

· 专家论坛 ·

负压吸引技术在经尿道输尿管软镜碎石术中的应用

吴文起¹, 唐一鸣¹, 徐 鹏¹, 吴荣佩²

(1. 广州医科大学附属第二医院泌尿外科, 广东广州 510120; 2. 中山大学附属第一医院泌尿外科, 广东广州 510070)

Application of negative pressure suction technique in flexible ureteroscopic lithotripsy

WU Wenqi¹, TANG Yiming¹, XU Peng¹, WU Rongpei²

(1. Department of Urology, The Second Affiliated Hospital, Guangzhou Medical University, Guangzhou 510120; 2. Department of Urology, The First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510070, China)

ABSTRACT: Flexible ureteroscopic lithotripsy (FURL) is one of the major minimally invasive endoscopic techniques in the management of upper urinary tract stones, but it has problems of low stone-free rate, high intraoperative intra-pelvic pressure, and high risk of postoperative infection. Since the negative pressure suction technique has been applied to FURL, it can actively suck out the stone powder and perfusion fluid during operation, thus significantly improving the immediate intraoperative stone removal rate, effectively reducing the intrarenal pelvic pressure, increasing the clarity of the operation field, and significantly improving the efficiency and safety of FURL. With the continuous progress of technology, the negative pressure suction technique has evolved from the initial simple negative pressure suction to the intelligent pressure control system integrating 'perfusion-measurement-negative pressure'. Although this technique is now widely used in FURL, there is still optimizing space in terms of device design and operational application. This article will focus on the clinical application, technical progress and operational experience of the negative pressure suction technique in the light of domestic and international literature.

KEY WORDS: negative pressure technique; flexible ureteroscopic lithotripsy; upper urinary track stones

摘要: 经尿道输尿管软镜碎石术(FURL)是临床处理上尿路结石的主要微创内镜手术之一,但仍存在结石清除率低、术中肾盂内压高、术后感染风险高等临床痛点。自负压吸引技术运用于 FURL 以来,其可通过术中主动吸出结石粉末及灌注液,显著提高了术中即刻结石清除率,有效降低肾盂内压、增加术野清晰度,进一步提高了手术效率和安全性。随着技术的不断进步,负压吸引技术已经由最开始的单纯负压吸引进展至“灌注-测压-负压”一体化的智能控压系统。现负压吸引技术虽已广泛应用于 FURL 手术中,但在设备设计及操作应用等方面仍有优化空间。本文结合国内外文献重点介绍负压吸引技术的临床应用现状、技术进展及操作经验。

关键词: 负压吸引技术;经尿道输尿管软镜碎石术;上尿路结石

中图分类号: R691.4

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-8291.2025.03.001

经尿道输尿管软镜碎石术(flexible ureteroscopic lithotripsy, FURL)是临床上用于处理上尿路结石的一种成熟的微创内镜手术,具有创伤小、痛苦少、术后恢复快等显著优势^[1-2]。国内外指南均推荐将 FURL 作为 <20 mm 上尿路结石的首选治疗方法之一,并可作为 >20 mm 上尿路结石的替代治疗方案,该术式目前已在国内外广泛开展^[3-4]。但是随着 FURL 的普及,越来越多的临床实践表明 FURL 仍存在着一些亟待解决的技术瓶颈问题。

1 FURL 技术的局限性

首先, FURL 技术的术后即刻结石清除率(stone free rates, SFR)较低,研究表明 FURL 后 1 d 的 SFR 仅为 50%~54%,对于结石负荷较大、盏颈狭长、肾盂漏斗部夹角(infundibular pelvic angle, IPA) < 45° 的患者, SFR 可能更低^[5-6]。患者需通过术后增加液体摄入、变换体位等方式促进碎石排出,对于较大的残留结石需要联合体外冲击波碎石,甚至再次手术等方式处理^[7]。研究表明对于直径 1~2 cm 的上尿路结石,需要人均接受 1.45 次 FURL 才能达到 91% 的 SFR^[8]。而且 FURL 中的血凝块和碎石粉末可能掩盖较大的结石碎块从而增加术后结石残留的风险。结石

收稿日期: 2024-05-13

修回日期: 2024-08-27

基金项目: 广州市临床重大技术项目(No. 2024CL-ZD04)

作者简介: 吴文起, 医学博士, 教授, 主任医师。研究方向: 泌尿系结石的发病机制、微创治疗与预防的临床与基础研究。

E-mail: wwqwml@163.com

残留可导致结石复发、反复尿路感染,增加患者再入院及远期肾功能不全、肾功能衰竭等风险^[9]。其次,正常的肾盂内压 $<30\text{ cmH}_2\text{O}$ ($1\text{ cmH}_2\text{O}=0.098\text{ kPa}$)^[10],而在 FURL 过程中需要灌注液体保持手术视野清晰,会导致肾盂内压升高,同时由于肾脏相对封闭,特别当灌注流量过大而回流流量不足时,短期内便可引起肾盂内压显著升高,升高的肾盂内压会导致肾内/肾盂淋巴管、静脉回流,促使细菌及其代谢产物入血,从而引起尿外渗、肾周血肿形成、术后感染等并发症,严重者可导致肾脏破裂,甚至因为脓毒血症等并发症死亡^[11-12]。研究提示结合负压吸引技术的 FURL 的术后发热率(5.5%)及尿源性脓毒血症发生率(1.8%)显著低于传统 FURL(发热率 13.9%、尿源性脓毒血症发病率 6.7%)^[13]。同时,碎石过程中肾盂肾盏黏膜损伤出血以及产生的碎石粉末会导致术野模糊,需加快液体灌注以保持术野清晰,从而引起肾盂内压进一步升高^[14]。特别对于体积较大的结石, FURL 粉末化碎石时间较长,会显著增加上述风险。

针对 FURL 术中灌注-回流流量不平衡、肾盂内压增高、并发感染风险高及术后即刻 SFR 低等问题,最新的研究显示,在 FURL 的手术过程中加用负压吸引技术可以在术中主动吸出灌注液和结石粉末,从而保持液体灌注平衡,有效降低肾盂内压,提高即刻 SFR,从而显著提高手术的安全性和有效性^[15]。本文拟主要对负压吸引技术在 FURL 中的应用和技术要点进行讨论。

2 负压吸引技术的现状

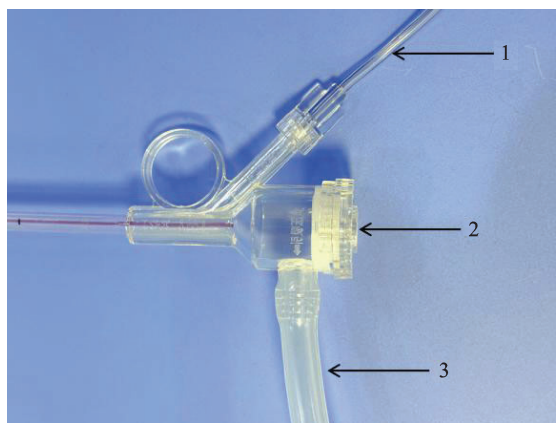
2003 年,LECHEVALLIER 等^[16]最早报道了输尿管镜联合负压吸引技术治疗上尿路结石,在输尿管镜碎石术和 FURL 中首次引入了一个带负压吸引泵和压力控制的灌注泵系统(the ENDO FMS® UROLOGY USA),并研究了运用该灌注泵和负压吸引系统对传统手术辅助治疗的效果。结果显示应用灌注泵和负压吸引系统的情形下,手术时间降低了 35%,并且术后即刻 SFR 从 69%提升至 92%。该研究首次将负压吸引技术运用于 FURL,但该研究因纳入样本量较少,未记录手术过程中肾盂内压的具体变化情况,且后续未扩大样本量进一步细化深入研究,所以该技术令人遗憾地未能在当时获得重视及推广。国内报道负压吸引技术应用于输尿管软/硬镜手术始于 2016 年,ZENG 等^[17]应用尾端可连接负压吸引装置的导引鞘分别处理输尿管上段、中段及下段结石,结果提示应用负压吸引装置可使术后即刻 SFR 提升至 97.3%,手术清石效果良好,但是无法实时监控肾

盂压力水平。

近年来,随着经尿道输尿管软、硬镜碎石术的应用逐渐增多,结石术后感染并发症的发生也随之增加。肾盂内压因与感染密切相关,故越来越多的研究关注如何监测和控制手术过程中肾盂内压。JUNG 等^[18]在体外将 F4 输尿管导管末端连接压力传感器,首次实现了在术中进行人体肾盂内压的检测。现今已有 4 种非侵入性测量肾盂内压的方法:输尿管导管连接压力检测装置法、置入肾内的压力传感器法、冲洗系统近端的压力传感器法、集成了抽吸、冲洗及肾盂内压测量的新型输尿管通路鞘法^[19]。这些方法均已运用于临床,方便临床医师实时准确地测量 FURL 中肾盂内压的变化。研究发现人类平均基础肾盂内压为 $(10\pm4)\text{ mmHg}$ ($1\text{ mmHg}=0.133\text{ kPa}$)。在单纯输尿管镜检查中,平均肾盂内压可达 $(35\pm10)\text{ mmHg}$ 。而在碎石过程中,平均肾盂内压可升至 $(54\pm18)\text{ mmHg}$,在 5 min 的输尿管软镜检查过程中,平均每位患者可测量到 83 个压力峰值 $>50\text{ mmHg}$ ^[20],而术中肾盂内压过高,特别是瞬时肾盂压力升高和术后感染息息相关。因此,了解术中实时肾盂内压的变化和水平有利于 FURL 中控压和减少术后感染的发生。

虽然术中肾盂内压水平的测量已较为方便,但频繁手动调整灌注速度及负压吸引的液体流量仍然给 FURL 造成诸多不便。DENG 等^[21]首次报道一种集中灌注、负压吸引、肾盂内压监测、智能调控灌注速率、报警关机等功能为一体的可智能控压的灌注/负压吸引系统。该系统采用外置信号线连接肾盂内压力传感器,实时检测术中肾盂压力。将输尿管软镜鞘的远端进行封闭,通过输尿管软镜的镜体通道进行灌注,在导引鞘侧孔连接负压吸引通道构成液体灌注循环(导引鞘结构如图 1 所示)。该系统可根据预设压力控制值自动调节真空抽吸的流量,使肾盂内压在不同灌注流速下保持在预设安全范围内。在碎石过程中,小的结石粉末可通过镜体与镜鞘之间的液体回流而被清除,大的结石碎块可使用软镜从软镜鞘中冲出。该研究纳入分析的 90 例结石大小为 $(15.9\pm5.2)\text{ mm}$ 的患者,平均手术时间为 $(24.8\pm15.9)\text{ min}$ 。术后第 1 天和第 30 天的 SFR 分别为 90.0%(81/90)和 95.6%(86/90),术中肾盂内压控制在 20 mmHg 之内,所有患者均未出现脓毒血症。目前应用该系统的多项研究结果显示,其具有提高术后即刻 SFR,降低术后并发症尤其是发热和脓毒血症等感染性并发症的发生风险、减少手术时间、及时吸出碎石粉末增加手术野能见度等优势,同时可减少套石篮的使用,

有利于缩减成本^[22]。



1.用于监测和反馈压力的通道;2.进出柔性输尿管镜的工作通道;3.连接负压吸引的通道。

图1 可智能控压的灌注/负压吸引系统导引鞘结构图^[21]

3 负压吸引技术的发展

虽然随着技术的发展输尿管软镜的负压吸引技术已由最开始的单纯负压吸引技术及单纯测压技术发展为结合测压与负压的智能控制灌注/负压吸引系统,但是负压吸引技术目前仍存在以下几个问题。

首先,目前的测压点位于负压吸引鞘末端,而灌注液是通过输尿管软镜进入到集合系统。手术时输尿管负压吸引鞘多仅置于输尿管上段接近肾盂输尿管连接部处,因此鞘的末端和碎石点不在同一层面,可能会出现实际肾盂压力高于监测压力的情形,导致无法真正做到实时监控肾盂压力。一项研究对比了肾盂内测压与灌注系统近端测压的肾盂内压差距,结果提示在未进行碎石操作时肾盂内测压与灌注系统近端测压具有较好的一致性,但开始碎石后,肾盂内测压与灌注系统近端测压的差距较大^[19]。

其次,通过导引鞘吸引会导致输尿管鞘上方肾盂及输尿管壁塌陷,致使肾盂及肾盏内的结石碎块粉末不能完全随灌注液被负压吸出,最终导致术后结石残留^[23]。

再次,目前 FURL 主要应用的是波长为 2100 nm 的钬激光碎石,但钬激光光电转换效率低,需要多个激光谐振腔合束才能提高总输出功率,因此光纤芯径体积较粗。而较粗的光纤内芯一方面影响软镜的弯曲范围,另一方面占据了较多的软镜操作通道,减少了碎石过程中的灌注流量,影响碎石效果^[24]。此外,钬激光不能达到完全粉末化碎石,即不能在碎石的同时即刻将粉末吸出,需要在将输尿管软镜退至鞘内的同时将结石碎块通过涡流作用吸出,降低了手术效率。

针对以上问题 CHEN 等^[25]在国际上率先报道

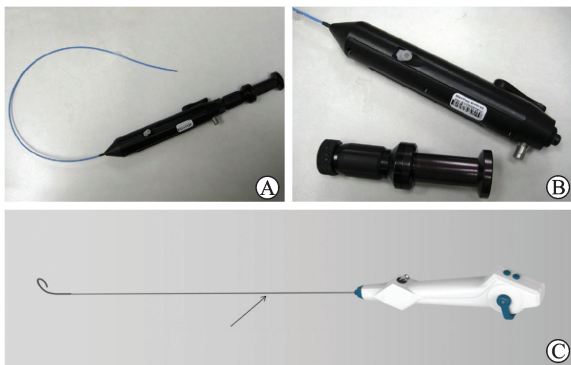
了一种远端柔性可弯曲负压吸引鞘。该鞘的柔性远端可转向 90°~130°,能在输尿管软镜体的引导下进入肾盂及肾盏,可以用鞘的末端固定结石进行碎石,在碎石的同时可以更有效地清除结石(图 2)。此外由于鞘的末端离镜体尖端更近,该鞘末端结合测压系统可以更准确地反馈实际碎石中的肾盂内压,研究显示使用该鞘可将手术时间缩短 7%~10%,SFR 提高 11.3%~31.0%^[26-27]。除了可弯曲鞘远端测压外,一种镜体尖端带有测压及测温功能的新型输尿管软镜如今已在国内外应用,该新型可测压的输尿管软镜能够在术中任何时刻检测实时肾盂内压和术区温度,有利于提升 FURL 操作过程中的安全性,有望超越现今的软镜鞘测压技术。



1.负压吸引通道;2.进出柔性输尿管镜的工作通道;
3.可弯曲的柔性远端。

图2 远端柔性可弯曲负压吸引鞘结构图^[25]

远端可弯曲负压吸引鞘虽有利于进一步提高术后即刻 SFR,但手术操作过程中可能会因为弯曲鞘与镜体成角而导致进出软镜时镜体摩擦损伤,而传统可重复使用的输尿管软镜价格昂贵、耐用性不佳、维修成本高,且患者之间存在潜在的相互感染风险^[28],在很大程度上限制了可弯曲负压吸引鞘在 FURL 中的应用与推广。针对上述问题,BOYLU 等^[29]首先报道了在 FURL 中使用 Semiflex Scope 输尿管软镜的研究,该软镜是由可重复使用的手柄和一次性使用的镜体组成(如图 3A~B 所示)。后续随着技术的革新,越来越多的一次性输尿管软镜被研发并应用于临床。在一次性输尿管软镜的使用过程中无需担心因软镜损坏而产生的高额维修费,镜体避免反复消毒,规避患者间相互感染的风险,因此更有利于在基层医院普及 FURL。并且一次性输尿管软镜的镜体更为纤细、灵活。目前市面上直径最小的一次性电子输尿管软镜直径是 F7.5^[30],它具有 F3.6 的工作通道(图 3C),与直径为 F9.5 的传统镜体相比,其在保持清晰视野和弯曲性的同时,具有更小的镜鞘比,搭配负压吸引输尿管软镜鞘使用,有利于提高 FURL 术后即刻 SFR。细镜配合较细的软镜鞘(F10/12)一般无需提前留置双 J 管便可一期施行 FURL,减轻了患者的疼痛并减少了医疗资源的浪费。



A: Semiflex Scope 镜体整体结构; B: Semiflex Scope 镜体由可重复使用的目镜和一次性使用的镜身构成; C: F7.5 一次性电子输尿管软镜。

图3 Semiflex Scope 输尿管软镜^[29]与 F7.5 一次性电子输尿管软镜结构图^[30]

掺铒光纤激光器是近几年新崛起的激光碎石工具,相较于钬激光,掺铒光纤激光脉冲频率高达 2200 Hz,具有更宽的脉冲能量(0.005~6 J)且光纤更细^[31]。多项研究结果表明,与钬激光相比,掺铒光纤激光的碎石效率提高了 4 倍,可以在更短的时间内达到粉末化碎石的效果。此外掺铒光纤激光纤细的芯径对软镜弯曲性的影响更小,更有利于处理下盏结石,并且有利于镜体向更细的方向改进^[32-33]。随着负压吸引技术和镜体的发展,掺铒光纤激光极有可能取代钬激光成为激光碎石的常用方式。掺铒光纤激光结合负压吸引技术可以有效地提升碎石和清石效率,有利于 FURL 适应证的进一步扩大。

4 负压吸引临床使用的技术经验

在使用负压吸引的 FURL 操作过程中,需将肾盂内压控制在令集合系统黏膜不膨胀且不完全塌陷的水平,应避免镜鞘口距离操作空间过远使得黏膜未能塌陷,即低效负压状态,低效负压状态将不利于术中肾盂内压的控制及碎石的吸出。碎石过程中需持续关注出水速度,术中结石粉末会在负压吸引的作用下通过镜鞘与镜体之间的缝隙被吸出,当碎石较多时该缝隙易嵌顿、梗阻影响灌注液排出,因此碎石时需反复活动镜体以保证鞘内无结石嵌顿。对于合并炎症、黏膜充血水肿明显的患者,碎石过程中需降低或不使用负压吸引以减少黏膜出血。肾下盏结石可使用套石栏将结石移位至中上盏再行碎石术。手术时间应在 90 min 以内,一般不超过 120 min。

5 总结与展望

负压吸引技术可在 FURL 术中主动吸出灌注液、血液及结石粉末,在增加灌注流量的同时降低肾

盂内压,从而保持液体灌注平稳。并且负压吸引技术能显著提高手术效率及术后即刻 SFR,增加了 FURL 的有效性和安全性。远端柔性可弯曲负压吸引软镜鞘、一次性使用输尿管软镜、掺铒光纤激光碎石技术及与软镜体的压力传感器测压、测温技术的融合,将有望进一步促进负压吸引技术在 FURL 中的应用,有助于提升 FURL 的碎石和清石效率,扩大其手术适应范围。

然而,目前的负压吸引技术仍存在一定的问題,如碎石过程中的间歇性肾盂内高压,肾盂黏膜合并炎症充血时负压吸引易导致黏膜出血从而影响手术视野。笔者认为,未来负压吸引技术的研究重点可着重于更为精细的术中测压、测温监控系统,在手术的同时通过镜头末端的传感器实时监测碎石操作区域的压力及温度,更精细地把控灌注与负压吸引流量,减少间歇性肾盂内高压的形成。此外更纤细的镜体、更小的镜鞘比与更高的碎石效率,增加碎石速度并且通过镜鞘空间快速吸出结石及血凝块,可改善由出血引起的视野不清,有助于提升术后即刻 SFR。此外,负压吸引技术要求较高的循环灌注流量,虽然实时控压技术可以保证“灌注-吸引”流量的动态平衡,但是目前对于灌注流量尚无统一标准,后续仍需要进一步研究。由于吸引较灌注的时间滞后,因此较大的灌注流量会导致结石位移及碎石效率的降低。在碎石过程中肾盂需要保持相对正压,但是对于吸出较大的结石碎块又需要肾盂保持负压,因此在术中如何快速转换吸引压力也是后续需要解决的问题。

参考文献:

- [1] DOIZI S, TRAXER O. Flexible ureteroscopy: technique, tips and tricks[J]. Urolithiasis, 2018, 46(1): 47-58.
- [2] ZENG G, TRAXER O, ZHONG W, et al. International Alliance of Urolithiasis guideline on retrograde intrarenal surgery[J]. BJU Int, 2023, 131(2): 153-164.
- [3] 黄健, 张旭. 中国泌尿外科和男科疾病诊断治疗指南[M]. 北京: 科学出版社, 2022.
- [4] SKOLARIKOS A, JUNG H, NEISIUS A, et al. EAU guidelines on urolithiasis[C]. Edn, Presented at the EAU Annual Congress Paris, 2024.
- [5] BOSIO A, ALESSANDRIA E, DALMASSO E, et al. Flexible ureterorenoscopy versus shockwave lithotripsy for kidney stones ≤ 2 cm: a randomized controlled trial[J]. Eur Urol Focus, 2022, 8(6): 1816-1822.
- [6] TU WC, ZHANG XL, WANG J, et al. Influence of stone load on the outcome of same-session flexible ureteroscopy for bilateral upper urinary tract stones: a multicenter retrospective study[J]. Front Med(Lausanne), 2023, 10: 1163371.
- [7] DANILOVIC A, CAVALANTI A, ROCHA BA, et al.

- Assessment of residual stone fragments after retrograde intrarenal surgery[J]. *J Endourol*, 2018, 32(12): 1108-1113.
- [8] GERAGHTY R, ABOURMARZOUK O, RAI B, et al. Evidence for ureterorenoscopy and laser fragmentation (URSL) for large renal stones in the modern era [J]. *Curr Urol Rep*, 2015, 16(8): 54.
- [9] ITO K, TAKAHASHI T, SOMIYA S, et al. Predictors of repeat surgery and stone-related events after flexible ureteroscopy for renal stones[J]. *Urology*, 2021, 154: 96-102.
- [10] TOKAS T, SKOLARIKOS A, HERRMANN TRW, et al. Pressure matters 2: intrarenal pressure ranges during upper-tract endourological procedures[J]. *World J Urol*, 2019, 37(1): 133-142.
- [11] TOKAS T, HERRMANN TRW, SKOLARIKOS A, et al. Pressure matters: intrarenal pressures during normal and pathological conditions, and impact of increased values to renal physiology[J]. *World J Urol*, 2019, 37(1): 125-131.
- [12] 周煦东, 李辰, 吕晨冉. 输尿管软镜碎石术中不同肾盂内压对患者术后肾功能、疼痛程度、尿 mALB 及不良影响的影响[J]. *临床和实验医学杂志*, 2022, 21(3): 310-313.
- [13] ZHU Z, CUI Y, ZENG F, et al. Comparison of suctioning and traditional ureteral access sheath during flexible ureteroscopy in the treatment of renal stones [J]. *World J Urol*, 2019, 37(5): 921-929.
- [14] KUO RL, ASLAN P, ZHONG P, et al. Impact of holmium laser settings and fiber diameter on stone fragmentation and endoscope deflection[J]. *J Endourol*, 2017, 31(9): 918-921.
- [15] 陈斌, 白培德. 负压技术在输尿管镜治疗上尿路结石应用的中国专家共识(2023 年)[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2023, 38(8): 565-568.
- [16] LECHEVALLIER E, LUCIANI M, NAHON O, et al. Transurethral ureterorenolithotripsy using new automated irrigation/suction system controlling pressure and flow compared with standard irrigation: a randomized pilot study[J]. *J Endourol*, 2003, 17(2): 97-101.
- [17] ZENG G, WANG D, ZHANG T, et al. Modified access sheath for continuous flow ureteroscopic lithotripsy: a preliminary report of a novel concept and technique[J]. *J Endourol*, 2016, 30(9): 992-996.
- [18] JUNG H, NØRBY B, FRIMODT-MØLLER PC, et al. Endoluminal isoproterenol irrigation decreases renal pelvic pressure during flexible ureterorenoscopy: a clinical randomized, controlled study[J]. *Eur Urol*, 2008, 54(6): 1410-1413.
- [19] PAUCHARD F, BHOJANI N, CHEW B, et al. How to measure intra-renal pressure during flexible URS: Historical background, technological innovations and future perspectives [J]. *Actas Urol Esp(Engl Ed)*, 2024, 48(1): 42-51.
- [20] JUNG H, OSTHER PJ. Intraluminal pressure profiles during flexible ureterorenoscopy[J]. *Springerplus*, 2015, 4: 373.
- [21] DENG X, SONG L, XIE D, et al. A novel flexible ureteroscopy with intelligent control of renal pelvic pressure: an initial experience of 93 cases[J]. *J Endourol*, 2016, 30(10): 1067-1072.
- [22] YUE G, DOU S, CAI C, et al. A novel distal active flexible vacuum-assisted ureteric access sheath in retrograde intrarenal surgery[J]. *Urology*, 2023, 179: 204-205.
- [23] SOLANO C, CHICAUD M, KUTCHUKIAN S, et al. Optimizing outcomes in flexible ureteroscopy: a narrative review of suction techniques[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(8): 2815.
- [24] CHUA ME, BOBROWSKI A, AHMAD I, et al. Thulium fibre laser vs holmium: yttrium-aluminium-garnet laser lithotripsy for urolithiasis: meta-analysis of clinical studies[J]. *BJU Int*, 2023, 131(4): 383-394.
- [25] CHEN Y, LI C, GAO L, et al. Novel flexible vacuum-assisted ureteral access sheath can actively control intrarenal pressure and obtain a complete stone-free status[J]. *J Endourol*, 2022, 36(9): 1143-1148.
- [26] DING J, SU T, ZHANG X, et al. Omnidirectional (flexible) ureteral access sheath: safety, efficacy, and initial experience report[J]. *J Endourol*, 2023, 37(11): 1184-1190.
- [27] ZHANG Z, XIE T, LI F, et al. Comparison of traditional and novel tip-flexible suctioning ureteral access sheath combined with flexible ureteroscope to treat unilateral renal calculi[J]. *World J Urol*, 2023, 41(12): 3619-3627.
- [28] BRAGARU M, MULTESCU R, GEORGESCU D, et al. Single-use versus conventional reusable flexible ureteroscopes-an evaluation of the functional parameters[J]. *J Med Life*, 2023, 16(1): 10-15.
- [29] BOYLU U, OOMMEN M, THOMAS R, et al. In vitro comparison of a disposable flexible ureteroscope and conventional flexible ureteroscopes[J]. *J Urol*, 2009, 182(5): 2347-2351.
- [30] GEAVLETE B, ENE C, IORDACHE V, et al. Initial experience with the new super thin single-use pusen flexible ureteroscope 7.5 Fr in renal stones endoscopic treatment [J]. *Chirurgia (Bucur)*, 2021, 116(3): 354-360.
- [31] 邵怡, 夏术阶. 超脉冲光纤钬激光在尿路结石治疗中的规范应用[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2023, 44(10): 721-724.
- [32] TRAXER O, KELLER EX. Thulium fiber laser: the new player for kidney stone treatment? A comparison with holmium: YAG laser[J]. *World J Urol*, 2020, 38(8): 1883-1894.
- [33] MARTOV AG, ERGAKOV DV, GUSEYNOV M, et al. Clinical comparison of super pulse thulium fiber laser and high-power holmium laser for ureteral stone management[J]. *J Endourol*, 2021, 35(6): 795-800.

(编辑 郭楚君)