

요관결석의 위치와 크기에 따른 임상양상 고찰

연세대학교 의과대학 응급의학교실, 관동대학교 의과대학 응급의학교실¹

이준영 · 좌민홍¹ · 김현종 · 이누가 · 정성필 · 이한식 · 김민정

Relationship of Clinical Manifestation of Renal Colic to Ureteral Stone Size and Location

June Young Lee, M.D., Minhong Choa, M.D.¹, M.D., Hyun Jong Kim, M.D., Nuga Rhee, M.D., Sung Phil Chung, M.D., Hahn Shick Lee, M.D., Min Joung Kim, M.D.

Purpose: This study was designed to correlate the size and position of ureteral stones to their clinical manifestation.

Methods: This study was a retrospective review of medical records of 201 patients who visited the emergency department complaining of renal colic and diagnosed with ureteral stone(s) by use of computed tomography from July to December 2011. The size and position of a stone and the corresponding ipsilateral hydronephrosis, as well as the number and type of administered analgesics, were evaluated.

Results: Ureteral stones were located at the ureteropelvic junction in 2.0% of cases, at the proximal ureter between the ureteropelvic junction and the iliac vessels in 41.8% of cases, at the ureter crossing external iliac vessels in 1.0% of cases, at the distal ureter between the iliac vessels and the ureterovesical junction in 12.9% of cases, and at the ureterovesical junction in 42.3% of cases. Where the ureter crossed external iliac vessels, the mean size of stones was significantly larger in the upper ureter, as 5.3 ± 2.3 mm, than in the lower ureter, as 4.2 ± 1.8 mm. Pain duration and stone size were significant factors associated with hydronephrosis by logistic regression analysis. Ketorolac was selected as the first-line analgesics in 169 patients

(94.9%). The factor affecting the response to analgesic treatment was stone size. Patients needing analgesic administration three times or more, had smaller stones.

Conclusion: Most of the ureteral stones observed were located in the proximal ureter and at the ureterovesical junction. Hydronephrosis occurred more often in patients who had longer periods of pain and larger stones. Patients with smaller stones needed more frequent administration of pain killers.

Key Words: Ureteral calculi, Hydronephrosis, Pain

Department of Emergency Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea, Department of Emergency Medicine, Kwandong University College of Medicine, Gyeonggi-do, Korea¹

서 론

요통은 응급실로 내원하는 흔한 주증상 중 하나이다. 전 세계 인구 가운데 5~15%가 일생 동안 한차례 이상의 요관 결석으로 인한 통증을 경험한다고 알려져 있다^{1,2}. 요관결석의 전형적인 증상인 갑작스럽게 발생한 높은 사타구니로 방사되는 통증과 혈뇨로 내원하는 환자들의 경우, 문진과 신체검사 및 소변검사 만으로도 요관결석을 진단할 수 있다. 하지만 복부대동맥동맥류나 신동맥경색과 같이 요관결석과 비슷한 증상을 보이는 위급한 질환들이 있어 고령이거나 저혈압 등 임상적으로 의심이 되는 경우에는 반드시 영상검사를 통해 정확히 감별진단 하는 것이 필요하다.

정맥신우조영술, 비조영 전산화단층촬영, 초음파 등 다양한 영상 검사가 요관결석의 진단에 사용되어 왔다³⁻⁵. 1923년 정백신우조영술이 도입된 이후 정백신우조영술이 요관결석 진단의 최적의 검사로 알려졌으나 1990년대 이후 비조영 전산화단층촬영이 요관결석의 진단에 적용된 이래로 100%의 민감도와 97%의 특이도를 보여 경정맥신우조영술을 능가하는 요관결석의 진단도구로 평가되고 있다^{3,6}. 전산화단층촬영은 요관결석의 존재를 확인하는 것 외에, 다른 질환을 배제할 수 있고 요관결석에 의한 합병증과

책임저자: 김민정

서울특별시 강남구 연주로 211

강남세브란스병원 응급의학과

Tel: 02) 2019-3030, Fax: 02) 2019-4820

E-mail: boringzzz@yuhs.ac

접수일: 2011년 10월 4일, 1차 교정일: 2011년 10월 18일

게재승인일: 2011년 11월 3일

요관결석의 위치 및 크기를 정확하게 확인할 수 있어 향후 치료 계획을 수립하는 지표로 사용될 수 있다^{7,8)}. 또한 검사 시간이 10분 내외로 짧고 전처치를 요하지 않으며 환자에게 불편감을 유발하지 않기 때문에 응급실 환경에 적합하여 오늘날 요관 결석의 진단에 가장 선호되고 있다⁹⁾. 요관 결석 진단에 전산화단층촬영의 이용이 증가하면서 이를 통해 결석의 위치나 크기, 수신증이나 요관 확장 등의 이차징후들, 자연배출 예측인자에 대한 연구들이 이루어졌다^{8,10~13)}. 하지만 아직 요관결석의 특성에 따른 환자들의 임상양상의 차이에 대한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 저자는 요관결석 환자들의 전산화단층촬영 결과를 토대로 결석의 위치와 크기를 분석하고 그에 따른 임상 양상의 특성을 고찰하고자 한다.

대상과 방법

1. 연구 대상

2010년 7월 1일부터 2010년 12월 31일까지 6개월 동안 일개 지역응급의료센터에 요통을 주소로 내원하여 복부 전산화단층촬영을 통해 요관결석을 진단받은 환자들을 후향적으로 조사하였다. 신장결석 5명과 결석이 방광 내부에 위치한 11명의 환자, 그리고 복부전산화단층촬영에서 요관확장 등의 요관결석으로 인한 이차징후는 관찰되나 결석이 확인되지 않아 자연 배출된 상태로 의심되는 9명의 환자를 제외하였다. 통증의 동측에 두 개 이상의 결석을 가진 6명의 환자는 분석 대상에서 제외하였고, 통증의 반대쪽 신장에 결석이 관찰되나 통증의 동측에는 한 개의 결석만이 확인된 환자 2명은 포함시켰다. 요관결석의 과거력이 있는 환자가 57명이 있었는데, 이전 시술 여부나 요관협착 등의 합병증에 따라 요관결석의 위치나 수신증에 영향을 줄 가능성이 있어 분석 대상에서 제외하게 되었다. 최종적으로 201명의 환자가 연구 대상이 되었다.

2. 자료수집

환자의 의무기록에서 통증의 발생시간, 내원 당시의 통증척도(Visual Analogue Scale), 늑골척추각암통(Costovertebral angle tenderness) 유무, 요관결석의 과거력, 진료 결과 입퇴원 여부 등을 조사하였다. 그리고 병원정보시스템(Hospital information system)을 통해 투여한 진통제의 종류 및 횟수를 조사하였고 혈청 크레아티닌 수치와 소변검사에서의 혈뇨 유무를 확인하였다. 콩팥요관방광단순촬영(Kidney ureter bladder, KUB)에서의 요관결석 진단과 전산화단층촬영에서의 신우신염 동반 여부는 영상의학과 전문의의 판독을 기준으로 하였다.

세 명의 응급의학 전문의가 전산화단층촬영 영상에서 요관결석의 크기와 위치, 수신증 동반 여부를 조사하였다. 요관결석의 크기는 가로영상(Axial image)에서의 가장 긴 직경으로 정의하였고, 세 명이 측정한 값의 평균값으로 결정하였다. 결석의 위치는 신우요관이행부(Ureteropelvic junction), 신우요관이행부와 바깥엉덩혈관교차부 사이의 근위부 요관(proximal ureter), 바깥엉덩혈관교차부(Ureter crossing external iliac vessel), 바깥엉덩혈관교차부와 방광요관이행부 사이의 원위부 요관(distal ureter), 방광요관이행부(Ureterovesical junction)로 분류하였다. 결석의 위치와 수신증 동반 여부에 대한 세 명의 전문의의 의견에 불일치가 있는 경우에는 전원이 모인 자리에서 합의를 통하여 결정하였다.

모든 환자는 Simens사의 64-channel multi-detector row computed tomography scanner (Somatom Sensation 64; Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany)를 이용하여 5 mm 간격으로 구성한 Picture Archiving and Communication System (PACS) 영상을 통하여 요관결석이 진단되었다(100 kVp, 220 mAs, pitch 1.0).

3. 통계

통계는 나이, 통증의 강도, 결석의 크기 등의 연속변수들은 Student's *t*-test로 분석하여 평균±표준편차로 보여주었는데, 통증의 기간은 평균값과 중앙값에 큰 차이를 보여 Mann-Whitney U test로 분석하여 중앙값(사분위수)로 기술하였다. 빈도변수는 Pearson's chi-square test로 이용하였고, 로지스틱 회귀 분석으로 수신증에 영향을 주는 요인과 통증조절과 관련된 요인을 분석하였다. *p*값이 0.05 미만일 때 통계학적으로 유의한 것으로 판정하였고, 분석은 SPSS software, Window 12.0 version (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

결과

1. 요관결석의 위치와 임상적인 특징

총 201명의 환자를 대상으로 분석하였다. 결석의 위치는 요관방광이행부결석이 85명(42.3%)으로 가장 많았고, 근위부 요관이 84명(41.8%)으로 두 번째로 많았으며, 원위부 요관에 26명(12.9%), 신우요관이행부에 4명(2.0%), 요관과 바깥엉덩혈관교차부에 2명(1.0%) 순이었다(Fig. 1). 바깥엉덩혈관교차부를 기준으로 상부요관과 하부요관으로 나누어 환자들의 일반적인 특성과 요관결석과 관련된 임상적인 특성을 비교하였다(Table 1). 증

상 발현으로부터 응급실 내원까지의 시간은 양 군 모두 중앙값이 2.0시간이었고 통증의 강도에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 결석의 크기는 5.3 ± 2.3 mm와 4.2 ± 1.8 mm으로 상부요관 결석의 크기가 더 커졌다($p<0.001$). 상부요관 결석의 64.4%, 하부요관 결석의 51.4%에서 수신증이 동반되었다($p=0.062$). 결석과 동측의 신장에 신우신염이 발생한 환자는 2명(1.0%)이었는데 모두 상부요관결석에서 동반되었다. 신우신염 환자를 포함한 14명(7.0%)의 환자가 응급실 진료 결과 입원하였다.

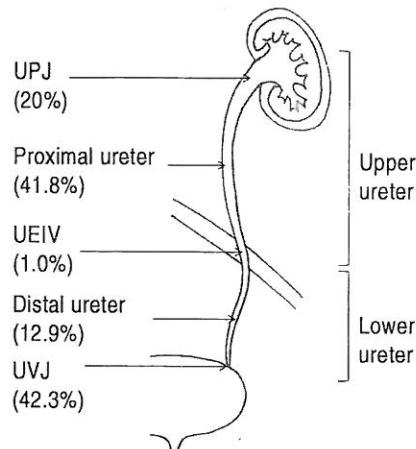


Fig. 1. Location of ureteral stones.

UPJ: Ureteropelvic junction

UEIV: Ureter crossing external iliac vessel

UVJ: Ureterovesical junction

2. 수신증과 관련된 요인들

전체 환자의 57.2%에서 수신증을 동반하였다. 수신증 발생에 영향을 주는 요인들을 알아보기 위한 로지스틱 회귀분석 결과 통증이 오래될수록, 결석의 크기가 클수록 수신증이 잘 발생하였다(Table 2). 각 결석 위치에서의 수신증 여부에 따른 결석의 크기는 Fig. 2 와 같다.

3. 통증 조절과 관련된 요인들

201명의 환자 가운데 178명(88.6%)에서 진통제가 투여되었다(Table 3). 가장 처음 투여된 진통제로는 ketorolac tromethamine이 169건(94.9%)으로 가장 많이 사용되었다. 두 번 이상 진통제가 사용된 환자는 52명으로 전체 환자의 25.9%에 해당하였다. 진통 조절과 관련된 요인으로는 결석의 크기를 확인할 수 있었다($p=0.003$) (Table 4). 두 차례 이상 진통제가 투여된 환자들의 결석 크기는 평균 3.9 ± 1.8 mm였고, 한번 투약된 환자들의 결석 크기는 4.9 ± 2.2 mm였다($p=0.002$).

고찰

본 연구에서 요관결석이 진단된 전산화단층촬영에서 결석 위치를 분석한 결과, 근위부 요관과 요관방광이행부가 총 요관결석의 84.1%를 차지하였고, 신우요관이행부와 바깥엉덩혈관교차부의 결석은 각각 4명(2.0%)과 2명(1.0%)에 지나지 않았다. 신우요관이행부와 요관이 바깥엉덩혈관

Table 1. Comparison of clinical characteristics according to the position of stone

Variables	Position of stone		<i>p</i> -value
	Upper ureter (n=90)	Lower ureter (n=111)	
Age, mean \pm SD	42.6 ± 13.3	44.8 ± 13.4	0.230
Male gender, n (%)	62 (68.9)	79 (71.2)	0.725
Pain duration (hour), median (IQR)	2.0 (1.0, 5.0)	2.0 (1.0, 4.0)	0.498
Pain scale (VAS), mean \pm SD	5.7 ± 1.9	5.4 ± 1.9	0.246
CVAT, n (%)	59 (65.6)	79 (71.2)	0.393
Left-side, n (%)	56 (62.2)	58 (52.3)	0.156
Stone size, mean \pm SD	5.3 ± 2.3	4.2 ± 1.8	<0.001*
<5 mm, n (%)	47 (52.2)	84 (75.7)	0.001*
Hydronephrosis, n (%)	58 (64.4)	57 (51.4)	0.062
Microscopic hematuria, n (%)	87 (96.7)	104 (93.7)	0.517
Serum creatinine, mean \pm SD	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2	0.798
Visible in KUB, n (%)	50 (55.6)	49 (44.1)	0.121
Combined with APN, n (%)	2 (2.2)	0	0.199
Admission, n (%)	9 (10.0)	5 (4.5)	0.166

SD: Standard deviation, IQR: Interquartile range, VAS: Visual analogue scale, CVAT: Costovertebral angle tenderness, KUB: Kidney ureter bladder, APN: Acute pyelonephritis

과 교차되는 부위, 요관방광이행부는 요관이 해부학적으로 가장 좁아지는 부위로, 교파서적으로는 이 세 부위에 요관 결석이 가장 많이 위치한다고 알려져 있다^{14,15)}. 하지만 오래 전 이루어진 연구들은 경정맥신우조영술이나 X선 검사에 의존하였기 때문에 전산화단층촬영만큼 결석의 위치를 정확하게 확인할 수 없었으리라 생각된다. Song 등¹¹⁾과 Eisner 등¹⁰⁾도 요관 결석 환자들의 전산화단층촬영 분석 연구를 통해 요관 결석은 대부분 상부요관과 요관방광이행부에 위치하며 신우요관이행부와 바깥영덩혈관교차부는 더 이상 요로결석 호발 부위가 아니라고 제시한 바 있다.

상부 요관에 비해 하부 요관에 위치한 결석의 크기는 더 작았고, 원위부 요관으로 갈수록 작은 결석들도 수신증을 동반하였다. 초음파로 요관결석을 진단하고자 할 때 결석 자체를 확인하는 것은 민감도가 낮은 반면 수신증은 민감도 100%로 초음파로 정확하게 확인 가능하여 수신증 여부가 결석의 진단률을 높이는 데에 도움을 주게 된다^{16,17)}. 따라서 결석의 위치 및 크기에 따라 수신증이 동반될 가능성에 대해 이해하는 것은 초음파를 이용한 결석 진단에 도움이 될 수 있다. 요관결석의 해부학적인 특징과 함께 수신증을 임상적으로 해석할 때 고려해야 할 요인은 통증의 기간

Table 2. Logistic regression analysis of the factors affecting hydronephrosis

Variables	Significance	Odds ratio	95% confidence interval	
			lower	upper
Univariate analysis				
Age	0.999	1.000	0.979	1.021
Sex	0.147	0.630	0.337	1.177
Pain duration	0.012*	1.066	1.014	1.119
Pain scale	0.786	0.980	0.846	1.134
CVAT	0.225	0.685	0.371	1.263
Intractable pain	0.684	1.142	0.601	2.170
Stone location	0.063	0.582	0.329	1.030
Stone size	0.012*	1.213	1.044	1.408
Side	0.134	1.547	0.875	2.736
Visible in KUB	0.963	0.986	0.548	1.775
Multivariate analysis				
Pain duration	0.018*	1.060	1.010	1.113
Stone size	0.030*	1.185	1.016	1.381

CVAT; Costovertebral angle tenderness, KUB; Kidney ureter bladder

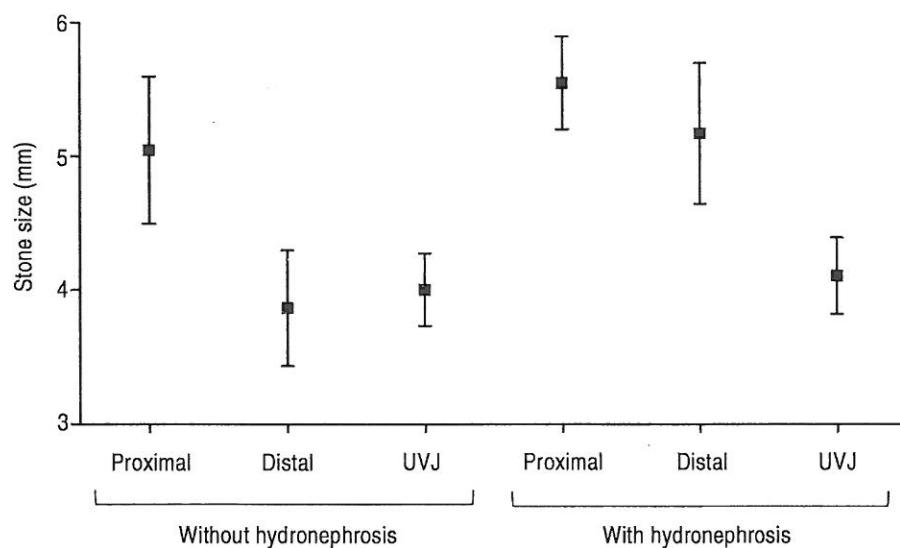


Fig. 2. Stone size according to the stone location and hydronephrosis. Because of low number of case, ureteropelvic junction (UPJ) and ureter crossing external iliac vessel (UEIV) were omitted from the figure
UVJ: Ureterovesical junction

이다. 본 연구에서는 응급실 내원하기 전 통증의 기간과 수신증은 여부는 유의한 상관 관계를 보였다. Michael 등¹⁸⁾은 수신증을 포함한 요관 폐쇄의 이차징후들과 증상발현 시점과의 관계를 연구하였는데, 통증 발생으로부터 시간이 경과할수록 이차징후의 동반 확률이 높아지며 수신증의 경우 8시간 이상 경과하였을 때 89%에서 동반한다는 결과를 보여주었다. 여러 논문들이 요관결석에서의 수신증 빈도를 다양하게 보고하고 있는 것은 이러한 맥락에서 이해할 수 있을 것이다^{19,20)}.

전산화단층촬영이 초음파보다 요관결석 진단의 정확성 면에서는 우위에 있지만 높은 비용이나 방사선 조사 문제로 인해 모든 요관결석 의심환자에 대한 첫 번째 영상 검사로 선택하기에는 부적합한 면이 있다²¹⁾. 기존 연구 결과에 따르면 5 mm 이하의 결석은 68~78%에서 자연배출 되고, 요관방광이행부결석인 경우는 약 92%까지도 자연배출된다고 보고된 바 있다^{8,22)}. 보존적 치료 후에 결석이 자연배출 되는 경우가 많고, 응급실에서 즉각적인 비뇨기과적 시술을 요하는 경우는 드물기 때문에 모든 환자에서 정확하게 요관결석의 위치와 크기를 진단해야 하는가에 대해 의문을 제기할 수 있다²³⁾.

요관 결석의 자연배출을 예측하기 위해 통증 조절 정도와 결석의 크기의 상관관계를 확인하고자 한 연구가 있었

다. Prina 등²⁴⁾의 이 연구에서는 결석이 6 mm 이상으로 큰 경우 요관 폐쇄가 심해지면서 더 많은 진통제를 필요로 할 것이라는 가설로 시작하였지만 두 요인간의 상관관계를 확인하지는 못하였다. 그들은 통증은 주관적인 느낌이며 개인의 교육 정도나 문화에 따라 영향을 받기 때문에 유의한 결과를 얻을 수 없었다고 기술하였다. 하지만 우리의 연구에서는 일반적인 예상과는 다르게 작은 결석일수록 통증 조절이 잘 되지 않는다는 반대의 결과를 얻게 되었다. 전통적으로 요관결석으로 인해 통증이 유발되는 기전은 결석으로 인한 요관 폐쇄가 집합계(collecting system) 내강의 압력을 증가시키면서 물리적인 견인을 유발하는 것과 동시에 고유판(lamina propria)의 신경 말단을 자극하는 것으로 이해되어 왔다. 집합계의 팽창에 반응하여 요관의 평활근은 결석을 움직이기 위해 수축하게 되고, 결석이 요관에 걸려 움직일 수 없게 되면 근경련이 발생한다²⁵⁻²⁷⁾. 요관 폐쇄에 따른 신장의 혈류와 요관의 압력은 시간의 흐름에 따라 달라지는데, 폐쇄 시점을 기준으로 0~1.5시간 동안에는 동시에 증가하기 시작하다가, 1.5~5시간 동안에는 혈류는 감소하지만 요관 압력의 증가는 지속되며, 5~18시간 동안에는 양쪽 모두 감소하게 된다^{28,29)}. 요관 산통의 일차 치료제로 권장되고 있는 비스테로이드항염증제(non-steroidal anti-inflammatory drugs, NSAIDs)는 프로스

Table 3. Used analgesics

Analgesics	Number of patients (%)		
	1 st	2 nd	3 rd
Ketorolac	169 (94.9)	18 (34.6)	2 (25.0)
Tramadol	6 (3.4)	6 (11.5)	0
Morphine	2 (1.1)	13 (25.0)	4 (50.0)
Meperidine	1 (0.6)	15 (28.8)	2 (25.0)
Total	178	52	8

Table 4. Logistic regression analysis of the factors affecting analgesics administration more than twice

Variables	Significance	Odds ratio	95% confidence interval	
			lower	upper
Univariate analysis				
Age	0.201	0.984	0.960	1.009
Sex	0.223	0.659	0.338	1.288
Pain duration	0.710	0.995	0.970	1.021
Pain scale	0.061	1.177	0.993	1.395
CVAT	0.138	1.735	0.837	3.594
Stone location	0.167	1.581	0.826	3.027
Stone size	0.003*	0.750	0.620	0.907
Side	0.869	0.948	0.501	1.794
Hydronephrosis	0.684	1.142	0.601	2.170
Visible in KUB	0.698	0.875	0.445	1.719

CVAT: Costovertebral angle tenderness, KUB: Kidney ureter bladder

타글란딘(prostaglandin)의 합성을 억제함으로써 들세동맥(afferent arteriole)의 혈류 증가를 줄여 요관의 압력을 줄여줌과 동시에 요관 평활근의 수축을 억제시켜 통증을 감소시킨다^[6,10]. 이러한 통증 발생 기전에 결석의 크기와 요관 폐쇄 정도가 어떤 차이를 일으키게 되고 진통제에 의한 효과를 달라지게 하는 지에 대한 연구는 아직 이루어지지 않았다. 작은 결석이 움직이면서 지속적으로 요관 내막을 자극함으로써 통증 조절을 어렵게 할 수 있지 않을까 추측해 보지만 본 연구만으로는 증명하기 어려운 부분으로 요관결석의 크기에 따라 통증 기전에 미치는 영향을 연구해볼 필요가 있다. 결석의 크기나 자연배출 가능성은 예측할 수 있는 임상적 요인들을 찾을 수 있다면 비용 효과 면에서 검사 및 치료방침의 효율적인 선택에 도움이 되리라 생각된다.

본 연구의 제한점은 첫째, 미세한 요관결석인 경우 5 mm 간격의 영상에서는 안보일 수 있어서 연구 대상에서 제외되었을 가능성이 있다. 또한 전산화단층촬영만으로 결석의 크기를 측정하였기 때문에 크기에 오차가 있을 수 있다. 둘째, 요관결석의 치료에 일정한 프로토콜이 없었다는 점이다. 본 연구에서는 진통제가 두 차례 이상 투여된 환자를 통증조절이 잘 되지 않는 군으로 구분하였는데, 진통제의 선택은 해당 환자를 진료한 의사가 자율적으로 판단하였고 이차 약제 투여 역시 프로토콜이 없이 의사 개개인의 판단에 따라 결정되었기 때문에 진통제 투여횟수는 객관적인 지표로서 한계를 지닌다.

결 론

응급실에서 전산화단층촬영을 통해 요관결석이 진단된 환자들을 분석한 결과 결석은 대부분 근위부 요관과 요관방광이행부에 위치하였다. 요관결석의 크기가 클수록 통증이 기간이 길수록 수신증이 많이 동반되었다. 두 차례 이상 진통제가 투여된 환자들은 그렇지 않은 환자들에 비해 결석의 크기가 작은 특성을 보였고 결석의 위치나 수신증 여부는 유의한 차이를 보이지 않았다.

참고문헌

- Pearle MS, Calhoun EA, Curhan GC. Urologic diseases in America project: urolithiasis. *J Urol* 2005;173:848-57.
- Teichman JM. Clinical practice. Acute renal colic from ureteral calculus. *N Engl J Med* 2004;350:684-93.
- Smith RC, Rosenfield AT, Choe KA, Essenmacher KR, Verga M, Glickman MG, et al. Acute flank pain: comparison of non-contrast-enhanced CT and intravenous urography. *Radiology* 1995;194:789-94.
- Yilmaz S, Sindel T, Arslan G, Ozkaynak C, Karaali K, Kabaalioglu A, et al. Renal colic: comparison of spiral CT, US and IVU in the detection of ureteral calculi. *Eur Radiol* 1998;8:212-7.
- Erwin BC, Carroll BA, Sommer FG. Renal colic: the role of ultrasound in initial evaluation. *Radiology* 1984;152: 147-50.
- Mendelson RM, Arnold-Reed DE, Kuan M, Wedderburn AW, Anderson JE, Sweetman G, et al. Renal colic: a prospective evaluation of non-enhanced spiral CT versus intravenous pyelography. *Australas Radiol* 2003;47:22-8.
- Cullen IM, Cafferty F, Oon SF, Manecksha R, Shields D, Grainger R, et al. Evaluation of suspected renal colic with noncontrast CT in the emergency department: a single institution study. *J Endourol* 2008;22:2441-5.
- Coll DM, Varanelli MJ, Smith RC. Relationship of spontaneous passage of ureteral calculi to stone size and location as revealed by unenhanced helical CT. *AJR Am J Roentgenol* 2002;178:101-3.
- Phillips E, Kieley S, Johnson EB, Monga M. Emergency room management of ureteral calculi: current practices. *J Endourol* 2009;23:1021-4.
- Eisner BH, Reese A, Sheth S, Stoller ML. Ureteral stone location at emergency room presentation with colic. *J Urol* 2009;182:165-8.
- Song HJ, Cho ST, Kim KK. Investigation of the location of the ureteral stone and diameter of the ureter in patients with renal colic. *Korean J Urol* 2010;51:198-201.
- Eisner BH, Pedro R, Namasivayam S, Kambadakone A, Sahani DV, Dretler SP, et al. Differences in stone size and ureteral dilation between obstructing proximal and distal ureteral calculi. *Urology* 2008;72:517-20.
- Kishore TA, Pedro RN, Hinck B, Monga M. Estimation of size of distal ureteral stones: noncontrast CT scan versus actual size. *Urology* 2008;72:761-4.
- Resnick MI, Novick AC. *Urology Secrets*. 3rd ed. New York: Elsevier; 2002. p.300.
- Brunicardi FC, Andersen DK, Billiar TR, Dunn DL, Hunter JG, Pollock RE. *Schwartz's Principles of Surgery*. 8th ed. Columbus, Ohio: McGraw Hill; 2004. p.2000.
- Ripolles T, Agramunt M, Errando J, Martinez MJ, Coronel B, Morales M. Suspected ureteral colic: plain film and sonography vs unenhanced helical CT. A prospective study in 66 patients. *Eur Radiol* 2004;14:129-36.
- Sheaford DH, Hertzberg BS, Freed KS, Carroll BA, Keegan MT, Paulson EK, et al. Nonenhanced helical CT and US in the emergency evaluation of patients with renal colic: prospective comparison. *Radiology* 2000;217:792-7.
- Varanelli MJ, Coll DM, Levine JA, Rosenfield AT, Smith RC. Relationship between duration of pain and secondary

- signs of obstruction of the urinary tract on unenhanced helical CT. *AJR Am J Roentgenol* 2001;177:325-30.
19. Mos C, Holt G, Iuhasz S, Mos D, Teodor I, Halbac M. The sensitivity of transabdominal ultrasound in the diagnosis of ureterolithiasis. *Med Ultrason* 2010;12:188-97.
 20. Watkins S, Bowra J, Sharma P, Holdgate A, Giles A, Campbell L. Validation of emergency physician ultrasound in diagnosing hydronephrosis in ureteric colic. *Emerg Med Australas* 2007;19:188-95.
 21. Baumann BM, Chen EH, Mills AM, Glaspey L, Thompson NM, Jones MK, et al. Patient perceptions of computed tomographic imaging and their understanding of radiation risk and exposure. *Ann Emerg Med* 2011;58:1-7 e2.
 22. Preminger GM, Tiselius HG, Assimos DG, Alken P, Buck C, Gallucci M, et al. 2007 guideline for the management of ureteral calculi. *J Urol* 2007;178:2418-34.
 23. Hubner WA, Irby P, Stoller ML. Natural history and current concepts for the treatment of small ureteral calculi. *Eur Urol* 1993;24:172-6.
 24. Prina LD, Rancatore E, Secic M, Weber RE. Comparison of stone size and response to analgesic treatment in pre-dicting outcome of patients with renal colic. *Eur J Emerg Med* 2002;9:135-9.
 25. Shokeir AA. Renal colic: new concepts related to pathophysiology, diagnosis and treatment. *Curr Opin Urol* 2002;12:263-9.
 26. Zabihi N, Teichman JMH. Dealing with the pain of renal colic. *The Lancet* 2001;358:437-8.
 27. Shokeir AA. Renal colic: pathophysiology, diagnosis and treatment. *Eur Urol* 2001;39:241-9.
 28. Moody TE, Vaughn ED Jr, Gillenwater JY. Relationship between renal blood flow and ureteral pressure during 18 hours of total unilateral urethral occlusion. Implications for changing sites of increased renal resistance. *Invest Urol* 1975;13:246-51.
 29. Felsen D, Schulsinger D, Gross SS, Kim FY, Marion D, Vaughan ED Jr. Renal hemodynamic and ureteral pressure changes in response to ureteral obstruction: the role of nitric oxide. *J Urol* 2003;169:373-6.
 30. Cole RS, Fry CH, Shuttleworth KE. The action of the prostaglandins on isolated human ureteric smooth muscle. *Br J Urol* 1988;61:19-26.