

# 체외충격파쇄석술의 치료효과에 대한 예측인자로서의 요석의 Hounsfield Units

## Hounsfield Units of Urinary Calculi as a Predictor of the Therapeutic Effect of Extracorporeal Shockwave Lithotripsy

Hyun Soo Chae, Seong Ho Lee

From the Department of Urology, College of Medicine, Hallym University, Chuncheon, Korea

**Purpose:** Non-enhanced spiral computed tomography (NESCT) has become the preferred method for imaging urinary calculi. We evaluated the Hounsfield units (HU) of urinary calculi on NESCT as a predictor of the therapeutic effect of extracorporeal shockwave lithotripsy (ESWL).

**Materials and Methods:** We evaluated 72 patients with urinary calculi who underwent ESWL. The HUs of calculi were measured on the pretreatment NESCT and at post-treatment via radiographic assessment. The patients were divided into 2 groups, the response group (n=39): the patients with remnant calculi less than 3mm or they were without remnant calculi, and the non-response group (n=33): the patients with remnant calculi greater than 3mm. The HUs of the response and non-response groups were then compared.

**Results:** The HUs of the response and non-response groups were  $529.7 \pm 168.2$  and  $814 \pm 116.6$ , respectively, and the HUs of the non-response group was significantly higher than that of the non-response group.

**Conclusions:** The HU of urinary calculi, as seen on NESCT, can help to predict the therapeutic effect of ESWL and also select the most effective treatment modalities for the patients suffering with urinary calculi. (Korean J Urol 2006;47:70-74)

**Key Words:** Urinary calculi, Tomography, Lithotripsy

대한비뇨기과학회지  
제 47 권 제 1 호 2006

한림대학교 의과대학 비뇨기과학교실

채현수 · 이성호

접수일자 : 2005년 6월 13일  
채택일자 : 2005년 10월 17일

교신저자: 이성호  
한림대학교 의과대학  
춘천성심병원 비뇨기과  
강원도 춘천시 교동 153번지  
☎ 200-704  
TEL: 033-252-9970  
(교환: 161)  
FAX: 033-255-6244  
E-mail: shleeuro@hallym.ac.kr

### 서 론

요석은 일생동안 12% 정도의 이환율을 보이고 5년 이내에 50% 정도의 재발률을 보이는 요로계에 발생하는 가장 흔한 질환 중 하나이다.<sup>1,2</sup> 이러한 요석의 진단에는 전통적으로 배설성요조영술이 많이 이용되어 왔으나 최근 들어 배설성요조영술보다 높은 정확도와 빠른 검사시간 등의 장점을 가진 non-enhanced spiral computed tomography (NESCT)의 유용성이 많이 보고되고 있다.<sup>3,6</sup>

이러한 NESCT는 요석의 진단 외에도 요석의 크기, 수, 모양 그리고 위치 등에 대한 정확한 정보를 제공하고 또한 방사선밀도를 나타내는 단위인 Hounsfield units (HU)를 이용하여 요석의 성분을 예측하는 데 도움을 줄 수 있다고

알려져 있다.<sup>7-10</sup>

최근 들어 NESCT에서 측정할 수 있는 요석의 HU를 이용하여 요석의 대표적인 치료방법인 체외충격파쇄석술의 치료효과를 미리 예측할 수 있다는 실험적인 보고가 있었지만<sup>11</sup> 아직까지 이에 대한 임상보고는 많이 이루어지지 않고 있다.

이에 저자들은 임상적으로 요석의 HU가 체외충격파쇄석술의 치료효과를 예측하는 데 도움을 줄 수 있는지를 알아보기 위해 다음과 같은 연구를 하였다.

### 대상 및 방법

2002년 3월부터 2004년 12월까지 NESCT를 이용하여 요석을 진단받고 체외충격파쇄석술을 시행받은 환자 중 요석

의 위치가 상부요관이고 장경이 5-15mm인 72명을 대상으로 하였다. 대상환자의 평균연령은  $46.9 \pm 9.8$ 세, 남녀비율은 3:1이었고 요석의 평균크기는  $9.5 \pm 2.6$ mm였다.

모든 환자에서 신체검사, 요검사, 단순복부촬영과 NESCT를 시행하였고 NESCT는 Somatom plus 4 (Siemens, Erlangen, Germany) 기종을 사용하여 전처치 없이 내원 수시간 내에 시행하였고 촬영 시 그 에너지는 120kV, 270mA였다. 1.5피치를 주어 1번 요추상면부터 치골하연까지 5mm 간격의 횡단면을 얻었고 검사 시 조영제는 사용되지 않았다. 요석음영이 요관내강 안 또는 요관주행 방향에서 확인된 경우 요석으로 진단하였다 (Fig. 1A). HU의 측정은 용적평균효과 (volume averaging effect)를 최소화하기 위해 요석이 관찰되는 연속되는 단면 중에서 중간단면의 요석음영에서 측정하였고, 요석음영의 중앙에 2mm 지름의 원을 그리고 내부화소의 HU들의 평균값을 구하였다 (Fig. 1B).

체외충격파쇄석술은 GENESTONE 190 lithotripter (GeNe-Med, Germany)를 이용하여 20-22kV의 에너지로 2,000-3,000회 정도로 시행하였다. 요석의 HU에 대한 정보 없이 체외충격파쇄석술 시행 1주일 후에 단순복부촬영을 시행하여 잔석 여부를 확인하였고 잔석이 없거나 잔석의 크기가 3mm 이하인 경우를 반응군으로 3mm보다 큰 잔석이 남은 경우를 비반응군으로 분류하였다.

두 군에서 요석의 HU를 비교하였고 각 군의 환자를 요석

의 크기가 10mm 미만인 경우와 10mm 이상인 경우로 나누어 두 군에서 HU를 비교하였다.

통계분석은 chi-square test와 Student's t-test (unpaired)를 이용하였고, p값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 판정하였다.

## 결 과

72명의 환자 중 39명 (54%)의 환자가 반응군으로 33명 (46%)의 환자가 비반응군으로 분류되었고 각 군에서의 평균연령과 남녀비율은 각각  $47.4 \pm 10.3$ 세와  $46.5 \pm 9.7$ 세, 3.3:1과 2.7:1이었고 요석의 크기는  $8.9 \pm 2.2$ mm와  $10.3 \pm 2.9$ mm로 각 군에서 통계학적으로 유의있는 차이는 없었다. 반응군과 비반응군에서의 HU의 평균값은 각각  $529.7 \pm 168.2$ ,  $814 \pm 116.6$ 이었고 비반응군의 HU가 반응군보다 통계학적으로 유의있게 높았다 ( $p < 0.05$ ) (Table 1).

각 군의 환자를 요석의 크기가 10mm 미만인 경우와 10mm 이상인 경우로 나누었을 때 반응군 환자 39명 중 21명 (54%)에서 요석의 크기가 10mm 미만이었고 18명 (46%)에서 10mm 이상이었고 비반응군 33명의 환자 중 19명 (58%)에서 크기가 요석의 크기가 10mm 미만이었고 14명 (42%)에서 10mm 이상이었다 (Table 1). 요석의 크기가 10mm 미만인 경우 반응군과 비반응군에서의 HU의 평균값

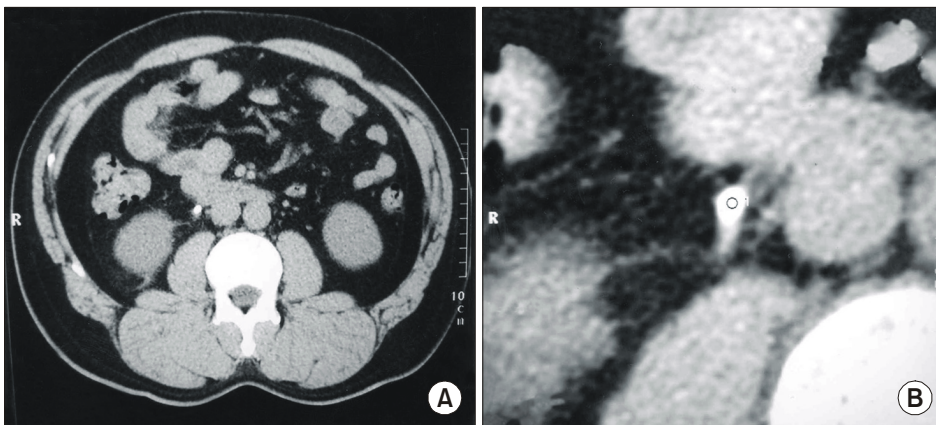


Fig. 1. (A) One calculus is demonstrated in right upper ureter. (B) The mean Hounsfield unit (HU) values in the selected area is measured.

Table 1. Comparison of Hounsfield units (HUs) in both groups according to the stone size

	Response group (No.)	Non-response group (No.)	p-value
All stones	$529.7 \pm 168.2$ (39)	$814 \pm 116.6$ (33)	$< 0.05$
5-10mm	$493.2 \pm 160.4$ (21)	$786.4 \pm 125.7$ (19)	$< 0.05$
10-15mm	$572.2 \pm 171.6$ (18)	$851.5 \pm 94.5$ (14)	$< 0.05$

은 각각  $493.2 \pm 160.4$ ,  $786.4 \pm 125.7$ , 10mm 이상인 경우 각각  $572.2 \pm 171.6$ ,  $851.5 \pm 94.5$ 였고 요석의 크기가 10mm 미만인 경우와 10mm 이상인 경우 모두에서 비반응군의 HU가 통계학적으로 유의있게 높았다 ( $p < 0.05$ ) (Table 1).

## 고 찰

비뇨기과 영역에서 가장 흔한 질환 중 하나인 요석의 치료법은 최근 20여 년 동안 많은 변화가 있었고 계속해서 비침습적이고 이환율을 줄이는 방향으로 발전하고 있다. 이러한 치료방법 중 대표적인 것이 체외충격파쇄석술이다. 1980년대 Chaussy 등<sup>12</sup>이 임상에 처음 도입한 이래 비침습적이고 대부분의 경우 입원 및 마취가 필요없으며 상당히 높은 성공률을 보이는 장점으로 인하여 현재까지 가장 많이 이용되는 요석의 치료법 중 하나이다.<sup>13</sup> 하지만 1회 성공률이 48-87%로 저조하여 재치료율이 높다는 단점이 있고 체외충격파쇄석술의 성공률은 요석의 크기, 매복된 정도, 성분 그리고 방사선밀도 등 많은 요소들에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다.<sup>13,14</sup>

이러한 이유로 요석의 효과적인 치료를 위해 체외충격파쇄석술의 성공에 영향을 주는 요인들에 대한 많은 연구가 있어 왔고 이들 중 요석의 방사선밀도를 이용하여 체외충격파쇄석술에 대한 치료효과를 예측하려는 연구도 예전부터 보고되었다.

Mattelaer 등<sup>15</sup>은 비슷한 크기의 요석들에서 단순촬영에서의 요석의 방사선밀도가 높은 경우에 낮은 경우보다 요석의 분쇄를 위해 평균적으로 1.7배의 충격파가 필요하다고 보고하였고, Bon 등<sup>16</sup>은 단순촬영에서 요석의 방사선밀도가 척추보다 높거나 요석음영이 부드러운 경우 그렇지 않은 경우보다 체외충격파쇄석술의 치료효과가 떨어지기 때문에 이런 경우 체외충격파쇄석술의 치료효과를 높이고 요석의 치료비용 절감을 위해 다른 치료의 시행을 고려하라고 권고하였다.

하지만 이러한 선행된 연구들은 단순촬영에서의 요석의 방사선밀도를 기준으로 하였기 때문에 요석의 방사선밀도 측정이 주관적, 비정량적이고 또한 방사선밀도의 측정이 장내가스 등 사진의 상태에 따라 달라질 수 있기 때문에 연구결과를 표준화하고 임상적으로 적용하는 데는 제한이 있었다.

최근 들어 요석의 진단에 NESCT가 많이 이용되고 있고 이러한 검사방법은 기존의 방법인 배설성요조영술보다 요석을 더욱 빠르고 정확하게 진단할 수 있고 그 외에도 전처치가 필요없고 조영제를 사용하지 않는 등의 여러 가지 장점을 가지고 있어 많은 연구들에서 NESCT가 배설성

요조영술 등의 기존 검사방법보다 요석의 진단에 유용한 것으로 보고하고 있다.<sup>3,6</sup> 이러한 유용성 외에도 요석 진단 시에 NESCT를 이용하면 단순촬영보다 정확하게 요석의 방사선밀도 측정이 가능하다. 실제로 Federle 등<sup>17</sup>은 단순촬영에서는 5% 정도 이상의 밀도차만을 구분할 수 있는데 반해 CT를 이용하면 0.5%까지의 방사선밀도 차이를 구분할 수 있다고 하여 CT를 이용한 방사선밀도 측정의 우수성을 보고하였고 최근 들어 NESCT를 이용한 요석의 HU측정으로 보다 정확하게 체외충격파쇄석술의 치료효과를 예측하려는 연구들이 보고되고 있다.

Saw 등<sup>11</sup>은 경피적신결석술에서 얻은 요석들에 대해 NESCT를 시행하여 HU를 측정하고 요석을 인공뇨가 채워진 용기에 넣어 체외충격파쇄석술을 시행하였고 요석의 HU가 높을수록 요석의 분쇄에 많은 횟수의 충격파가 필요한 것을 확인하여 요석의 HU가 체외충격파쇄석술의 치료효과를 예측할 수 있다고 보고하였고 실험적이긴 하나 이러한 연구를 통하여 NESCT가 요석의 정확한 진단뿐만 아니라 요석의 치료방법을 결정하는 중요한 도구로 이용될 수 있는 가능성을 처음으로 제시하였다. 이후 Joseph 등<sup>18</sup>은 20mm 이하 크기의 신석환자 30명을 대상으로 신석의 HU와 체외충격파쇄석술의 치료결과를 비교하여 요석의 HU가 높을수록 요석의 분쇄에 많은 횟수의 충격파가 필요하고 체외충격파쇄석술을 이용한 요석분쇄가 실패할 가능성이 높다는 연구결과를 통해 처음으로 NESCT의 HU 측정에 대한 임상적 유용성에 대해 보고하였다. 하지만 Joseph 등<sup>18</sup>의 연구는 대상환자가 적고 5-20mm의 다양한 크기의 요석을 대상으로 일괄적인 비교가 이루어졌다는 단점이 있다. 그 후에 Gupta 등<sup>19</sup>과 Pareek 등<sup>20</sup>은 100명 이상의 신석과 상부 요관석환자를 대상으로 한 각각의 연구에서 요석의 HU가 높을수록 요석분쇄에 더 많은 횟수의 체외충격파쇄석술이 필요하고 체외충격파쇄석술 후 잔석이 남은 군에서의 요석의 HU가 잔석이 남지 않은 군보다 유의있게 높아서 요석의 HU가 체외충격파쇄석술의 치료효과를 예측하는 데 도움을 줄 수 있다고 하였다. 이는 본 연구와 비슷한 결과이고 특히 Pareek 등<sup>20</sup>의 연구에서는 체외충격파쇄석술 후 잔석이 남지 않은 군과 잔석이 남은 군에서 요석의 HU뿐만 아니라 환자의 체질량지수를 비교하여 잔석이 남은 군에서의 체질량지수가 유의있게 높았다고 하여 요석환자의 체질량지수도 요석의 HU처럼 체외충격파쇄석술의 치료효과를 예측하는데 이용될 수 있을 것이라고 주장하였다. 또한 요석성분에 대한 화학적 분석을 통해 요산석의 HU가 칼슘석보다 유의있게 낮았다고 보고하여 칼슘석과 요산석의 감별에 대한 또 다른 HU의 역할에 대해 시사하였고 향후 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

본 연구는 요석의 크기가 5-15mm인 상부요관석 환자만을 대상으로 하였다. 이는 체외충격파쇄석술의 치료와 상관없이 요석이 자연 배출되어 발생하는 오류를 줄이기 위해 상부요관석 환자만을 대상으로 하였고 요석 크기의 다양성으로 인한 오류를 줄이고 비교적 체외충격파쇄석술의 반응이 떨어진다고 알려져 있는<sup>21-23</sup> 10mm 이상의 요석에 대한 치료효과를 정확히 알아보기 위해 요석의 크기를 10mm 미만과 10mm 이상으로 나누어 비교해 보았다.

저자들의 연구에서 요석의 크기가 10mm 미만인 경우와 10mm 이상인 경우 모두에서 치료효과가 좋지 않았던 비반응군에서 요석의 HU가 의의있게 높았고 이러한 결과를 기준으로 10mm 미만의 요석뿐만 아니라 비교적 체외충격파쇄석술의 성공률이 낮아 다른 치료방법이 같이 이용되는 10mm 이상 요석의 치료 시 치료 전 요석의 HU를 측정하여 치료방법 결정에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다. 또한 체외충격파쇄석술을 시행하는 경우에도 환자에게 치료에 대한 반응 및 기간에 대해 어느 정도 정확한 정보를 제공하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

단, 본 연구는 5-15mm 크기의 상부요관석만을 대상으로 하였기 때문에 향후 신석 및 하부요관석과 15mm 이상의 요석에 대한 추가 연구가 필요하고 앞으로 요석의 HU와 체외충격파쇄석술의 치료효과에 대한 더 많은 연구가 이루어진다면 요석의 크기 및 위치에 따른 체외충격파쇄석술을 시행하는 HU의 절단값이 정의될 수 있을 것이고 HU가 요석의 치료방법을 결정하는 보다 유용한 도구로 이용되어, 요석을 진단하는 데 있어 NESCT의 임상적 중요성이 더욱 커지게 될 것이다. 추가로 NESCT에서 측정할 수 있는 HU는 일정부위의 방사선밀도를 정확히 나타내지만 그 외에도 단면의 두께, 촬영 시 에너지 등에 의해 영향을 받고 용적평균효과 (volume averaging effect)로 인해 단면의 두께가 얇아질수록 HU가 증가한다고 알려져 있다.<sup>24</sup> 따라서 향후 이에 대한 표준화가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

## 결 론

NESCT에서 측정되는 요석의 HU를 이용하여 요석에 대한 체외충격파쇄석술의 치료효과를 예측할 수 있고 더 많은 연구가 필요하겠지만 요석의 HU는 요석의 치료방법을 결정하는 기준으로 이용될 수 있을 것으로 생각한다.

## REFERENCES

1. Sierakowski R, Finlayson B, Landes RR, Finlayson CD, Sierakowski N. The frequency of urolithiasis in hospital discharge diagnoses in the United States. *Invest Urol* 1978;15:438-41
2. Leusmann DB, Niggemann H, Roth S, von Ahlen H. Recurrence rates and severity of urinary calculi. *Scand J Urol Nephrol* 1995;29:279-83
3. Ahn SS, Lee SH, Kang IM. The value of non-enhanced spiral CT in the diagnosis of suspected urolithiasis. *Korean J Urol* 2002;43:1008-13
4. Smith RC, Verga M, McCarthy S, Rosenfield AT. Diagnosis of acute flank pain: value of unenhanced helical CT. *AJR Am J Roentgenol* 1996;166:97-101
5. Smith RC, Verga M, Dalrymple N, McCarthy S, Rosenfield AT. Acute ureteral obstruction: value of secondary signs of helical unenhanced CT. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:1109-13
6. Levine JA, Neitlich J, Verga M, Dalrymple N, Smith RC. Ureteral calculi in patients with flank pain: correlation of plain radiography with unenhanced helical CT. *Radiology* 1997;204:27-31
7. Olcott EW, Sommer FG, Napel S. Accuracy of detection and measurement of renal calculi: in vitro comparison of three-dimensional spiral CT, radiography, and nephrotomography. *Radiology* 1997;204:19-25
8. Narepalem N, Sundaram CP, Boridy IC, Yan Y, Heiken JP, Clayman RV. Comparison of helical computerized tomography and plain radiography for estimating urinary stone size. *J Urol* 2002;167:1235-8
9. Mostafavi MR, Ernst RD, Saltzman B. Accurate determination of chemical composition of urinary calculi by spiral computerized tomography. *J Urol* 1998;159:673-5
10. Nakada SY, Hoff DG, Attai S, Heisey D, Blankenbaker D, Pozniak M. Determination of stone composition by noncontrast spiral computed tomography in the clinical setting. *Urology* 2000;55:816-9
11. Saw KC, McAteer JA, Fineberg NS, Monga AG, Chua GT, Lingeman JE, et al. Calcium stone fragility is predicted by helical CT attenuation values. *J Endourol* 2000;14:471-4
12. Chaussy C, Schuller J, Schmiedt E, Brandl H, Jocham D, Liedl B. Extracorporeal shock-wave lithotripsy (ESWL) for treatment of urolithiasis. *Urology* 1984;23:59-66
13. Singal RK, Denstedt JD. Contemporary management of ureteral stones. *Urol Clin North Am* 1997;24:59-70
14. Politis G, Griffith DP. ESWL. Stone-free efficacy based upon stone size and location. *World J Urol* 1987;5:225-8
15. Mattelaer P, Schroder T, Fischer N, Jakse G. In situ extracorporeal shockwave lithotripsy of distal ureteral stones: parameters for therapeutic success. *Urol Int* 1994;53:87-91
16. Bon D, Dore B, Irani J, Marroncle M, Aubert J. Radiographic prognostic criteria for extracorporeal shock-wave lithotripsy: a study of 485 patients. *Urology* 1996;48:556-60
17. Federle MP, McAninch JW, Kaiser JA, Goodman PC, Roberts J, Mall JC. Computed tomography of urinary calculi. *AJR Am J Roentgenol* 1981;136:255-8

1. Sierakowski R, Finlayson B, Landes RR, Finlayson CD, Sierakowski N. The frequency of urolithiasis in hospital discharge

18. Joseph P, Mandal AK, Singh SK, Mandal P, Sankhwar SN, Sharma SK. Computerized tomography attenuation value of renal calculus: Can it predict successful fragmentation of the calculus by extracorporeal shock wave lithotripsy? A preliminary study. *J Urol* 2002;167:1968-71
  19. Gupta NP, Ansari MS, Kesarvani P, Kapoor A, Mukhopadhyay S. Role of computed tomography with no contrast medium enhancement in predicting the outcome of extracorporeal shock wave lithotripsy for urinary calculi. *BJU Int* 2005;95:1285-8
  20. Pareek G, Armenakas NA, Panagopoulos G, Bruno JJ, Fracchia JA. Extracorporeal shock wave lithotripsy success based on body mass index and Hounsfield units. *Urology* 2005;65:33-6
  21. Byeon SS, Jeon SS, Lee HW, Park EC, Lee JH, Kwak C, et al. Ureteroscopic manipulation for ureteral calculi: comparison with ESWL. *Korean J Urol* 1996;37:1124-31
  22. Erturk E, Herrman E, Cockett AT. Extracorporeal shock wave lithotripsy for distal ureteral stones. *J Urol* 1993;149:1425-6
  23. Kim SS, Sung BM, Ahn SH. Comparison of shock wave lithotripsy (SWL) and rigid ureteroscopic stone removal (URS) for treatment of upper ureteral stones. *Korean J Urol* 2004;45:444-8
  24. Dretler SP, Spencer BA. CT and stone fragility. *J Endourol* 2001;15:31-6
-