

经皮肾镜取石术中监测及控制肾盂内压力的研究进展

梁兆军¹ 刘文武¹ 王军^{1△} 杜长春¹

[摘要] 肾结石是泌尿外科常见病之一,其发病率呈逐渐上升趋势。随着医疗腔镜技术的发展和设备的更新,肾结石的治疗已经由传统的开放手术转变为现代的微创手术。在行经皮肾镜取石术(percutaneous nephrolithotomy, PCNL)治疗肾结石时,为了能使手术视野保持清晰以及将碎石冲出体外,通常需对肾盂进行灌注冲洗,但在灌注冲洗的过程中很容易出现肾盂内高压,导致含有细菌、内毒素等有害物质的冲洗液通过损伤的肾脏毛细血管及淋巴反流入血,轻者可引起发热,较重者可出现脓毒症,严重者可致感染性休克,对生命构成威胁。因此,实时动态地监测肾盂内压力(renal pelvic pressure, RPP),并精准地将 RPP 控制在安全范围内,可有效地降低肾内冲洗液反流发生的概率,从而提高手术安全性。本文旨在对 PCNL 术中监测及控制 RPP 的研究进展进行综述。

[关键词] 经皮肾镜取石术;肾盂内压力;精准控制

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2021.07.016

[中图分类号] R692.4 **[文献标志码]** A

Research progress of renal pelvic pressure monitor and control during percutaneous nephrolithotomy

LIANG Zhaojun LIU Wenwu WANG Jun DU Changchun

(Department of Urology, Guangxi International Zhuang Medicine Hospital, Nanning, 530200, China)

Corresponding author: LIU Wenwu, E-mail: gzliuwenwu@163.com

Abstract Renal stone is one of the common diseases in urology, and its incidence is gradually increasing. With the development of medical endoscopy technology and the renewal of equipment, the treatment of renal calculi has changed from traditional open surgery to modern minimally invasive surgery. When percutaneous nephrolithotomy (PCNL) is performed to treat renal calculi, it is usually necessary to irrigate the renal pelvis in order to maintain a clear field of vision and flush the crushed stone out of the body. But in the process of perfusion and flushing, it is easy to develop intrapelvic high pressure, resulting in the flow of washing fluid containing harmful substances such as bacteria and endotoxins into the blood through the injured renal capillaries and lymphatic regurgitation. And fever can be caused in mild cases. Sepsis can occur in severe cases. Septic shock can be caused in more serious cases, which poses a threat to life. Therefore, real-time and dynamic monitoring of renal pelvic pressure (RPP) and accurate control of RPP within a safe range can effectively reduce the probability of intra-renal lavage fluid reflux and improve the safety of operation. The purpose of this article is to review the research progress of monitoring and controlling RPP during PCNL.

Key words percutaneous nephrolithotomy; renal pelvic pressure; accurate control

我国是世界三大结石高发区之一,泌尿系结石的发病率为1%~5%,国内结石发病率又以南方偏高,达5%~10%^[1]。随着人们生活水平的不断提高和生活方式的日渐改变,泌尿系结石的发病率也在不断地升高,其中肾结石约占泌尿系结石的45%。近十年来泌尿外科腔镜技术发展迅猛,现今肾结石的外科手术治疗已经进入微创时代,主要以经皮肾镜取石术(percutaneous nephrolithotomy, PCNL)和输尿管软镜碎石术(retrograde intrarenal

surgery, RIRS)为主,尤其对于较大的复杂性肾结石,PCNL仍是目前最主要的治疗手段。由于PCNL术中需灌注冲洗使得肾盂内压力(renal pelvic pressure, RPP)持续升高,导致细菌及内毒素等有害物质反流入血后容易引起术中术后全身感染、脓毒症甚至感染性休克等并发症,增加了手术的风险^[2-3]。可见,控制好手术中肾盂内的压力,与PCNL术后患者的预后密切相关。因此,在PCNL术中如何做到实时监测及精准控制RPP有着极为重要的意义。

1 PCNL 发展概况

早在1941年Rupol等^[4]就报道了利用内窥镜

¹ 广西国际壮医医院泌尿外科(南宁,530200)

[△] 审校者

通信作者:刘文武, E-mail:gzliuwenwu@163.com

经开放手术后的肾造瘘口顺利取出术后残石。到了 1976 年 Fernström 等^[5]通过经皮穿刺至肾盂的通道成功取出肾盂内结石,这就形成了早期经皮肾穿刺取石的模型。后来直到 1981 年,该项技术才被 Wickham 和 Kollett 正式命名为“Percutaneous Nephrolithotomy, PCNL”^[6]。此后,PCNL 经过在各个方面包括穿刺方式和穿刺设备等的不断改良后,得到了飞速的发展。而我国引进该项技术亦是始于 20 世纪 80 年代。

早期 PCNL 采用的大多是 30F~36F 的大通道,手术视野宽阔清晰,方便取石,但是也存在着很明显的缺点,在穿刺的过程中很容易引起肾脏损害及血管破裂引发大出血,同时也增加了血行感染的机会^[7],导致输血和患肾切除的发生率很高^[8]。为了避免大通道所造成的损伤,到了 20 世纪 90 年代,吴开俊等^[9]、李逊等^[10]将穿刺通道缩小至 14F~16F 的微通道,并成功进行了碎石取石。此时的微通道虽然减少了对肾脏的损伤及降低了出血的风险,但对于较大的肾结石需分期进行取石,术中灌注冲洗回流不畅导致 RPP 过高引起全身感染甚至感染性休克的风险增加^[11]。为了兼顾降低肾脏出血的风险,减少血逆行感染的机会以及提高碎石清石效率等,经过学者们的不断探索和改良,根据肾结石的大小、数量等情况,出现了标准通道经皮肾镜取石术(standard invasive percutaneous nephrolithotomy, SPCNL)通常将通道扩张到 22F~24F、微创经皮肾镜取石术(minimally invasive percutaneous nephrolithotomy, MPCNL)将通道扩张到 16F~20F、超微经皮肾镜取石术(super minimally invasive percutaneous nephrologyotomy, SMP)将通道进一步缩小到 12F~14F,甚至已经出现了自带有负压吸引装置的肾镜,在碎石的同时可进行负压吸引,既可吸石清石又可降低 RPP。术者可根据患者肾结石的大小、位置、数目以及肾积水情况和手术相关风险等综合考虑选择适合的通道,有条件的还可使用自带负压吸引装置设备,一定程度上降低了手术的风险。

虽然 PCNL 现已广泛应用于临床,且经过不断的改进,其并发症的发生率不断降低,但是肾脏的大出血以及脓毒症所致严重的全身感染仍应引起广大学者的高度重视。其中全身感染和脓毒症的发生与术中 RPP 的持续升高有着密切的联系。

2 PCNL 术中 RPP 升高产生的后果及其影响因素

正常生理状态下 RPP 基本保持在一个相对稳定的水平,其波动范围约在 1.4~4.5 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)^[12],即使在病理状态下,也很少超过 67.5 mmHg^[13]。有研究显示,术中灌注压过高或引流不通畅都容易导致 RPP 升高,当 RPP 超过 30 mmHg 时,即可发生肾内液体反流入

血、肾周外渗、感染扩散,导致肾功能损害、脓毒症,严重的甚至会引起感染性休克^[14-16]。若长时间保持肾盂内高压状态,将使肾功能受到严重的损害。汤晓晖等^[17]在动物实验研究中,将 RPP 维持在 100~200 mmHg(范围 30 min),然后在电镜下观察到近曲肾小管上皮细胞有微绒毛脱落以及肾间质肿胀等的变化,且这些变化随着持续的肾盂高压和时间的累积而加剧,直接导致了肾脏的重吸收功能和分泌功能受到严重的损害。如果肾盂内高压持续存在且合并有尿路感染的情况,则可出现发热、全身炎症反应综合征、尿源性脓毒症等并发症,将进一步加重肾功能的损害。在甘露等^[18]的研究中也显示了肾盂破裂、术后发热、败血症、感染休克的发生与术中 RPP 的升高呈正性相关。任何影响冲洗液灌注和流出的因素均有可能引起 RPP 的升高。虽然过高的 RPP 所导致的严重并发症比如脓毒症、感染性休克等的发生率低,但是一旦发生,死亡率高达 20%^[19]。因此,术中实时有效的监测 RPP 的变化,并及时解除引起 RPP 升高的因素,控制 RPP 在安全范围内对于预防并发症显得尤为重要。

在 PCNL 术中,RPP 升高的情况是很常见的,其往往发生在灌注冲洗时^[20],主要与术中灌注冲洗的流量及灌注压力有关,还与穿刺通道的大小、数量及镜鞘比(镜径与扩张鞘大小之比值)等有关,任何导致灌注不当或引流不畅的因素都可引起 RPP 升高^[2,3,15,19]。当单位时间内灌注进入肾盂的液体量大于流出量时,RPP 就会升高。陈亮等^[21]的研究显示,灌注冲洗流量越大,则肾盂压力越高,导致发热及发生脓毒症的风险越高。Zhong 等^[22]通过测量 MPCNL 中不同通道大小及双通道(F14、F16、F18、双 F16)的 RPP 发现,不同通道大小及双通道的术中平均肾盂压力分别为 24.55 mmHg、16.49 mmHg、11.22 mmHg、6.64 mmHg,说明通道越小,平均 RPP 越高,也体现了双通道的 RPP 明显比单通道的低。亦有研究显示,MPCNL 术中单通道的 RPP 明显高于多通道^[23]。Wu 等^[15]的研究也显示,MPCNL 比 SPCNL 有更高的 RPP 升高的发生率。谢国海等^[24]通过家猪离体肾脏研究 PCNL 术中镜鞘比与 RPP 的关系显示:当肾盂灌注压力一定时,RPP 随着镜鞘比的增大而升高,两者成正比关系;当镜鞘比一定时,RPP 随着肾盂灌注压力的升高而升高,两者成正性相关。

3 PCNL 术中监测及控制 RPP 的方法及研究现状

3.1 传统水柱测压法

关于 PCNL 中 RPP 的监测方法,早期的设计灵感主要源于中心静脉压的监测。使用类似测量中心静脉压的方法测量 RPP,将建立好的肾盂通道外接生理盐水,以肾脏水平为零点,水柱静止不动

时读取水柱高度即为肾盂内真实压力值,若水柱上升则表示RPP升高,反之则为RPP降低。但是在实际手术操作过程中,水柱会一直处于上下波动状态,以致难以观察并实时记录水柱压力数值,而且水压的波动传导存在一定的滞后性,所读取的数值并不能完全反应当下的压力,自然也就达不到控制RPP的效果,因此,该水柱测压法在临床上并没有太大的现实意义。

3.2 管道连接测压法

所谓管道连接测压法即是利用术中麻醉监护仪中的有创动脉压监测装置亦或是尿流动力学检查中的测压装置来测量RPP的,其测量方法大同小异,只是所需管道材料及连接方法略微有差异。在PCNL术中,有些学者采用的是经尿道输尿管镜置入输尿管导管作为测压管的,比如Alsmadi等^[25]和龙兆麟等^[26]逆行置入的是5F的输尿管导管作为测压管,而Wu等^[15]和王志勇等^[13]逆行置入的则是6F的输尿管导管。他们将压力传感器连接于输尿管导管末端,通过换能系统与监护仪的有创血压通道相连,实时监测RPP,但是缺乏反馈装置,因而无法做到精准控制RPP。徐锋等^[27]和张伟建等^[28]则是运用尿流动力学测压系统连接到输尿管导管上进行测压的,同样也没设置有压力反馈平台,没有对精准控压做更深入的研究。另外也有学者是通过经皮肾穿刺的方式直接将测压管放置于肾盂内进行测压的,比如臧运江等^[29]是通过建立经皮肾穿刺双通道(双16F),利用其中之一的通道作为测压通道置入测压管后外接尿动力学测压装置进行测压的,而另一通道则作为碎石取石通道进行碎石相关操作。在该经皮肾穿刺测压研究中,研究者是通过观察到RPP升高后采取措施避免压力持续升高的,如降低灌注压力、调整外鞘及输尿管镜位置等,但该控压往往是被动的,时间上也会存在滞后性,故也并非达到精准控制RPP的效果。

另外,在Wu等^[15]和王志勇等^[13]的研究中,为了使得RPP的监测更加准确,均提到了术中间断地冲洗测压连接管即输尿管导管,可冲出导管内的碎石,可见连接的测压管道内有碎石或气体影响测压液体流动时,可能对测量的准确性也会造成一定的影响,该管道测压方法尚需进一步研究及改进。

3.3 智能监控测压法

为了在PCNL术中能实现实时监测和及时控制RPP,彭光华等^[30]研究设计了一种具有压力反馈控制功能的灌注吸引平台和可测量RPP的经皮肾吸引鞘,联合该灌注吸引平台及吸引鞘,对63例 >2 cm的肾结石患者展开临床研究,测得在不同灌注流量下(300 mL/min、400 mL/min、500 mL/min)单纯灌注吸引期的肾盂出口压力值分别为 (-5.2 ± 1.5) mmHg、 (-4.7 ± 1.9) mmHg、 $(-5.1 \pm$

$1.7)$ mmHg,测压吸引鞘压力值分别为 (-4.6 ± 1.8) mmHg、 (-5.0 ± 1.6) mmHg、 (-4.7 ± 2.6) mmHg;测得在不同灌注流量下(300 mL/min、400 mL/min、500 mL/min)灌注吸引碎石期的肾盂出口压力值分别为 (-5.4 ± 1.8) mmHg、 (-4.8 ± 2.1) mmHg、 (-4.9 ± 2.2) mmHg,测压吸引鞘压力值分别为 (-5.1 ± 2.1) mmHg、 (-5.2 ± 2.3) mmHg、 (-5.4 ± 2.9) mmHg。数据显示在不同的灌注流量下以及在不同的手术时期,所测得的肾盂出口压力、测压吸引鞘压力均与事先预设的肾盂控制压力 $(-5$ mmHg)差异无统计学意义($P>0.05$),说明了该方法及装置是可以准确实时监测和及时控制RPP的。但是目前该装置尚未推广应用于临床,其有效性及安全性有待研究者的进一步证实。

4 总结与展望

虽然PCNL术中RPP的升高已经引起广大泌尿外科学者的关注,但是相关研究仍相对较少,目前有关监测RPP的方法仍是以管道式为主,且并没有经过大量临床实验研究,没有形成统一的操作规范或共识,甚至有些研究并没有提及所用测压管的材料及规格,也没有表明所用测压装置的品牌型号,受到诸多因素的影响,研究结果参差不齐,可比性差。还有些创新性研究尚缺乏有效性及安全性的验证,尚未能推广应用。故目前临床上仍然缺乏实时有效的监测及精准的控制RPP的手段,绝大多数学者还是依据经验来非精准的监控RPP,比如通过经验性调低灌注压力和流量、术中根据患者情况控制手术时间避免肾盂内长时间高压等。

杨嗣星等^[31]在RIRS中开发研究的光纤式RPP测量装置,将传感器放置于肾盂内,光纤数据传输不受干扰,很有效地避免了管道式测压时有碎石或气体堵塞管道影响测量准确性等的缺点,其测量精度已经通过模型验证,并且进行了初步临床测试,届时有望借鉴应用于PCNL中。科学技术的发展要求精益求精,原来的非精准监控正逐步被智能化精准监控所取代,探讨出一种在PCNL术中能实时监测及精准控制RPP的方法和装置具有重大的临床意义。

参考文献

- [1] 那彦群,叶章群,孙颖浩,等. 中国泌尿外科疾病诊断治疗指南[M]. 北京:人民卫生出版社,2014:129-156.
- [2] Oratis AT, Subasic JJ, Hernandez N, et al. A simple fluid dynamic model of renal pelvis pressures during ureteroscopic kidney stone treatment[J]. PLoS One, 2018, 13(11): e0208209.
- [3] Yang Z, Song L, Xie D, et al. The New Generation Mini-PCNL System-Monitoring and Controlling of Renal Pelvic Pressure by Suctioning Device for Efficient and Safe PCNL in Managing Renal Staghorn

- Calculi[J]. *Urol Int*, 2016, 97(1): 61-66.
- [4] Rupel E, Brown R. Nephroscopy with removal of stone following nephrostomy for obstructive calculous anuria[J]. *J Urol*, 1941, 46(2): 177-182.
- [5] Fernström I, Johansson B. Percutaneous pyelolithotomy. A new extraction technique [J]. *Scand J Urol Nephrol*, 1976, 10(3): 257-259.
- [6] Wickham J E, Kellet M J. Percutaneous nephrolithotomy[J]. *Br Med J (Clin Res Ed)*, 1981, 283(6306): 1571-1572.
- [7] 孙一鸣, 周文生. 经皮肾镜取石术的研究进展[J]. *中国现代医生*, 2018, 56(15): 159-163, 168.
- [8] Hadj-Moussa M, Nepple KG, Brown JA. Comparison of a single center, academic surgeon real-world experience with three percutaneous nephrolithotomy lithotripters[J]. *Can J Urol*, 2014, 21(5): 7470-7474.
- [9] 吴开俊, 李逊, 袁坚, 等. 经皮肾微造瘘术后二期经皮输尿管镜取石术治疗鹿角形结石[J]. *广州医学院学报*, 1993, 21(2): 13-16.
- [10] 李逊, 曾国华, 袁坚, 等. 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, 36(2): 124-126.
- [11] 范欢欢, 徐鹏程, 陈德钢, 等. 经皮肾镜技术的应用进展[J/OL]. *中华腔镜泌尿外科杂志(电子版)*, 2016, 10(6): 49-51.
- [12] 钟伶俐, 王略, 杨杰, 等. 肾结石微创手术中肾盂内压监测方法的研究进展[J]. *中国当代医药*, 2019, 26(5): 24-27.
- [13] 王志勇, 李修明, 马光, 等. 标准通道经皮肾镜碎石术中肾盂内压的改变及对肾小球滤过率的影响[J]. *中国内镜杂志*, 2018, 24(1): 11-16.
- [14] Omar M, Noble M, Sivalingam S, et al. Systemic Inflammatory Response Syndrome after Percutaneous Nephrolithotomy: A Randomized Single-Blind Clinical Trial Evaluating the Impact of Irrigation Pressure[J]. *J Urol*, 2016, 196(1): 109-114.
- [15] Wu C, Hua LX, Zhang JZ, et al. Comparison of renal pelvic pressure and postoperative fever incidence between standard-and mini-tract percutaneous nephrolithotomy[J]. *Kaohsiung J Med Sci*, 2017, 33(1): 36-43.
- [16] 钟志刚, 潘铁军, 李功成. F24 通道和 F16 通道经皮肾镜取石术中肾盂内压的对比研究[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2016, 37(5): 354-357.
- [17] 汤晓晖, 夏木阶, 赵淮平, 等. 肾盂内压增高对肾损伤的实验研究[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2012, 27(1): 61-63, 67.
- [18] 甘露, 赵磊, 段启林, 等. 经皮肾镜取石术中肾盂压力升高与术后并发症的关系[J]. *中国实用医刊*, 2016, 43(24): 51-53.
- [19] Deng X, Song L, Xie D, et al. A Novel Flexible Uretroscopy with Intelligent Control of Renal Pelvic Pressure: An Initial Experience of 93 Cases[J]. *J Endourol*, 2016, 30(10): 1067-1072.
- [20] Shao Y, Wei H, Sha M, et al. Verapamil Inhibits the Pelvic Pressure Increase Corresponding to Flow Perfusion in the Porcine Percutaneous Renal Puncture Model[J]. *Urol Int*, 2016, 97(4): 429-433.
- [21] 陈亮, 李建兴, 黄晓波, 等. 一期经皮肾镜手术治疗无发热结石性脓肾术后发生全身炎症反应综合征的危险因素分析[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2014, 46(4): 566-569.
- [22] Zhong W, Zeng G, Wu K, et al. Does a smaller tract in percutaneous nephrolithotomy contribute to high renal pelvic pressure and postoperative fever? [J]. *J Endourol*, 2008, 22(9): 2147-2151.
- [23] Li J, Xiao B, Hu W, et al. Complication and safety of ultrasound guided percutaneous nephrolithotomy in 8, 025 cases in China[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2014, 127(24): 4184-4189.
- [24] 谢国海, 刘万樟, 方立, 等. 经皮肾镜取石术中肾盂内压与镜鞘比的关系[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2018, 39(9): 703-706.
- [25] Alsmadi J, Fan J, Zhu W, et al. The Influence of Super-Mini Percutaneous Nephrolithotomy on Renal Pelvic Pressure In Vivo[J]. *J Endourol*, 2018, 32(9): 819-823.
- [26] 龙兆麟, 黄韬, 廖春贤. 标准通道与微创经皮肾镜取石术在不同肾盂压力下治疗鹿角形肾结石比较[J]. *实用医学杂志*, 2018, 34(13): 2217-2220.
- [27] 徐锋, 居莹, 马宏青, 等. 单通道与多通道经皮肾镜取石术中肾盂内压变化及临床疗效[J]. *东南国防医药*, 2017, 19(6): 570-572.
- [28] 张伟健, 胡志雄, 陈深泉, 等. 负压清石鞘在经皮肾镜取石术治疗肾结石中的应用价值[J]. *中国当代医药*, 2019, 26(36): 113-116.
- [29] 臧运江, 辛秀英, 路强. 微创经皮肾取石术中肾盂内压力监测的意义[J]. *潍坊医学院学报*, 2010, 32(5): 383-385.
- [30] 彭光华, 邓小林, 杨忠圣, 等. 智能监测和控制微创经皮肾镜取石术中肾盂内压的意义[J]. *中国内镜杂志*, 2018, 24(11): 32-36.
- [31] 杨嗣星, 郑府, 柯芹, 等. 软性输尿管镜碎石术中肾盂内压力监测方法及意义[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2014, 35(8): 575-578.

(收稿日期: 2020-07-13)