

7.5Fr 一次性输尿管软镜改善肾内灌流量和降低肾内压的一项体外实验

刘林虎¹ 林乐德¹ 陈吉祥¹ 李虹¹ 王坤杰¹

[摘要] **目的:**比较国产 7.5Fr 一次性超细输尿管软镜与 9.2Fr 一次性输尿管软镜对肾内压及肾内灌注流量的影响。**方法:**采用 2 颗利用 CT 三维重建数据进行 3D 打印的硅胶肾脏模型[肾盂漏斗夹角(infundibulopelvic angle, IPA)分别 $>90^\circ$ 和 $\leq 90^\circ$],在 100 cmH₂O 的悬挂式生理盐水灌注下,分别置入 10/12F、12/14F 和 14/16F 输尿管鞘,使用生物信号采集装置分别测量肾脏模型上盏、中盏、下盏以及肾盂部分的肾内压,并计算分钟灌流率。**结果:**使用 7.5Fr 软镜相较于 9.2Fr 软镜可以显著降低肾内压。使用 10/12F、12/14F 和 14/16F 输尿管鞘时,7.5Fr 和 9.2Fr 软镜产生的肾盂内压分别为 $[(9.29 \pm 0.02) \text{ mmHg vs } (25.11 \pm 0.35) \text{ mmHg}]$ 、 $[(0.80 \pm 0.03) \text{ mmHg vs } (4.27 \pm 0.33) \text{ mmHg}]$ 和 $[(0.33 \pm 0.02) \text{ mmHg vs } (0.06 \pm 0.06) \text{ mmHg}]$ 。在使用 10/12F 输尿管鞘的肾模型下盏,9.2Fr 软镜在 IPA $\leq 90^\circ$ 和 IPA $>90^\circ$ 的模型中的肾内压分别达到了最高的 45.71 mmHg 和 23.99 mmHg。而使用 7.5Fr 软镜时肾内压则维持较低水平(分别为 3.73 mmHg 和 12.88 mmHg)。7.5Fr 软镜较 9.2Fr 软镜显著增加了肾内灌流率。在使用 10/12F、12/14F 和 14/16F 输尿管鞘时,肾内灌流率分别为(36.0 mL/min vs 7.7 mL/min, $P < 0.001$)、(44.3 mL/min vs 30.7 mL/min, $P < 0.001$)和(47.7 mL/min vs 41.0 mL/min, $P = 0.013$)。**结论:**该 7.5Fr 超细一次性输尿管软镜具有降低肾内压和增加肾内灌流量的潜在优势,特别是在使用更细的输尿管鞘以及更小的肾盂漏斗角的应用场景中。

[关键词] 一次性输尿管软镜;肾内压;灌注流量

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2023.06.003

[中图分类号] R692 **[文献标志码]** A

In vitro study of 7.5Fr disposable flexible ureteroscope for reducing intrarenal pressure and improving irrigation

LIU Linhu LIN Lede CHEN Jixiang LI Hong WANG Kunjie

(Department of Urology, Institute of Urology, Laboratory of Urinary Stones and Reconstructive Urology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu, 610041, China)

Corresponding author: WANG Kunjie, E-mail: wangkj@scu.edu.cn

Abstract Objective: To compare the effects between 7.5Fr disposable flexible ureteroscope (f-URS) and 9.2Fr ureteroscope on intrarenal pressure and irrigation. **Methods:** Two 3D printed silicone kidney models with infundibulopelvic angle (IPA) over and less than 90° were created using CT 3D reconstruction imaging data and were implanted with 10/12F, 12/14F and 14/16F ureteral access sheaths under 100 cmH₂O saline perfusion. The intrarenal pressure of upper, middle, lower calyces and renal pelvis in the model were measured respectively by probe puncture with a biological signal acquisition device, and the minute volume of irrigation was calculated. **Results:** When using 10/12F, 12/14F, and 14/16F ureteral access sheaths, the pressures produced by 7.5Fr and 9.2Fr f-URS in renal pelvis were $[(9.29 \pm 0.02) \text{ mmHg vs } [25.11 \pm 0.35) \text{ mmHg}]$, $[(0.80 \pm 0.03) \text{ mmHg vs } [4.27 \pm 0.33) \text{ mmHg}]$, and $[(0.33 \pm 0.02) \text{ mmHg vs } [0.06 \pm 0.06) \text{ mmHg}]$, respectively. In the lower calyx of the kidney model with IPA less than or greater than 90° and using a 10/12F ureteral access sheath, the intrarenal pressure reached 45.71 mmHg and 23.99 mmHg, respectively, when using a 9.2Fr ureteroscope. However, the use of a 7.5Fr ureteroscope maintained lower intrarenal pressures of 3.73 mmHg and 12.88 mmHg, respectively. The 7.5Fr ureteroscope significantly increased the irrigation rate compared to the 9.2Fr ureteroscope, with rates of (36.0 mL/min vs 7.7 mL/min, $P < 0.001$), (44.3 mL/min vs 30.7 mL/min, $P < 0.001$), and (47.7 mL/min vs 41.0 mL/min, $P = 0.013$) observed when using 10/12F, 12/14F, and 14/16F ureteral access sheaths, respectively. **Conclusion:** This 7.5Fr disposable f-URS can decrease intrarenal pressure and increase irrigation, especially when used with narrower ureteral access sheaths and smaller IPA.

Key words disposable flexible ureteroscope; intrarenal pressure; irrigation flow

¹四川大学华西医院泌尿外科 泌尿外科结石与修复重建实验室(成都,610041)

通信作者:王坤杰, E-mail: wangkj@scu.edu.cn

引用本文:刘林虎,林乐德,陈吉祥,等.7.5Fr 一次性输尿管软镜改善肾内灌流量和降低肾内压的一项体外实验[J].临床泌尿外科杂志,2023,38(6):410-413. DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2023.06.003.

在输尿管软镜碎石术中,肾内压与术后并发症的发生密切相关^[1]。为了维持术中良好的能见度,通常需要持续地灌注,从而导致术中肾内压常常处于较高水平。正常未梗阻的人体肾脏肾内压通常 $<10\text{ cmH}_2\text{O}$ ($1\text{ cmH}_2\text{O}=0.098\text{ kPa}$),而有研究指出在输尿管软镜操作过程中肾内压可以达到 $40.8\sim 199.35\text{ cmH}_2\text{O}$ 。当肾内压 $>40\text{ cmH}_2\text{O}$ 时可能出现肾盂静脉反流、集合系统受损从而导致一系列术后并发症,如发热、肾损伤甚至是脓毒症^[2-3]。输尿管鞘的使用和尺寸以及软镜镜体的尺寸大小均是影响术中肾内压的重要因素^[4]。近年来,一次性输尿管软镜因其与可重复使用软镜相当的优良性能,以及避免了繁琐的灭菌和昂贵的维修环节,越来越受到关注。Uscope PU3033A 一次性7.5Fr 输尿管软镜是目前最细的一次性软镜,本研究的目的是评估该7.5Fr 一次性输尿管软镜相较于传统9.2Fr 软镜在降低肾内压以及改善肾内灌流量方面的潜在优势,并且比较其在不同尺寸的输尿管鞘以及狭窄的肾下极结构中的性能。

1 资料与方法

1.1 临床资料

该体外实验采用了7.5Fr Uscope PU3033A 和9.2Fr Uscope PU3022A 一次性输尿管软镜。使用尺寸分别为10/12F、12/14F 和14/16F 的3种输尿管鞘(Flexor[®] COOK[®] Medical, USA)进行测量。根据我院患者肾脏CT 三维重建数据制作了2颗3D打印的硅胶肾模型[模型A 肾盂漏斗夹角(infundibulopelvic angle, IPA) $>90^\circ$,模型B IPA $\leq 90^\circ$],该模型包含柔软的乳胶内部肾盂肾盏结构和透明的外壳,可以直观定位软镜尖端和输尿管鞘所处位置。采用生物信号采集系统(成都TECHMAN)利用传感器探针穿刺分别置于模型上、中、下盏及肾盂4个部位采集肾内压信号(图1)。

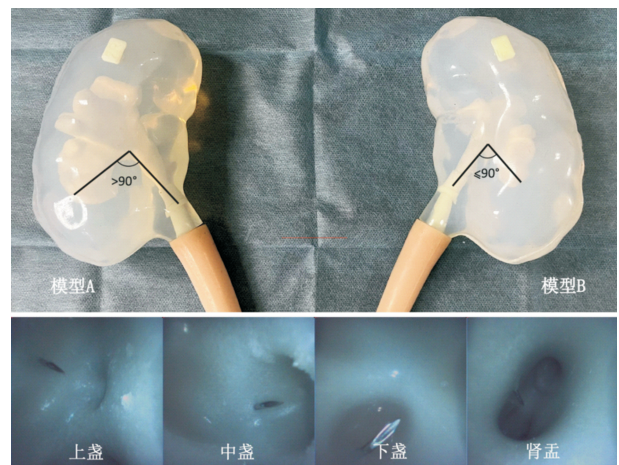
1.2 方法

保持室温 $22\sim 26^\circ\text{C}$,将肾模型置于桌面垂直位置,分别置入3种型号的输尿管鞘,沿输尿管鞘置入输尿管软镜至模型肾盂内;将1L生理盐水袋置于距离桌面垂直距离100cm处,连接生理盐水至软镜,注水排空肾脏模型内空气;将测压传感器探针穿刺置于肾模型的上、中、下盏及肾盂部位;检测信号采集系统并调零;开始生理盐水灌注后,计时1min,收集排出的生理盐水,计算分钟灌流量;根据信号采集系统获得的数据绘制压力曲线,并计算压力稳定期20s内的平均压力及标准差。

1.3 统计学方法

使用GraphPad prism 8.0(GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA)进行统计分析。计量资料以 $\bar{X}\pm S$ 表示,采用非配对 t 检验来比较

分钟灌流量差异的显著性。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。



肾脏模型A和肾脏模型B的IPA,压力传感探针穿刺进入模型肾的4个解剖部位。

图1 3D打印肾模型与肾内压的穿刺测压

2 结果

7.5Fr 一次性输尿管软镜在肾模型内4个解剖部位产生的肾内压均小于9.2Fr 软镜,并且在使用较大尺寸的输尿管鞘时,7.5Fr 及9.2Fr 软镜均产生更小的肾内压。在肾脏模型A中(表1),使用10/12F 输尿管鞘时,9.2Fr 软镜在肾上盏产生了最高的肾内压,为 $(26.55\pm 0.52)\text{ mmHg}$ ($1\text{ mmHg}=0.133\text{ kPa}$)。当使用14/16F 输尿管鞘时,2种软镜产生的肾内压均几乎无法测量。在肾盂部位,7.5Fr 软镜产生的肾内压显著低于9.2Fr 软镜,在使用10/12F、12/14F 和14/16F 输尿管软镜时2种软镜产生的肾内压分别为 $[(9.29\pm 0.02)\text{ mmHg vs } (25.11\pm 0.35)\text{ mmHg}]$ 、 $[(0.80\pm 0.03)\text{ mmHg vs } (4.27\pm 0.33)\text{ mmHg}]$ 和 $[(0.33\pm 0.02)\text{ mmHg vs } (0.06\pm 0.06)\text{ mmHg}]$ 。在肾脏模型B中(表2),2种软镜产生的肾内压普遍高于肾脏模型A,尤其在使用10/12F 输尿管鞘时,9.2Fr 软镜在肾下盏产生了最高的肾内压,为 $(45.71\pm 0.70)\text{ mmHg}$ 。

使用7.5Fr 软镜的分钟灌流量均显著高于9.2Fr 软镜(除外使用14/16F 输尿管鞘的肾脏模型B),使用越小尺寸输尿管鞘差异越大(表3)。最高的分钟灌流量达 47.7 mL/min ,为7.5Fr 软镜搭配14/16F 输尿管鞘于肾脏模型A内产生。最低的分钟灌流量达 4.7 mL/min ,为9.2Fr 软镜搭配10/12F 输尿管鞘于肾脏模型B内产生。

3 讨论

在本体外实验中,7.5Fr 一次性输尿管软镜显著降低了肾内压,增加了肾内灌流,并且在使用更小尺寸的输尿管鞘和处理更狭窄的肾下极结构时表现出更大的优势。

表 1 肾模型 A 中使用不同的输尿管鞘在 4 个解剖部位产生的肾内压

解剖部位	肾内压 mmHg, $\bar{X} \pm S$	
	7.5Fr	9.2Fr
上盏		
10/12F	10.32±0.03	26.55±0.52
12/14F	3.05±0.17	10.57±0.03
14/16F	2.04±0.05	4.07±0.06
中盏		
10/12F	5.95±0.04	20.11±0.24
12/14F	2.61±0.02	6.58±0.10
14/16F	0.01±0.01	0.17±0.03
下盏		
10/12F	12.88±0.07	23.99±0.50
12/14F	2.44±0.02	7.10±0.03
14/16F	1.26±0.02	1.65±0.10
肾盂		
10/12F	9.29±0.02	25.11±0.35
12/14F	0.80±0.03	4.27±0.33
14/16F	0.33±0.02	-0.06±0.06

注:7.5Fr 软镜产生的肾内压显著低于 9.2Fr 软镜,且使用越细的输尿管鞘两者差异越明显。

表 2 肾模型 B 中使用不同的输尿管鞘在 4 个解剖部位产生的肾内压

解剖部位	肾内压 mmHg, $\bar{X} \pm S$	
	7.5Fr	9.2Fr
上盏		
10/12F	13.63±0.37	43.28±0.04
12/14F	0.98±0.08	10.28±0.32
14/16F	0.00±0.08	-0.29±0.03
中盏		
10/12F	13.67±0.33	36.01±0.04
12/14F	1.07±0.02	11.38±0.92
14/16F	-0.09±0.05	0.13±0.02
下盏		
10/12F	3.73±0.03	45.71±0.70
12/14F	1.21±0.05	3.29±1.01
14/16F	0.10±0.02	0.28±0.03
肾盂		
10/12F	14.09±1.76	38.61±0.05
12/14F	3.32±0.15	10.77±1.94
14/16F	0.08±0.06	-0.13±0.03

注:肾模型 B 中 7.5Fr 软镜产生的肾内压显著低于 9.2Fr 软镜,而当使用 14/16F 输尿管鞘时几乎检测不到。

表 3 2 颗肾模型中使用不同输尿管鞘时的分钟灌流量比较

模型	分钟灌流量 mL/min, $\bar{X} \pm S$		P 值
	7.5Fr	9.2Fr	
肾模型 A			
10/12F	36.00±2.65	7.70±1.53	<0.001
12/14F	44.30±0.58	30.70±1.53	<0.001
14/16F	47.70±0.58	41.00±2.65	0.013
肾模型 B			
10/12F	33.30±1.53	4.70±0.58	<0.001
12/14F	46.00±1.00	34.30±0.58	<0.001
14/16F	43.70±1.53	40.30±1.53	0.056

在输尿管软镜手术操作过程中,良好的手术视野以及碎石效率依赖于较好的术中生理盐水灌注,但随之带来的高肾内压可能导致术后并发症,尤其是感染相关并发症^[5-7]。研究表明,在逆行肾内手术软镜操作过程中肾内压常常达到 40.80~199.35 cmH₂O,而当肾内压超过 40 cmH₂O 时便可能出现肾盂静脉反流,导致毒素入血增加感染的风险^[8]。针对术中肾内压的控制开展了大量的研究,其中更小的输尿管镜尺寸和输尿管鞘的使用被认为与减少肾内压相关。MacCraith 等^[9]报道了在猪肾中使用 12/14F 输尿管鞘相较于 11/13F 输尿管鞘显著降低了肾内压(16.45 cmH₂O vs 32.73 cmH₂O)。Fang 等^[10]提出镜鞘比对于肾内压的控制至关重要,当镜鞘比 ≤0.75 时可以显著降低肾内压。而使用大尺寸的输尿管鞘被认为与输尿管损伤(黏膜损伤、撕脱、穿孔等)有关。

一次性输尿管软镜目前在镜体尺寸、灌注、镜体偏转能力及光学性能方面逐渐成熟,并且不需要反复消毒和高昂费用的维修,越来越受到关注^[11]。本研究使用了 PU3033A 7.5Fr 超细一次性输尿管软镜,其视野、偏转性和灵活度等性能已经在既往研究中评估过^[12]。本次体外实验我们进一步评估了其在降低肾内压和改善肾内灌注方面的潜力。本研究表明,7.5Fr 软镜在降低肾内压和改善肾内灌注方面的优势在使用较小尺寸的输尿管鞘时更为明显,即使在使用 10/12F 的输尿管鞘时,7.5Fr 软镜产生的肾内压仍可维持在 15 mmHg 以下。而在使用较大尺寸的输尿管鞘时,2 种软镜间的差异较小。有研究指出,在不使用输尿管鞘的情况下使用 7.5Fr 输尿管软镜可以在保证治疗效率的同时提高围手术期和术后的安全性,减少输尿管受损的风险,这被称为“无接触”技术^[13]。

灌注量的大小通常取决于灌注压力以及进出水通道的大小^[14]。输尿管鞘可以通过增加出水的通道大小来增加出水量从而增加灌注。当使用相同的输尿管鞘时,出水量则受置入的镜体粗细影响。

使用猪肾的体外研究表明^[15-17],当未占用输尿管软镜工作通道时,灌流量随着输尿管鞘的尺寸增大而增加,而当置入光纤、套石篮等器械时,输尿管鞘的尺寸对灌流率没有显著的影响。在本实验中,采用100 cmH₂O恒压生理盐水灌注,灌流率的大小随着输尿管鞘的尺寸增大而增加,当输尿管鞘相同时,使用7.5Fr软镜灌注量显著大于9.2Fr软镜。

IPA是肾盂和肾下极漏斗的夹角,代表了肾下极复杂的解剖结构并且被认为是影响肾结石软镜手术清石率的关键因素^[18]。Troxel等^[19]的研究指出,通过狭窄的肾漏斗进行内镜操作会显著升高肾盂内压力。在本研究中,IPA<90°的肾模型B的肾内压一般高于IPA>90°的肾模型A。在使用9.2Fr软镜搭配10/12F输尿管鞘时肾内压甚至达到了45.71 mmHg。而当使用7.5Fr软镜时,IPA对肾内压的影响并不显著。

本研究也存在一定的局限性。首先,这是一项体外研究,不能代表真实的人体数据。第二,尽管3D打印的硅胶肾脏模型内部结构是柔软的,但无法很好地模拟人类肾脏组织的弹性和可拉伸性,因此无法代表人类肾脏的实际压力。第三,本体外实验的测量是基于100 cmH₂O的恒压水灌注,可能无法代表实际的临床参数设置。

综上所述,本次体外实验测试并报道了新型7.5Fr一次性输尿管软镜相较于9.2Fr软镜在肾内压和肾内灌流方面的首次数据。研究表明7.5Fr一次性输尿管软镜可以降低肾内压和增加肾内灌流量,并且在使用更小尺寸的输尿管鞘或更狭窄的肾下极解剖结构时更有优势。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 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.
- [2] Doizi S. Intrarenal Pressure: What Is Acceptable for Flexible Ureteroscopy and Percutaneous Nephrolithotomy? [J]. Eur Urol Focus, 2021,7(1):31-33.
- [3] Kottooran C, Twum-Ampofo J, Lee J, et al. Evaluation of fluid absorption during flexible ureteroscopy in an in vivo porcine model[J]. BJU Int, 2023,131(2):213-218.
- [4] Tokas T, Tzanaki E, Nagele U, et al. Role of Intrarenal Pressure in Modern Day Endourology (Mini-PCNL and Flexible URS): a Systematic Review of Literature [J]. Curr Urol Rep, 2021,22(10):52.
- [5] Farag M, Timm B, Davis N, et al. Pressurized-Bag Irrigation Versus Hand-Operated Irrigation Pumps During Ureteroscopic Laser Lithotripsy: Comparison of Infectious Complications[J]. J Endourol, 2020, 34(9):914-918.
- [6] 陈松宁,唐浩,陆彩连,等. 输尿管软镜碎石术中监测肾盂压力的临床意义[J]. 中国医药科学, 2016,6(9):191-193.
- [7] 熊星,杨江根,赵振伟,等. 输尿管软镜碎石术中肾盂内压力监测的临床应用与观察[J]. 临床泌尿外科杂志, 2021,36(7):573-576.
- [8] 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.
- [9] MacCraith E, Yap LC, Elamin M, et al. Evaluation of the Impact of Ureteroscope, Access Sheath, and Irrigation System Selection on Intrarenal Pressures in a Porcine Kidney Model[J]. J Endourol, 2021, 35(4):512-517.
- [10] Fang L, Xie G, Zheng Z, et al. The Effect of Ratio of Endoscope-Sheath Diameter on Intrapelvic Pressure During Flexible Ureteroscopic Lasertripsy[J]. J Endourol, 2019,33(2):132-139.
- [11] Dragos LB, Somani BK, Keller EX, et al. Characteristics of current digital single-use flexible ureteroscopes versus their reusable counterparts: an in-vitro comparative analysis[J]. Transl Androl Urol, 2019,8(Suppl 4):S359-S370.
- [12] Agrawal S, Patil A, Sabnis RB, et al. Initial experience with slimmest single-use flexible ureteroscope Uscope PU3033A(PUSEN™) in retrograde intrarenal surgery and its comparison with Uscope PU3022a: a single-center prospective study[J]. World J Urol, 2021, 39(10):3957-3962.
- [13] Geavlete B, Cozma C, Geavlete P. The “no-touch” technique in the flexible ureteroscopic approach of renal stones[J]. J Med Life, 2021,14(4):481-486.
- [14] De Coninck V, Keller EX, Rodríguez-Monsalve M, et al. Systematic review of ureteral access sheaths: facts and myths[J]. BJU Int, 2018,122(6):959-969.
- [15] Sener TE, Cloutier J, Villa L, et al. Can We Provide Low Intrarenal Pressures with Good Irrigation Flow by Decreasing the Size of Ureteral Access Sheaths? [J]. J Endourol, 2016,30(1):49-55.
- [16] Wright A, Williams K, Somani B, et al. Intrarenal pressure and irrigation flow with commonly used ureteric access sheaths and instruments[J]. Cent Eur J Urol, 2015,68(4):434-438.
- [17] Ng YH, Somani BK, Dennison A, et al. Irrigant flow and intrarenal pressure during flexible ureteroscopy: the effect of different access sheaths, working channel instruments, and hydrostatic pressure[J]. J Endourol, 2010,24(12):1915-1920.
- [18] Ghoneim IA, Ziada AM, Elkhatib SE. Predictive factors of lower calyceal stone clearance after Extracorporeal Shockwave Lithotripsy (ESWL): a focus on the infundibulopelvic anatomy[J]. Eur Urol, 2005,48(2):296-302; discussion 302.
- [19] Troxel SA, Low RK. Renal intrapelvic pressure during percutaneous nephrolithotomy and its correlation with the development of postoperative fever[J]. J Urol, 2002,168(4 Pt 1):1348-1351.

(收稿日期:2023-04-07)