而,有研究表明,使用柔性肾镜可以在不影响结石清除的情况下减少输血需求和出血风险[36]。

综上所述,PCNL 术后出血的发生与多种因素有关,包括糖尿病、BMI、尿路感染、孤立肾、肾脏既往手术史、肾积水程度、鹿角形结石、结石负荷、结石密度、手术时间、手术分期、穿刺点位、多通道取石、通道大小、外科医生经验等。在临床工作中,及早识别出血的各种危险因素,严格掌握 PCNL 的禁忌症,围术期加强对高危患者的监测和管理,及早采取相应的干预措施,才能有效避免出血并发症的发生。

参考文献

- [1] Tan, S., Yuan, D., Su, H., Chen, W., Zhu, S., Yan, B., *et al.* (2023) Prevalence of Urolithiasis in China: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BJU International*, **133**, 34-43. <https://doi.org/10.1111/bju.16179>
- [2] Rosette, J.d.l., Assimos, D., Desai, M., Gutierrez, J., Lingeman, J., Scarpa, R., *et al.* (2011) The Clinical Research Office of the Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Global Study: Indications, Complications, and Outcomes in 5803 Patients. *Journal of Endourology*, **25**, 11-17. <https://doi.org/10.1089/end.2010.0424>
- [3] Preminger, G.M., Assimos, D.G., Lingeman, J.E., Nakada, S.Y., Pearle, M.S. And Wolf, J.S. (2005) Aua Guideline on Management of Staghorn Calculi: Diagnosis and Treatment Recommendations. *Journal of Urology*, **173**, 1991-2000. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000161171.67806.2a>
- [4] Labate, G., Modi, P., Timoney, A., Cormio, L., Zhang, X., Louie, M., *et al.* (2011) The Percutaneous Nephrolithotomy Global Study: Classification of Complications. *Journal of Endourology*, **25**, 1275-1280. <https://doi.org/10.1089/end.2011.0067>
- [5] Zeng, G., Mai, Z., Zhao, Z., Li, X., Zhong, W., Yuan, J., *et al.* (2013) Treatment of Upper Urinary Calculi with Chinese Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy: A Single-Center Experience with 12,482 Consecutive Patients over 20 Years. *Urolithiasis*, **41**, 225-229. <https://doi.org/10.1007/s00240-013-0561-z>
- [6] Wollin, D.A. and Preminger, G.M. (2017) Percutaneous Nephrolithotomy: Complications and How to Deal with Them. *Urolithiasis*, **46**, 87-97. <https://doi.org/10.1007/s00240-017-1022-x>
- [7] Akman, T., Binbay, M., Sari, E., Yuruk, E., Tepeler, A., Akcay, M., *et al.* (2011) Factors Affecting Bleeding during Percutaneous Nephrolithotomy: Single Surgeon Experience. *Journal of Endourology*, **25**, 327-333. <https://doi.org/10.1089/end.2010.0302>
- [8] 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>

- [9] Jung, C. and Yoo, T. (2022) Pathophysiologic Mechanisms and Potential Biomarkers in Diabetic Kidney Disease. *Diabetes & Metabolism Journal*, **46**, 181-197. <https://doi.org/10.4093/dmj.2021.0329>
- [10] Hung, P., Hsu, Y., Chen, T. and Lin, C. (2021) Recent Advances in Diabetic Kidney Diseases: From Kidney Injury to Kidney Fibrosis. *International Journal of Molecular Sciences*, **22**, Article 11857. <https://doi.org/10.3390/ijms222111857>
- [11] Lee, J.K., Kim, B.S. and Park, Y.K. (2013) Predictive Factors for Bleeding during Percutaneous Nephrolithotomy. *Korean Journal of Urology*, **54**, Article 448. <https://doi.org/10.4111/kju.2013.54.7.448>
- [12] Astroza, G.M., Neisius, A., Tsivian, M., Wang, A.J., Preminger, G.M. and Lipkin, M.E. (2014) Does the Nephrostomy Tract Length Impact the Outcomes of Percutaneous Nephrolithotomy (PNL)? *International Urology and Nephrology*, **46**, 2285-2290. <https://doi.org/10.1007/s11255-014-0812-0>
- [13] Zheng, Z., Xu, J., Li, Z., Mao, L., Zhang, W., Ye, Z., et al. (2023) Development and Internal Validation of a Prediction Model to Evaluate the Risk of Severe Hemorrhage Following Mini-Percutaneous Nephrolithotomy. *World Journal of Urology*, **41**, 843-848. <https://doi.org/10.1007/s00345-023-04291-5>
- [14] Du, N., Ma, J., Luo, J., Liu, Q., Zhang, Z., Yang, M., et al. (2019) The Efficacy and Safety of Transcatheter Arterial Embolization to Treat Renal Hemorrhage after Percutaneous Nephrolithotomy. *BioMed Research International*, **2019**, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2019/6265183>
- [15] El-Nahas, A.R., Shokeir, A.A., El-Assmy, A.M., Mohsen, T., Shoma, A.M., Eraky, I., et al. (2007) Post-Percutaneous Nephrolithotomy Extensive Hemorrhage: A Study of Risk Factors. *Journal of Urology*, **177**, 576-579. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2006.09.048>
- [16] Tan, J., Chen, B., He, L., Yin, G., Jiang, Z., Yao, K., et al. (2015) Renal Access through the Inferior Calyx Is Associated with Higher Risk of Severe Bleeding after Percutaneous Nephrolithotomy. *Archives of Medical Science*, **2**, 340-345. <https://doi.org/10.5114/aoms.2015.50966>
- [17] Rodrigues Netto Jr., N., C. Lemos, G., C.R. Palma, P. and Luiz Fiuza, J. (1988) Staghorn Calculi: Percutaneous versus Anatomic Nephrolithotomy. *European Urology*, **15**, 9-12. <https://doi.org/10.1159/000473385>
- [18] Hu, H., Lu, Y., Cui, L., Zhang, J., Zhao, Z., Qin, B., et al. (2016) Impact of Previous Open Renal Surgery on the Outcomes of Subsequent Percutaneous Nephrolithotomy: A Meta-Analysis. *BMJ Open*, **6**, e010627. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010627>
- [19] Zhao, H., Li, J., Li, L., Wang, H., Guo, J. and Miao, Y. (2022) Factors Affecting Transfusion during Percutaneous Nephrolithotomy: A Retrospective Study of 665 Cases. *Applied Bionics and Biomechanics*, **2022**, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2022/6775277>
- [20] Stoller, M.L., Wolf, J.S. and St. Lezin, M.A. (1994) Estimated Blood Loss and Transfusion Rates Associated with Percutaneous Nephrolithotomy. *Journal of Urology*, **152**, 1977-1981. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)32283-8](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)32283-8)
- [21] Meng, X., Bao, J., Mi, Q. and Fang, S. (2019) The Analysis of Risk Factors for Hemorrhage Associated with Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy. *BioMed Research International*, **2019**, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2019/8619460>
- [22] Dong, X., Wang, D., Zhang, H., You, S., Pan, W., Pang, P., et al. (2021) No Staghorn Calculi and None/Mild Hydronephrosis May Be Risk Factors for Severe Bleeding Complications after Percutaneous Nephrolithotomy. *BMC Urology*, **21**, Article No. 107. <https://doi.org/10.1186/s12894-021-00866-9>
- [23] Turna, B., Nazli, O., Demiryoguran, S., Mammadov, R. and Cal, C. (2007) Percutaneous Nephrolithotomy: Variables That Influence Hemorrhage. *Urology*, **69**, 603-607. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2006.12.021>
- [24] Srivastava, A., Singh, K.J., Suri, A., Dubey, D., Kumar, A., Kapoor, R., et al. (2005) Vascular Complications after Percutaneous Nephrolithotomy: Are There Any Predictive Factors? *Urology*, **66**, 38-40. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2005.02.010>
- [25] Gücük, A., Üyetürk, U., Öztürk, U., Kemahli, E., Yildiz, M. and Metin, A. (2012) Does the Hounsfield Unit Value Determined by Computed Tomography Predict the Outcome of Percutaneous Nephrolithotomy? *Journal of Endourology*, **26**, 792-796. <https://doi.org/10.1089/end.2011.0518>
- [26] Eryildirim, B., Sarica, K., Ustun, F., Sevinc, A.H., Simsek, B., Sahan, A., et al. (2020) Comparison of Middle and Lower Calyceal Access for Renal Pelvis Stone in Percutaneous Nephrolithotomy: A Prospective Randomized Study. *Urologia Internationalis*, **104**, 758-764. <https://doi.org/10.1159/000509330>
- [27] Khadgi, S., EL-Nahas, A.R., Darrad, M. and Al-Terki, A. (2019) Safety and Efficacy of a Single Middle Calyx Access (MCA) in Mini-PCNL. *Urolithiasis*, **48**, 541-546. <https://doi.org/10.1007/s00240-019-01176-4>
- [28] Song, Y., Jin, W., Hua, S. and Fei, X. (2016) Middle Calyx Access Is Better for Single Renal Pelvic Stone in Ultrasound-Guided Percutaneous Nephrolithotomy. *Urolithiasis*, **44**, 459-463. <https://doi.org/10.1007/s00240-016-0866-9>
- [29] Netto, N.R., Ikonomidis, J., Ikari, O. and Claro, J.A. (2005) Comparative Study of Percutaneous Access for Staghorn Calculi. *Urology*, **65**, 659-662. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2004.10.081>

-
- [30] Ganpule, A.P., Mishra, S. and Desai, M.R. (2009) Multiperc versus Single Perc with Flexible Instrumentation for Stag-horn Calculi. *Journal of Endourology*, **23**, 1675-1678. <https://doi.org/10.1089/end.2009.1535>
- [31] Guddeti, R.S., Hegde, P., Chawla, A., de la Rosette, J.J.M.C.H., Laguna Pes, M.P. and Kapadia, A. (2020) Super-Mini Percutaneous Nephrolithotomy (PCNL) vs Standard PCNL for the Management of Renal Calculi of <2 cm: A Randomised Controlled Study. *BJU International*, **126**, 273-279. <https://doi.org/10.1111/bju.15144>
- [32] Wan, C., Wang, D., Xiang, J., Yang, B., Xu, J., Zhou, G., *et al.* (2022) Comparison of Postoperative Outcomes of Mini Percutaneous Nephrolithotomy and Standard Percutaneous Nephrolithotomy: A Meta-Analysis. *Urolithiasis*, **50**, 523-533. <https://doi.org/10.1007/s00240-022-01349-8>
- [33] Mykoniatis, I., Pietropaolo, A., Pyrgidis, N., Tishukov, M., Anastasiadis, A., Juliebø-Jones, P., *et al.* (2022) Mini Percutaneous Nephrolithotomy versus Standard Percutaneous Nephrolithotomy for the Management of Renal Stones over 2 Cm: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Minerva Urology and Nephrology*, **74**, 409-417. <https://doi.org/10.23736/s2724-6051.22.04678-x>
- [34] Yamaguchi, A., Skolarikos, A., Buchholz, N.N., Chomón, G.B., Grasso, M., Saba, P., *et al.* (2011) Operating Times and Bleeding Complications in Percutaneous Nephrolithotomy: A Comparison of Tract Dilation Methods in 5537 Patients in the Clinical Research Office of the Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Global Study. *Journal of Endourology*, **25**, 933-939. <https://doi.org/10.1089/end.2010.0606>
- [35] Andonian, S., Scoffone, C.M., Louie, M.K., Gross, A.J., Grabe, M., Daels, F.P.J., *et al.* (2013) Does Imaging Modality Used for Percutaneous Renal Access Make a Difference? A Matched Case Analysis. *Journal of Endourology*, **27**, 24-28. <https://doi.org/10.1089/end.2012.0347>
- [36] Caglayan, V., Onen, E., Avci, S., Kilic, M., Sambel, M. and Oner, S. (2020) Percutaneous Nephrolithotomy via a Middle Calyx Access Is Effective in the Treatment of Lower Pole Kidney Stones: A Single-Center Study. *Urologia Internationalis*, **104**, 741-745. <https://doi.org/10.1159/000505081>