신석의 치료방법으로서의 Retrograde Intrarenal Surgery의 효용성: 초기경험

김재호

순천향대학교 의과대학 구미병원 비뇨기과

Efficacy of the Retrograde Intrarenal Surgery in Renal Stone: An Initial Clinical Experience

Jae Ho Kim

Department of Urology, Soonchunhyang University Gumi Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, Gumi, Korea

Objective: The management of renal stone has changed radically over the recent decades mainly due to increasing use of flexible ureteroscopy. We report our initial experience of retrograde intrarenal surgery (RIRS) in treating renal stones.

Methods: Twenty-five patients (13 males and 12 females) who underwent RIRS for renal stone by a surgeon between March 2016 to December 2017 were retrospectively reviewed. We analyzed the patients' age, gender, stone location, stone burden, operative time, hospital stay, double J stent indwelling duration, success rates, and incidence of complications.

Results: The mean age of the patients was 54.9 years (range, 29–87 years). The locations of renal stones were nine cases in the renal pelvis, 14 in the renal calyx, and three in the renal diverticulum. The mean body mass index was 25.2 kg/m² (range, 21.2–29.4 kg/m²). After 1 week since initial session, stone free rate was 72%, but 88% at 3-month follow-up. The mean stone burden was 45.7 mm (range, 16.4–189.3 mm), and mean operative time was 95.0 minutes (range, 30–125 minutes). The mean hospital day was 3.5 days (range, 3–6 days). Double J stent was inserted in all patient during operation and mean indwelling duration was 6.96 days (range, 4–14 days). Most common complication was fever and recovered with conservative therapy.

Conclusion: This study demonstrated that RIRS is safe and effective procedure for management of intrarenal stones with minimal complications. Our study suggests that renal stone burden is significant factor of success rate in RIRS. However, surgical experience and long-term follow-up are needed to confirm the factor of success rate.

Keywords: Nephrolithiasis; Kidney; Ureteroscopy

서론

최근 신석의 치료는 과거 개복수술에서 연성 요관경의 발전과 함께 retrograde intrarenal surgery (RIRS)를 일차적 체외충격파쇄석술에 저항하는 신결석의 치료에 많이 사용하고 있다. 유럽 비뇨기과학회 치료지침에 따르면 보통 20 mm 이하의 결석은 extracorpo-

real shock wave (ESWL)을 권유하고 경피적 신절석술은 20 mm 이상의 신석에 적절하다고 하였다[1]. 연성 요관경의 성공률은 결석의 크기, 위치, 성분과 신장의 해부학적 구조, 비만도 등에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다[2]. ESWL은 최소 침습적인 장점 때문에 신석의 주된 치료로 선호되고 있지만, 결석이 크거나 신하극 및 신계실에 있는 경우에는 치료에 잘 반응하지 않으며 여러 번의 시술

Correspondence to: Jae Ho Kim

Department of Urology, Soonchunhyang University Gumi Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, 179 1(il)gongdan-ro, Gumi 39371, Korea

Tel: +82-54-468-9280, Fax: +82-54-468-9709, E-mail: uroseven@gmail.com

Received: Apr. 30, 2018 / Accepted after revision: Jun. 4, 2018

© 2018 Soonchunhyang Medical Research Institute

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

에 따른 부작용도 커서 이러한 경우 수술적 치료를 고려하는 것이 필요하다. 비침습적 수술적 치료 중에서 가장 선호되는 percutaneous nephrolithotomy (PCNL)과 RIRS를 비교한 연구에서 유사한 결석제거율이 보고되었다[3,4]. 저자는 신석으로 진단받고 동일 술자에 의해 RIRS로 치료받은 환자들을 후향적으로 조사하여 RIRS의 효용성과 임상결과를 비교하여 보고하고자 한다.

대상 및 방법

2016년 3월부터 2017년 12월까지 순천향대학교 구미병원에서 신석으로 진단 후 동일 술자에 의해 RIRS를 시행 받은 환자 25명을 대상으로 하였다. 환자의 나이, 해부학적인 구조, 신석의 크기나 위치, RIRS 이전의 ESWL 시행 여부 등에 따른 제외기준은 없었으며, 해당 기간 중 본원에서 신석에 대해 RIRS 치료를 받은 환자들을 대상으로 하였다. Stone burden은 방사선 사진에 보이는 결석의 길이와 폭을 이용하여 타원의 표면적을 구하는 공식(길이×폭×3.14/4)으로 계산하였다[5].

수술방법은 환자를 복와위에서 전신마취를 시행한 후 쇄석위를 취하여 요관경을 삽입하여 방광의 이상 여부와 요관구의 상태를 확인하였으며, 반강성 요관경(6.4/7.8Fr; Olympus, Tokyo, Japan)을 통하여 유도선(guidewire)을 삽입 후 요관경을 요관 내로 진입시켰다. 요관경을 가능한 상부 요관까지 진입하여 요관 내 협착이나 종양 등의 병변이 있는지 확인하였다. 요관경을 다시 방광으로 위치하여 방광요관이행부에서 14Fr ureteral access sheath (UAS, Flexor Ureteral Access Sheath, 12/14Fr, 35 cm; Cook Medical, Bloomington, IN, USA)가 통과하는 것을 확인하며 유도선을 따라 UAS를 요관신우이행부까지 위치시켰다. 유도선과 내측 폐색구(inner obturator)를 제거하고 7.9Fr URF-P5 연성 요관경(Olympus)을 UAS 내로 진입시켜 결석을 찾은 뒤 basket으로 결석을 포획하여 신우로 이동시킨 뒤 365 μ m end firing fiber를 사용하여 0.5–1.0 J/pulse, frequency는 5–20 Hz로 energy setting으로 파쇄하고 basket으로 잡아 체외로 제거하였다. UAS 내강으로 유도철선을 다시 통과한 후 요관부목을 삽입하였다. 방광요관이행부에서 UAS가 진입되지 않는 경우 요관풍선확장술을 시행하였고, 방광요관이행부 상방에서 통과가 되지 않는 경우 반경성 요관확장기를 이용하여 요관을 확장하였다. 결석을 제거하고 난 이후 수술장에서 요관부목을 유치하였으며 대부분 수술 1주 후에 제거하였다. 수술 후 1주와 수술 후 3개월째 비조영 복부 전산단층촬영으로 추적 관찰하여 3 mm 이상의 잔석이 없는 경우 성공으로 판정하였다.

통계분석은 SPSS ver. 13.0 (SPSS Inc., Chigago, IL, USA)을 이용하였으며, 수술 성공률은 Pearson chi-square test로 검정해서 P값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

평균 연령은 54.9세(범위, 29–87세), 성별은 남자 13예와 여자 12예였다. 좌측 14예, 우측 11예, 체질량지수(body mass index)는 25.2 kg/m²(범위, 21.2–29.4 kg/m²), 신우 결석 9예, 신배 결석은 13예(신상극 3예, 신중극 2예, 신하극 8예), 신계실 결석이 3예(신상극 1예, 신중극 1예, 신하극 1예), 신석의 크기는 45.7 mm² (범위, 16.4–189.3 mm²)였다(Table 1). 평균 수술시간은 95.0분(범위, 30–125분)이었다. 평균 재원기간은 3.4일(범위, 3–6일)이었다. 요관부목은 18예에서 7일간 유치 후 제거하였으며, 1예에서 지속적인 배뇨통을 호소하여 수술 후 4일째 요관부목을 제거하였고, 요관 협착이 있어 풍선확장술을 시행한 1예에서 14일간 부목을 유치하였으며, 육안 적혈뇨를 호소한 3예와 1예에서 각각 수술 후 6일째와 5일째 요관부목을 제거하여 평균 요관부목 유치일은 6.96일(범위, 4–14일)이었다. 합병증은 38°C 이상의 발열이 4예, 수술 후 요관부목이 신우에서 상부 요관으로 전위된 것을 확인하고 국소마취 후 요관부목 재 삽입이 1예에서 있었다(Table 2). 남녀별 성공률은 각각 77% (10/13), 58% (7/12)였으며, 좌우별 성공률은 71% (10/14), 64% (7/11)였다. 신석의 위치에 따른 RIRS의 치료 성공률은 신우 결석의 경우 78% (7/9), 신배 결석의 경우 62% (8/13)였다. 신배 결석의 경우 해부학적인 위치에 따라 더 세분화하면 신상극 신배 결석의 경우 3예

Table 1. Patient characteristics (N = 25)

Characteristic	Value
Age (yr)	54.9 (29–87)
Body mass index (kg/m ²)	25.7 (21.2–29.4)
Gender	
Male	13 (52)
Female	12 (48)
Stone laterality	
Right	11 (44)
Left	14 (56)
Stone location	
Renal pelvis	9 (36)
Upper calyx	3 (12)
Middle calyx	2 (8)
Lower calyx	8 (32)
Renal diverticulum	
Upper	1 (4)
Mid	1 (4)
Lower	1 (4)
Stone burden (mm ²) ^a	
< 50	10 (40)
50–100	8 (32)
> 100	7 (28)

Values are presented as mean (range) or number of patients (%).

^aCalculated by formula for surface area of ellipse (length×height×3.14/4).

Table 2. Perioperative findings and complications

Variable	Value
Operation time (min)	95.0 (30–125)
Hospitalization (day)	3.4 (3–6)
Double J ureteral stent indwelling duration (day)	6.97 (4–14)
Complications	
Fever	4
Double J stent reinsertion	1

Values are presented as mean (range) or number.

중 2예(66%), 신중극 신배 결석의 경우 2예 중 1예(50%), 신하극 신배 결석의 경우 8예 중 5예(63%)의 성공률을 보였다. 신계실 결석의 경우 33% (1/3)에서 성공하여 가장 낮은 성공률을 보였다. 부신계실 결석은 크기에 따라 상부 신계실 33.0 mm², 중부 신계실 189 mm², 하부 신계실 100.7 mm²로 상부 신계실의 결석이 크기가 적고 접근이 쉬웠고 중부 신계실 결석은 결석의 일부분만 노출되어 신계실 목 절개 시 출혈이 있었으며 하부 신계실 결석은 요관경으로 접근이 되지 않았다. 신석의 크기에 따른 성공률은 50 mm² 이하, 50–100 mm², 100 mm² 이상에서 각각 90%, 62.5%, 50%였으며 통계적 유의성은 없었다. 수술 후 3개월 추적검사에서 성공률은 각각 100%, 87.5%, 66%로 신석 크기가 클수록 성공률이 감소하였고 통계적으로 유의하였다($P < 0.05$). 수술 후 1주째 치료 성공률은 72%였으나 수술 후 3개월 치료 성공률은 각각 88%였다(Table 3).

고 찰

신석의 치료방법은 결석의 크기, 수 그리고 신석의 위치를 고려하여 결정하는데, 지난 20년간 신결석 치료에 있어 최소침습술기는 관혈적 수술을 대부분 대체하였다[6]. 신석에 대해 비침습적 치료법 중에서 마취가 필요 없는 ESWL을 많이 시도하였으나 최근에는 내시경 및 체내 쇄석장비가 발달함에 따라 요관경을 이용한 수술적 치료가 보편화되고 있다. Sampaio와 Aragao [7]는 ESWL은 결석이 신하극에 위치하고 신두두부 폭이 4 mm보다 작거나 신두두각이 90도 미만이면 충격파 성공률이 떨어지고 결석의 크기가 큰 경우 반복적인 시술과 잠재적인 신손상 등의 위험성을 가지고 있다고 보고했다. Oh 등[8]은 신석의 일차적 치료로 ESWL 시행 후 3 mm 이하의 잔석이 있으나 무증상인 경우 치료 성공으로 판단하여 82%의 성공률을 보고하였으나 체외충격파에 반응하지 않는 결석인 경우 수술적 치료를 고려해야 한다고 하였다. 최근에는 하부 요관결석의 치료에서 주로 이용되던 요관경을 상부 및 신우 및 신배에 위치한 결석치료에까지 사용함으로써 점점 치료범위가 넓어지고 있다. 최근 신석의 비침습적 수술방법 중에서 가장 흔히 사용되는 것은 PCNL과 RIRS이다. PCNL은 녹각석 및 복합적인 신결석 치료에 주로 사용되며 관혈적 수술과 동등한 치료 성공률을 보이

Table 3. Success rate of retrograde intrarenal surgery

Variable	Postoperative follow-up	
	1 wk	3 mo
Gender		
Male	77 (10/13) ^{a)}	85 (11/13) ^{a)}
Female	58 (7/12) ^{a)}	83 (10/12) ^{a)}
Stone laterality		
Right	64 (7/11) ^{a)}	73 (8/11) ^{a)}
Left	71 (10/14) ^{a)}	93 (13/14) ^{a)}
Stone location		
Renal pelvis	78 (7/9) ^{a)}	100 (9/9) ^{a)}
Upper calyx	66 (2/3) ^{a)}	100 (3/3) ^{a)}
Middle calyx	50 (1/2) ^{a)}	50 (1/2) ^{a)}
Lower calyx	63 (5/8) ^{a)}	75 (6/8) ^{a)}
Renal diverticulum		
Upper	100 (1/1) ^{a)}	100 (1/1) ^{a)}
Mid	0 (0/1) ^{a)}	0 (0/1) ^{a)}
Lower	0 (0/1) ^{a)}	0 (0/1) ^{a)}
Stone burden SR (mm ²)		
< 50	90 (9/10) ^{a)}	100 (10/10) ^{a)}
50–100	62.5 (5/8) ^{a)}	87.5 (7/8) ^{b)}
> 100	43 (3/7) ^{a)}	57 (4/7) ^{b)}
Total SR	72 (18/25)	88 (22/25)

Values are presented as % (number).

SR, success rate.

^{a)} $P > 0.05$. ^{b)} $P < 0.05$.

면서 합병증은 낮다고 알려져 있다[9]. Kwon 등[10]은 PCNL의 성공률에 영향을 미치는 인자에 대하여 체질량지수, 수신증의 정도, 천자 위치, 결석의 종류와 위치는 결석 제거율에 영향을 미치지 못하며, 결석 크기만이 결석 제거율에 영향을 주는 유의한 인자였다고 하였다. PCNL 후 발생할 수 있는 합병증은 수혈, 감염, 대장손상, 폐손상, 발열, 요로감염 등이 있으며, 이 중 출혈은 대부분 보존적 치료나 신루로를 이용한 압진법으로 해결되지만 심한 경우에 다량의 수혈이 필요하며 지혈이 되지 않을 경우에는 불가피하게 신절제술을 해야 하는 심각한 경우도 있다[11]. PCNL 시행 중 발생하는 신손상에 의한 출혈 발생률은 여러 문헌에서 0.8%–45%까지 보고되어 출혈을 줄이기 위한 노력이 필요하다[12,13]. Akman 등[14]은 수술시간이 58분보다 길어지면 수혈 가능성이 2.82배 증가한다고 하였다. Kukreja 등[15]은 당뇨 환자와 2개 이상의 신루를 설치한 경우 수술시간이 길어지며 신출혈도 증가한다고 하였다.

RIRS의 경우도 신석의 크기가 증가할수록 치료 성공률이 떨어진다는 것은 잘 알려져 있다[16]. Fabrizio 등[17]은 결석의 치료 성공을 3 mm 이하의 잔석이 남은 경우로 정의하고 RIRS 성공률을 89%로 보고했다. RIRS의 합병증은 발열이 가장 흔하며 결석의 크기, 수술 전 요로감염 여부, 수술시간, 신우 내 세척압과 연관성이 높아서 과도한 관류는 관류액의 신우정맥을 통한 이차적인 재흡수

를 유발하게 되고, 특히 감염성일 때는 패혈증을 유발할 수 있어 수술 중 적절한 신장내압을 유지하기 위해 수술시간을 제한하고 isoproterenol을 이용한 신우신배 세척과 요관 access sheath를 사용하는 것이 도움이 된다고 하였다[18]. 본 연구에서도 결석의 크기가 커질수록 성공률이 낮았는데, 이는 수술시간이 길어지며 수술 중 사용하는 세척압이 높아지고 이에 따라 잔석의 이동도 많아져 신장점막에 출혈을 유발하여 시야를 방해하고 술자의 피로도 높아지는 것도 성공률에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 최근의 보고에 의하면 PCNL은 RIRS보다 재원기간과 발열, 패혈증 등에서 더 높은 부작용 발생률을 보이고 있다[19,20]. 또한 RIRS는 1.5 cm 이상의 크기를 가진 신우결석에서도 유용하다고 보고되었다[6]. 그러나 RIRS의 단점으로 시야의 제한, 분쇄된 결석제거의 크기제한, 그리고 다양한 연성 요관경 장비의 필요성이 있어 신석에서 치료영역을 확대하기 위해서는 여전히 개선할 점도 많이 있다[21]. RIRS의 성공률에 영향을 미치는 인자에 대한 Parikh 등[22]의 연구는 131명의 신석 환자를 대상으로 시행한 단일 술자 연구에서 수술 4주 후 컴퓨터단층촬영상 잔석이 3 mm 이하일 경우 수술 성공으로 생각하여 평균 결석제거율은 76%이며 결석 크기가 1.5 cm 이상이거나 하부 신배결석인 경우 결석제거율이 통계적으로 유의하게 낮았다고 보고하였다. Xiao 등[23]은 382명의 신석 환자를 대상으로 2 mm 이하의 잔석이 있는 경우 수술 성공으로 정의하고 수술 1일째 결석제거율을 61.5%, 수술 1개월째 결석제거율을 73.6%로 보고하였고, 술 전 컴퓨터단층촬영상 Hounsfield unit를 기준으로 신결석의 밀도(renal stone density), 하부 신배결석의 유무, 하부 신배결석일 경우 신누두신우각(renal infundibulopelvic angle), 누두길이(infundibulopelvic length), 결석 크기 등에 따라 결석제거율이 유의하게 차이가 난다고 하였다. Lin 등[24]은 평균 결석 크기가 0.8 cm인 172명의 신석 환자에서 RIRS를 시행하여 잔석이 4 mm 미만인 경우 성공으로 정의하고, 수술 후 4주 결석제거율을 평균 90.6%로 보고하였고, 그 중 2-3 cm 크기의 신석인 경우 결석제거율은 80.2%, 3 cm 이상의 신석은 45.0%의 결석제거율을 보고하였다. 또한 3 cm 이상의 신석은 두 번째 RIRS 이후 큰 부작용 없이 76.5%의 결석제거율을 보였다고 했다. Boulalas 등[25]은 수술 전 반경성 요관경을 시행하여 12/14Fr UAS가 잘 유치되는지 확인하는 것이 적절한 크기의 UAS를 결정하고 수술의 합병증을 줄일 수 있다고 생각하고, 100명의 환자를 대상으로 77명에서 문제없이 12/14Fr UAS를 유치하고, 1명에서 UAS 외부의 안전선을 제거하고 12/14Fr UAS를 유치하였으며, 22명에서는 7Fr 반경성 요관경이나 연성 요관경을 삽입하였으나 7명에서는 실패하여 술 전 요관부목의 유치, 기존의 요석치료 경험이나 RIRS 경험이 있는 경우 요관의 유순도가 유의하게 높았다고 하였다.

결론적으로, RIRS는 수술 후 합병증이 적고 결석제거율도 신결석술과 비슷하여 체외충격파쇄석술에 저항하는 신석에서 더 침습

적인 치료를 시도하기 전에 우선 시행해볼 만한 방법으로 생각한다. 본 연구에서 RIRS의 수술 성공에 영향을 끼친 인자 중에서 신석의 크기만이 유의하였으나 저자의 경우 환자 숫자가 적고 추적 관찰기간이 짧은 초기 경험이므로 더 많은 연구가 필요할 것이다.

REFERENCES

1. Turk C, Knoll T, Petrik A, Sarica K, Skolarikos A, Straub M, et al. EAU guidelines on urolithiasis. Arnheim: European Association of Urology; 2016.
2. Kruck S, Anastasiadis AG, Herrmann TR, Walcher U, Abdelhafez ME, Nicklas AP, et al. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy: an alternative to retrograde intrarenal surgery and shockwave lithotripsy. *World J Urol* 2013;31:1555-61.
3. Akman T, Binbay M, Ozgor F, Ugurlu M, Tekinarslan E, Kezer C, et al. Comparison of percutaneous nephrolithotomy and retrograde flexible nephrolithotripsy for the management of 2-4 cm stones: a matched-pair analysis. *BJU Int* 2012;109:1384-9.
4. Jung GH, Jung JH, Ahn TS, Lee JS, Cho SY, Jeong CW, et al. Comparison of retrograde intrarenal surgery versus a single-session percutaneous nephrolithotomy for lower-pole stones with a diameter of 15 to 30 mm: a propensity score-matching study. *Korean J Urol* 2015;56:525-32.
5. Park J, Hong B, Park T, Park H. The effectiveness of non-contrast computerized tomography (CT) in evaluation of residual stones after percutaneous nephrolithotomy. *Korean J Urol* 2006;47:1315-9.
6. Breda A, Ogunyemi O, Leppert JT, Lam JS, Schulam PG. Flexible ureteroscopy and laser lithotripsy for single intrarenal stones 2 cm or greater: is this the new frontier? *J Urol* 2008;179:981-4.
7. Sampaio FJ, Aragao AH. Limitations of extracorporeal shockwave lithotripsy for lower caliceal stones: anatomic insight. *J Endourol* 1994;8:241-7.
8. Oh BS, Hwang EC, Chae MJ, Oh KJ, Kang TW, Kwon DD, et al. Efficacy of the 3rd generation extracorporeal shock wave lithotripter (Piezolith 3000(R)) for treating patients with urinary tract calculi. *Korean J Urol* 2005;46:1278-83.
9. Al-Kohlany KM, Shokeir AA, Mosbah A, Mohsen T, Shoma AM, Eraky I, et al. Treatment of complete staghorn stones: a prospective randomized comparison of open surgery versus percutaneous nephrolithotomy. *J Urol* 2005;173:469-73.
10. Kwon T, Bang JK, Kim SC, Shim M, Ha SH, Hong B, et al. Percutaneous nephrolithotomy: a single center experience of 610 cases. *Korean J Urol* 2009;50:669-74.
11. Segura JW, Patterson DE, LeRoy AJ, Williams HJ Jr, Barrett DM, Benson RC Jr, et al. Percutaneous removal of kidney stones: review of 1,000 cases. *J Urol* 1985;134:1077-81.
12. Syahputra FA, Birowo P, Rasyid N, Matondang FA, Noviandrini E, Huseini MH. Blood loss predictive factors and transfusion practice during percutaneous nephrolithotomy of kidney stones: a prospective study. *F1000Res* 2016;5:1550.
13. Stoller ML, Wolf JS Jr, St Lezin MA. Estimated blood loss and transfusion rates associated with percutaneous nephrolithotomy. *J Urol* 1994;152(6 Pt 1):1977-81.
14. Akman T, Binbay M, Sari E, Yuruk E, Tepeler A, Akcay M, et al. Factors affecting bleeding during percutaneous nephrolithotomy: single surgeon experience. *J Endourol* 2011;25:327-33.
15. Kukreja R, Desai M, Patel S, Bapat S, Desai M. Factors affecting blood

- loss during percutaneous nephrolithotomy: prospective study. *J Endourol* 2004;18:715-22.
16. Perlmutter AE, Talug C, Tarry WF, Zaslau S, Mohseni H, Kandzari SJ. Impact of stone location on success rates of endoscopic lithotripsy for nephrolithiasis. *Urology* 2008;71:214-7.
17. Fabrizio MD, Behari A, Bagley DH. Ureteroscopic management of intrarenal calculi. *J Urol* 1998;159:1139-43.
18. Xu Y, Min Z, Wan SP, Nie H, Duan G. Complications of retrograde intrarenal surgery classified by the modified Clavien grading system. *Urolithiasis* 2018;46:197-202.
19. Bozkurt OF, Resorlu B, Yildiz Y, Can CE, Unsal A. Retrograde intrarenal surgery versus percutaneous nephrolithotomy in the management of lower-pole renal stones with a diameter of 15 to 20 mm. *J Endourol* 2011;25:1131-5.
20. Bryniarski P, Paradysz A, Zyczkowski M, Kupilas A, Nowakowski K, Bogacki R. A randomized controlled study to analyze the safety and efficacy of percutaneous nephrolithotripsy and retrograde intrarenal surgery in the management of renal stones more than 2 cm in diameter. *J Endourol* 2012;26:52-7.
21. Schoenthaler M, Wilhelm K, Katzenwadel A, Ardelt P, Wetterauer U, Traxer O, et al. Retrograde intrarenal surgery in treatment of nephrolithiasis: is a 100% stone-free rate achievable? *J Endourol* 2012;26:489-93.
22. Parikh KP, Jain RJ, Kandarp AP. Is retrograde intrarenal surgery the game changer in the management of upper tract calculi?: a single-center single-surgeon experience of 131 cases. *Urol Ann* 2018;10:29-34.
23. Xiao Y, Li D, Chen L, Xu Y, Zhang D, Shao Y, et al. The R.I.R.S. scoring system: an innovative scoring system for predicting stone-free rate following retrograde intrarenal surgery. *BMC Urol* 2017;17:105.
24. Lin CF, Wu CT, Huang SS, Chen WH, Wu LS, Lin CC. Safety and efficacy of staged retrograde intrarenal surgery for large stone burden of renal stones in selected patients: a single-center experience. *Urol Sci* 2017;28:94-6.
25. Boulalas I, De Dominicis M, Defidio L. Semirigid ureteroscopy prior retrograde intrarenal surgery (RIRS) helps to select the right ureteral access sheath. *Arch Ital Urol Androl* 2018;90:20-4.