

Medical

## 일개 병원에서 STONE score와 modified STONE score의 외적 타당성 평가

이동욱<sup>1</sup> · 서범석<sup>1</sup> · 조영순<sup>2</sup> · 임 훈<sup>2</sup> · 조준호<sup>3</sup> · 이선화<sup>4</sup>

<sup>1</sup>을지대학교 을지병원 응급의학과, <sup>2</sup>순천향대학교 부천병원 응급의학과,  
<sup>3</sup>연세대학교 의과대학 응급의학교실, <sup>4</sup>인제대학교 상계백병원 응급의학과

### External validation of STONE score and modified STONE score

Dong Wuk Lee<sup>1</sup>, Beom Sok Seo<sup>1</sup>, Young Soon Cho<sup>2</sup>, Hoon Lim<sup>2</sup>, Jun Ho Cho<sup>3</sup>, Sunhwa Lee<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Emergency Medicine, Nowon Eulji Medical Center, Eulji University, Seoul,

<sup>2</sup>Department of Emergency Medicine, Soonchunhyang University Bucheon Hospital, Bucheon,

<sup>3</sup>Department of Emergency Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul,

<sup>4</sup>Department of Emergency Medicine, Inje University Sanggye Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Seoul, Korea

**Objective:** The STONE score and modified STONE score are useful clinical prediction rules for ureteral calculi. This study performed an external validation of the STONE score and modified STONE score. The purpose of this study was to minimize the economic cost and radiation exposure of computed tomography.

**Methods:** The electronic medical records of patients complaining of flank pain from January 2016 to December 2017 at a single emergency department were reviewed retrospectively. The patients were classified into three groups according to the STONE score and modified STONE score. The prevalence of urethral calculi and other important alternative diagnoses were calculated in each group.

**Results:** Out of 561 patients, 266 patients were enrolled in this study, and 222 patients (83.5%) had a ureteral calculus. The same 266 patients were compared using the two clinical decision rule, STONE score, and the modified STONE score. The patients were classified into three groups. The prevalence of ureteral stones in the STONE score was 18.8% in the low-score group, 81.7% in the moderate-score group, and 91.1% in the high-score group. The prevalence of the modified STONE score was 20.0% in the low-score group, 54.1% in the moderate-score group, and 93.0% in the high-score group. The area under the curve of the modified STONE score was 0.779 higher than the area under the STONE score curve 0.73.

**Conclusion:** The modified STONE score has superior diagnostic specificity to the STONE score.

**Keywords:** Ureteral calculi; X-ray computed tomography; Clinical decision support systems

## 서 론

요로 결석은 응급실로 내원하는 흔한 질병이다. 일반적으로 환자들은 갑작스러운 옆구리 통증, 메스꺼움, 구토,

그리고 다양한 배뇨 증상을 경험한다.<sup>1</sup>

요로 결석은 최근 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 미국 국립 보건 영양 검사 조사(U.S. National Health and Nutrition Examination Survey)에 따르면, 미국에서 요로결석 진단을 받은 환자가 1994년도에는 남성 6.3%, 여

책임저자: 서 범 석

서울특별시 노원구 한글비석로 68

을지대학교 을지병원 응급의학과

Tel: 02-970-8282, Fax: 02-970-8865, E-mail: buddy57@hanmail.net

접수일: 2019년 5월 21일, 1차 교정일: 2019년 7월 18일, 게재승인일: 2019년 9월 9일

## Capsule Summary

### What is already known in the previous study

The modified STONE score is derived from the STONE score.

### What is new in the current study

The modified STONE score has diagnostic specificity that is superior to the STONE score.

성 4.1%, 2012년도에는 10.6%, 7.1%로 이전에 비하여 약 70%가 증가했다.<sup>2</sup>

한국에서도 응급실에서 요로결석으로 진단받고 치료받은 환자들이 지속적으로 증가해왔다. 일반적으로 요로결석의 유병률은 여성보다 남성에서 더 많지만, 최근 들어서 여성환자들의 응급실 방문이 이전보다 크게 증가하고 있다.<sup>3</sup> 이런 점들로 인하여 응급실 방문은 꾸준히 증가하고 있고, 의료비의 경제적 부담 또한 증가하고 있다.

현재는 복부 컴퓨터단층촬영이 검사 시간의 단축, 높은 정확도, 결석의 크기 확인 및 위치 확인의 용이성, 다른 감별 질환의 진단 등의 장점이 있어 경정맥요조영술(intravenous urography)을 대신하여 요로결석을 확진 하는 표준이 되고 있다.<sup>4</sup> 하지만 최근에는 높은 방사선 노출량과 경제적인 부담 증가로 인하여 컴퓨터단층촬영에 대한 고민이 많아지고 있다.<sup>5</sup>

특히, 최근에는 어린이와 청소년들 사이에서 요로결석의 발생률이 증가하고 있다.<sup>6</sup> 그리고 요로 결석의 5년 이내 재발률은 30%에서 50%까지로 매우 높다.<sup>2</sup> 이런 요로 결석의 특징들 때문에 환자들은 반복되는 방사선 검사에 따른 방사선 누적 피폭량이 증가하고 있다. 가장 큰 문제점은 매우 적은 양의 방사선 노출에도 암이 발생할 수 있으며, 특히 젊은 환자들이 점차 방사선에 노출될 가능성이 높아지고 있다는 점이다.<sup>5,7</sup>

의료 서비스 제공으로 인한 방사선 피폭을 최소화하기 위해 환자들의 평생 총 누적 방사선량과 짧은 기간에 일어나는 집중 방사선 피폭 관리에 대하여 강조되기 시작했다. 이제는 비뇨의학과 분야에서도 옆구리 통증 환자들에 대하여 검사를 할 때 방사선 피폭을 줄이는 것이 주요 관심사 중 하나가 되었다.

그래서 최근에 요로 결석 환자들을 임상적으로 예측하고 방사선 검사를 줄일 수 있는 진단 도구들에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있다. CHOKAI score,<sup>8</sup> STONE score,<sup>9</sup> STONE PLUS,<sup>10</sup> modified STONE score 등<sup>11</sup>이 임상적 예측 도구로써 연구되었다.

이 중에서 2014년도에 Moore 등<sup>8</sup>에 의해 STONE

score가 처음 도출되었다. STONE score는 5개 범주의 가중 합계로 계산된 임상 예측 도구이다. Wang 등<sup>11</sup>은 STONE score의 외부 타당성을 평가하였고, 여기에서 점수가 높은 그룹을 양성 결과로 선택할 때 민감도와 특이도가 각각 53%, 87%로 예측 도구로써는 제한이 있다고 판단했다. 또한 STONE score에서 인종이 변수로서 의미가 없어 이런 부분에 대한 보완이 필요하다고 지적했다.<sup>12</sup> 인종에 대한 논의는 modified STONE score에 대한 연구가 이루어지는 배경이 되었다.

이러한 한계점을 보완하기 위하여 2016년도에 Kim 등<sup>10</sup>은 modified STONE score를 제안하게 되었다. 이것은 원래 STONE score와 비슷한 형태의 예측 도구이나 다른 여러 가지 예측 인자들에 대하여 다변량 분석을 시행한 방법이다. 그 중에서 요로결석 과거력을 가진 경우와 0.5 mg/kg 미만의 C-반응성단백질(C-reactive protein, CRP)라는 새로운 변수가 보다 더 의미 있다고 판단했다. 내적 타당성을 평가하여 요로결석 환자를 임상적으로 예측하는 도구로써 기존의 STONE score보다 의미 있다고 판단했다.<sup>11</sup>

본 연구의 목적은 요로결석에 대한 임상 예측 도구로써 STONE score와 modified STONE score를 비교하여 각각의 진단적 도구로써 외적 타당성을 평가하여 보다 더 효과적인 방법을 찾는 데에 있다.

## 방 법

### 1. 연구 디자인

이 연구에서는 단일 지역응급의료센터로 방문한 환자들 중에서 옆구리 통증을 호소하는 환자들을 대상으로 하였다. 전자의무기록(electronic medical record)를 이용하여 연구를 설계했다. 환자들에게 직접 서면 동의를 받지는 않았다.

### 2. 연구 대상

이 연구는 연간 4만 명 정도의 환자가 방문하는 3차 종합병원에서 2016년 1월부터 2017년 12월까지 방문한 환자들을 대상으로 실시되었다. 본 병원에서는 방사선학적 검사는 비조영 증강 또는 조영 증강 복부 컴퓨터단층촬영으로 수행되었다. 연구 포함 기준은 응급실을 방문한 환자들 중 (1) 18세 이상 환자이면서 옆구리 통증을 호소한 환자, (2) 응급실에서 감별진단을 위해 복부 컴퓨터단층촬영을 시행한 환자들이었다. 제외 기준은 (1) 18세 미만의 소아 환자, (2) 악성 종양 진단을 받은 환자, (3) 외상 환자, (4) 체온이 37.7°C가 넘게 열이 나는 환자, (5) 소변 현미

경 검사상 백혈구가 보이는 자, (6) 신장 질환을 앓고 있거나 콩팥 고질소혈증이 있는 자로 정하였다.

### 3. 자료 수집 및 결과 측정

전자의무기록으로부터 데이터를 수집하여 획득한 데이터에는 성별, 연령, 증상 지속 시간, 요로결석 과거력, 미세현미경 소변 검사 결과, CRP 및 크레아티닌을 포함한 혈액 검사 결과가 포함되었다.

컴퓨터단층촬영 영상 판독은 현장에서 15년의 경험을 가진 영상의학과 전문의가 수행하였다. 최종 영상 의학 판독 결과지상 요로 결석이 발견되었을 때 그 환자를 최종적으로 요로 결석으로 확진했다.

중요한 다른 진단이 나온 경우는 원래 연구에서 사용된 것과 동일한 분류 체계를 사용하여 신우신염, 담낭염, 폐질환, 장 폐색, 난소 질환 등과 같이 정의했다.<sup>8,10,11</sup>

### 4. STONE score와 modified STONE score 측정 방법

STONE score는 성별, 통증 지속 시간, 인종, 메스꺼움 또는 구토, 혈뇨 총 5개의 예측 변수들을 각각 더하는 방법으로 계산했다. 각각의 예측 인자들은; 남성 2점, 통증 지속 시간이 6시간 미만인 경우 3점 6-24시간인 경우 1점, 인종이 흑인이 아닌 경우 3점, 메스꺼움만 있는 경우 1점, 구토를 한 경우 2점, 현미경 검사상 혈뇨가 보인 경우 3점으로 계산했다(Table 1).

각각의 인자들을 합하여 낮은 점수(0-5점), 중간 점수(6-9점), 높은 점수(10-13점) 그룹으로 분류하였고, 각 그룹의 요로 결석 유병률을 확인했다.

또한 modified STONE score는 성별, 통증 지속 시간, 요로 결석의 과거력 여부, CRP 수치 그리고 현미경상 혈뇨

존재 여부, 총 5개의 예측 변수를 합산하여 계산했다. 각각의 예측 인자들은 남성 3점, 통증 지속 시간이 6시간 미만인 경우 3점, 6-24시간인 경우 1점, 과거력상 요로결석이 있는 경우 2점, CRP 수치가 0.5 mg/dL 미만인 경우 2점, 현미경 소변 검사상 혈뇨가 보인 경우 6점으로 계산하였다(Table 1).

각각의 인자들을 합하여 낮은 점수(0-4점), 중간 점수(5-9점), 높은 점수(10-16점) 그룹으로 분류하였고, 각 그룹의 요로 결석 유병률을 확인했다.

### 5. 통계 분석

연속형 변수는 정규성 검정을 하여 정규분포를 따르는 경우 평균과 표준편차를 나타냈고 정규분포를 따르지 않는 경우 중간값과 사분위값으로 표현했다. 연속형 변수는 독립 t-검정 또는 Man-Whitney U 검정으로 수행되었고, 범주형 변수는 피어슨의 카이-제곱 검정을 하였다. 조정된 교차비(odds ratio)와 95% 신뢰 구간(confidence interval)은 다변량 분석을 통해 생성되었다. 그 후 STONE score와 modified STONE score 간의 진단 정확도를 비교하기 위해 수신기 작동특성(receiver operating characteristic, ROC)곡선 분석을 수행하였다. P값이 0.05 미만인 경우에 통계적으로 유의하다고 보았다. 통계분석에는 IBM SPSS Statistics ver. 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였다.

## 결 과

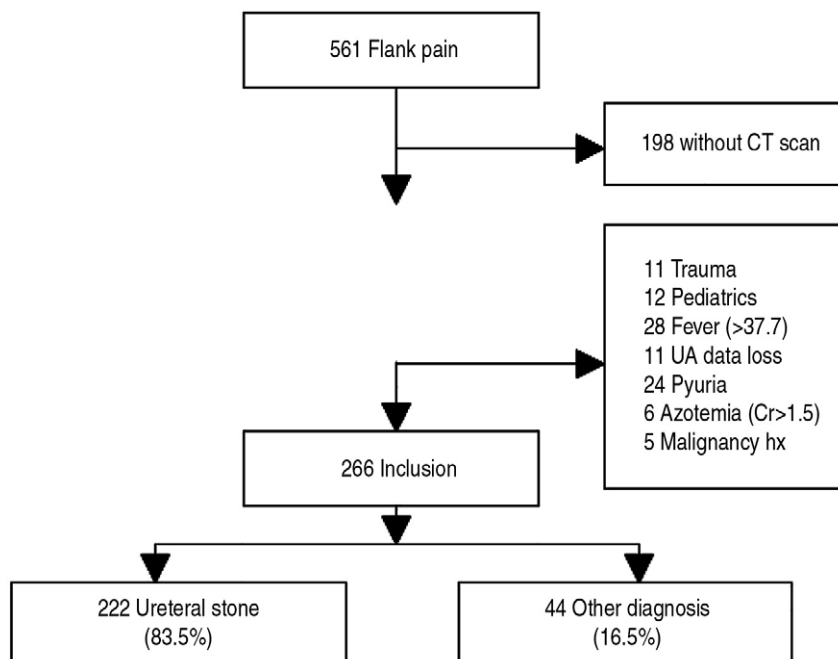
연구 기간 동안 561명의 환자들이 옆구리 통증을 호소하며 응급실을 방문했다. 그 중에서 198명의 환자들이 컴퓨터단층촬영 검사를 하지 않았고 363명의 환자들이 컴퓨터단층촬영 검사를 하여 최종 진단을 받았다. 이 중에서 외상, 18세 미만의 나이, 측정된 체온이 37.7°C를 넘는 경우, 소변 검사 결과가 없는 경우, 소변 검사상 농뇨가 있는 경우, 고질소혈증(크레아티닌이 1.5 mg/dL를 넘는 경우), 악성 종양을 진단받은 경우는 총 97명으로 연구 대상에서 제외되었다(Fig. 1). 나머지 266명의 환자들만 최종 분석에 포함되었다. 최종 분석에 등록된 환자들의 특징은 Table 2에 나타나 있다. 평균 나이는 48.8세, 남성은 170명(63.9%), 인종은 모두 아시아인이었다. 메스꺼움만 느끼거나 구토를 하는 환자는 95명(35.7%), 요로결석 과거력을 가진 자는 131명(49.2%), 임상적으로 중요한 기타 진단을 받은 환자는 44명 중 28명이었다.

단일 변량 분석에서 남성, 증상 지속 시간, 0.5 mg/dL미만의 CRP, 현미경 검사상 혈뇨의 존재, 요로결석 과거력을 가진 경우는 통계적으로 의미 있게 나왔다(Table 3).

**Table 1.** Classification of STONE score and modified STONE score

	STONE score	Modified STONE score
Male sex	2	3
Duration of pain (hr)		
<6	3	3
6-24	1	1
Non-black race	3	-
Nausea, Vomiting		
Nausea and vomit	2	-
Nausea only	1	-
Hematuria	3	6
History of stone	-	2
CRP<0.05 mg/dL	-	2

CRP, C-reactive protein.



**Fig. 1.** Patient flow diagram. Three hundred sixty-three patients out of 266 patients were include and compared by both STONE score and modified STONE score. Two hundred twenty-two patients (83.5%) were diagnosed ureteral stone. Other diagnosis were made in 44 patients (16.5%). CT, computed tomography; UA, urine analysis; Cr, creatinine; hx, history.

**Table 2.** Baseline characteristics of participants in this validation

Characteristic	Value (n=266)
Mean age (yr)	48.8 ± 13.3
Sex	
Men	170 (63.9)
Women	96 (36.1)
Asian	266 (100)
Nausea	48 (18.0)
Vomiting	47 (17.7)
Body temperature (°C)	36.5 ± 0.4
Hematuria	222 (83.5)
Creatinine (≤ 1.5 mg/dL)	252 (94.7)
C-reactive protein (<0.5 mg/dL)	227 (85.3)
Previous stone history	131 (49.2)
Presence of ureteric stone	222 (83.5)
Important alternative diagnosis	28 (10.5)

Values are presented as mean ± standard deviation or number (%).

우리는 최종 분석에 남은 266명을 STONE score와 modified STONE score를 이용하여 각각의 3개 집단으로 (low-, moderate-, high-score group) 분류한 뒤 각각의 변수들을 비교 분석하였다.

STONE score와 modified STONE score로 분류하였을 때 점수가 낮은 그룹은 각각 16명, 15명으로 비슷하게

분류되었다. 하지만 중간 점수 그룹(93명, 37명)과 높은 점수 그룹(157명, 214명)에서는 상당한 차이를 보였다. 결과적으로 두 진단 도구 사이에서 점수가 높은 그룹을 분류하는 데 있어 명확한 차이가 있었다(Table 4, 5).

우리 연구에서는 낮은 점수 그룹 간의 차이는 없었으나 중간 점수 그룹과 높은 점수 그룹 간의 차이가 있었다. 낮은 점수 그룹으로 분류된 환자수는 각각 STONE score 16명, modified STONE score 15명이었다. 유병률은 각각 STONE score와 modified STONE score에서 모두 3명으로 18.8%와 20.0%이었다.

중간 점수 그룹으로 분류된 환자수는 각각 STONE score 93명, modified STONE score 37명이었고, 유병률은 각각 STONE score와 modified STONE score에서 76명과 20명으로 81.7%와 54.1%이었다.

중간 점수 그룹을 단순 비교하였을 때는 STONE score (유병률 81.7%)가 modified STONE score (유병률 54.1%)보다 더 높은 진단율을 보이는 것처럼 보일 수도 있다. 그러나 이는 전체 환자수를 고려하여 보면 달리 해석해 볼 수 있다. STONE score의 중간 점수 그룹의 환자수는 93명이었으며 이 중 76명이 요로 결석 환자였다. Modified STONE score의 중간 점수 그룹의 환자수는 37명이었으며 이 중 20명이 요로 결석 환자였다. STONE score와 modified STONE score의 중간 점수 그룹으로 분류된 환자수가 STONE score의 93명에서 modified STONE score의 37명으로 확연히 줄어든 것을 확인하였다.

반면에 높은 점수 그룹에서는 STONE score보다 modified STONE score에서 환자수가 더 많았다. 높은 점수 그룹으로 분류된 환자수는 각각 STONE score 157명, modified STONE score 214명이었고, 유병률은 각각 STONE score와 modified STONE score에서 143명과 199명으로 91.1%와 93.0%이었다. 환자수가 STONE score의 157명에서 modified STONE score의 214명으로 확연히 늘어난 것을 확인하였다.

다시 말해, STONE score보다 modified STONE score를 통하여 환자를 분류하였을 때 높은 점수 그룹에 더 높은

환자가 몰려 있었으며, 상대적으로 낮은 점수 그룹과 중간 점수 그룹의 환자수는 적었다. 즉, STONE score가 아닌 modified STONE score를 사용하였을 때, 요로 결석을 예측함에 있어서는 낮은 점수 그룹과 중간 점수 그룹은 요로결석의 가능성이 낮다고 의심하고 높은 점수 그룹만이 요로 결석의 가능성이 높다고 의심할 수 있겠다.

STONE score와 modified STONE score를 기준으로 환자를 분류하였을 때 각 집단의 요로결석의 유병률은 Fig. 2에 나와 있다.

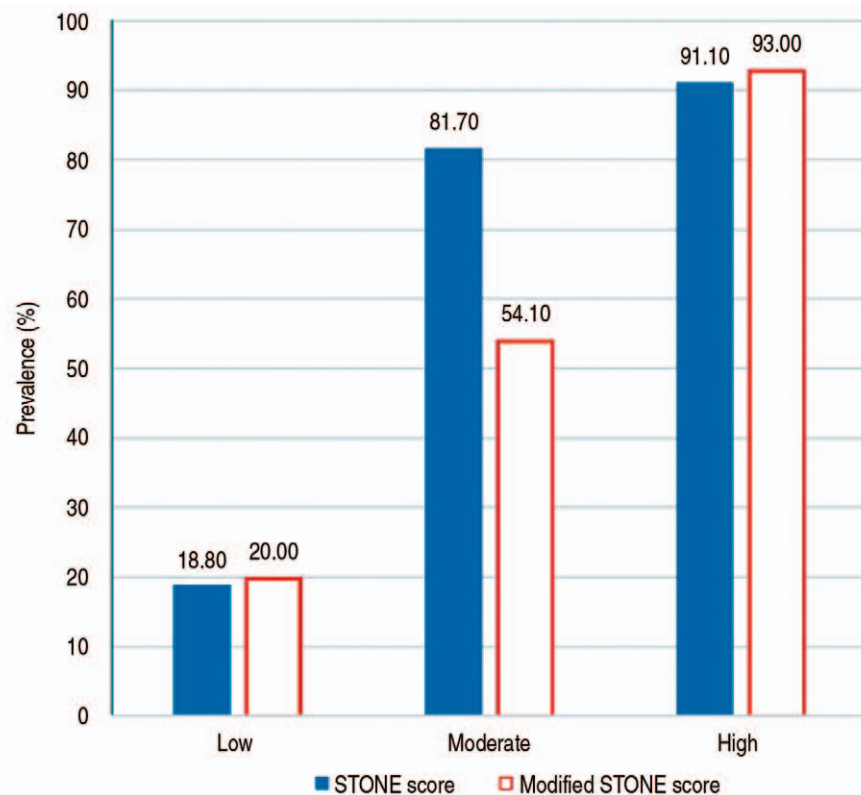
STONE score와 modified STONE score의 ROC 곡선

**Table 3.** Patients' demographic characteristics and univariate analysis

Factor	Total (n=266)	Ureter stone (n=222)	Non-ureter stone (n=44)	P-value
Sex (men:women)	170:96	148:74	22:22	0.035
Age (yr)	48.8±13.3	49.0±12.53	47.8±16.6	0.65
Symptom duration (min) <sup>a)</sup>	120 (60-240)	90 (45-180)	760 (480-1,050)	0.004
CRP (<0.5 mg/dL) <sup>b)</sup>	251	195 (93.3)	32 (72.7)	0.004
Presence of hematuria	222	202 (91.0)	20 (45.5)	<0.001
Previous ureteric stone	131	122 (55.0)	9 (20.5)	<0.001
Nausea	48	37 (16.7)	11 (25.0)	0.189
Vomiting	47	41 (18.5)	6 (13.6)	0.443

Values are presented as mean ± standard deviation or number (%).

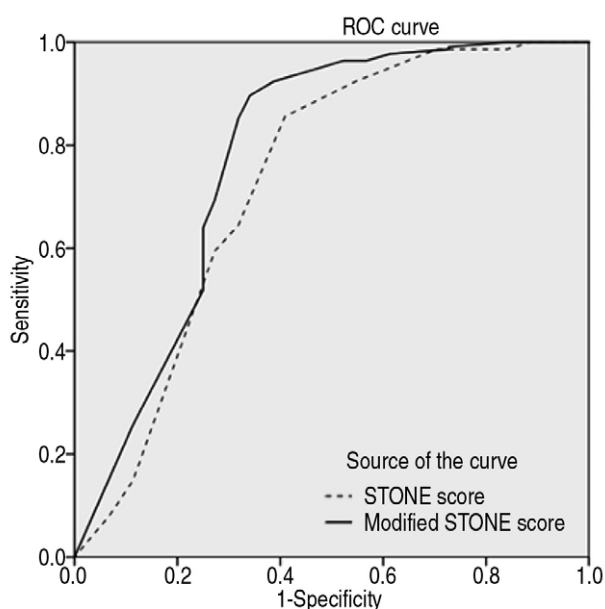
<sup>a)</sup> Symptom duration is defined by quartile deviation. <sup>b)</sup> C-reactive protein (CRP) was grouped as under <0.05 or >0.05, 15 cases of data loss was present.



**Fig. 2.** Prevalence of ureteral stone by STONE score group and modified STONE score group.

비교에서 modified STONE score가 STONE score보다 진단 특이도가 통계적으로 의미 있게 높게 나타났다(Fig. 3). 또한, modified STONE score의 곡선하 면적(area under curve)은 0.779로 STONE score 곡선하 면적 0.73보다 더 높았다. 일반적으로 곡선하 면적은 0.7-0.8 까지 허용될 수 있으며 0.8-0.9가 되면 우수하다고 판단한다. 두 진단 도구의 ROC곡선을 비교하였을 때 곡선하 면적의 차이는 0.0493로 두 진단 도구 사이에 의미 있는 차이가 있었다( $P=0.04$ ).

임상적으로 중요한 기타 진단들로는 요로 결석 이외 44 개의 진단이 있었으며, 이 중에 25명(10.6%)의 경우가 임상적으로 중요한 기타 진단들에 포함되었다(Table 6).



**Fig. 3.** Compare of receiver operating characteristic (ROC) curve between STONE score and modified STONE score in the external validation.

## 고찰

본 연구에서는 STONE score와 modified STONE score의 외적 타당성을 평가하여 요로 결석에 대한 임상 예측 도구로서의 가치를 검증하였다. modified STONE score가 STONE score보다 진단 예측 도구로써 더 정확한 성능을 보였다.

임상 예측 도구는 요로 결석을 임상적으로 예측하여 진단하는 데 도움을 준다. 이는 불필요한 컴퓨터단층촬영을 줄여 환자에게 노출되는 방사선량을 줄일 수 있을뿐 더러 경제적 부담 또한 줄일 수 있을 것이다. 또한 빠른 진단에 의한 빠른 치료 및 퇴실로 한국 응급실의 고질적 문제 중 하나인 과포화를 어느정도 예방할 수 있다. 그렇게 하기 위해서는 임상 예측 도구로써 높은 진단 특이성과 양성 우도비가 필요하다.<sup>13</sup>

본 연구는 STONE score와 modified STONE score를 이용하여 환자들을 분류한 뒤 컴퓨터단층촬영 결과로 요로 결석의 존재 여부를 확인했다. 각각의 그룹에서 요로 결석 환자들을 비교 분석하여 임상 예측 도구로써의 성능을 비교하였다. 점수가 높은 그룹을 다른 그룹과 비교 분석하여 민감도와 특이도를 구하였다. STONE score와 modified STONE score의 민감도는 각각 64.4%와 68.2%였으며, 특이도는 92.9%와 65.9%였다. 이번 외적 타당성 평가에서 두 개의 ROC 곡선을 분석하여 modified STONE score가 STONE score보다 요로 결석의 임상 예측 진단 도구로써 보다 우수한 성능을 가지고 있음을 확인했다.

전체 환자들 중에서 요로 결석 이외의 임상적으로 중요한 기타 진단을 받은 환자의 수는 다른 연구들과 비교하여 차이가 있었다.

임상적으로 중요한 기타 다른 진단을 받은 환자의 수가 Moore 등<sup>8</sup>의 최초 연구 조사에서는 전체 환자의 3.7%,

**Table 4.** Comparison of ureter stone and other diagnosis in STONE score subgroup

STONE score	Total	Ureter stone	Other diagnosis
Low	16	3 (18.8)	13 (81.3)
Moderate	93	76 (81.7)	17 (18.3)
High	157	143 (91.1)	14 (8.9)

Values are presented as number (%).

**Table 5.** Comparison of ureter stone and other diagnosis in modified STONE score subgroup

Modified STONE score	Total	Ureter stone	Other diagnosis
Low	15	3 (20.0)	12 (80.0)
Moderate	37	20 (54.1)	17 (45.9)
High	214	199 (93.0)	15 (7.0)

Values are presented as number (%).

**Table 6.** Types and frequency of acutely important alternative findings

Important alternative cases	No. of cases
Ileus	4
Acute appendicitis	3
Acute diverticulitis	2
Ulcerative colitis	2
Enterocolitis	2
Uterine myoma	2
Pyelonephritis	2
Crohn disease	1
Acute cholangitis	1
Ovary cyst rupture	1
Ovary torsion	1
Ovary cancer	1
Acute cholecystitis	1
Endometrioma	1
Herpes zoster	1
Adrenal malignancy	1
Pleural effusion	1
Gallbladder stone	1

Wang 등<sup>11</sup>의 외부 타당성 연구 조사에서는 5.3%, 그리고 Kim 등<sup>10</sup>의 외부 타당성 연구 조사에서는 9.6%가 보인 반면, 본 연구에서는 상대적으로 높은 10.8%를 보였다. 이렇게 상대적으로 높은 비율을 보인 데에는 이전 연구에서는 컴퓨터단층촬영을 조영제를 넣지 않는 경우만 포함시켰다. 하지만 본 연구에서는 조영 증강 컴퓨터단층촬영까지 모두 포함시켜서 연구를 진행했다. 이로 인하여 Moore 등<sup>8</sup>의 연구와 Wang 등<sup>11</sup>이 한 외적 타당성 평가 연구보다 임상적으로 중요한 기타 진단들이 오히려 더 많이 발견되었다고 생각한다. 그래서 조영 증강 컴퓨터단층촬영이 오히려 감별 질환 진단에 도움이 된다고 보여 진다. 환자에게 노출되는 일회 방사선량이 많아지는 점은 고려해 보아야 할 수 있다. 하지만 진단 예측 도구를 이용하여 컴퓨터 단층 촬영의 빈도수를 명확하게 줄일 수 있다면 누적되는 총 방사선량은 오히려 줄일 수 있다고 생각된다.

STONE score를 이용하면 임상적으로 중요한 기타 진단이 각각 낮은 점수 그룹에서 10명, 중간 점수 그룹 12명, 높은 점수 그룹 6명이 있었다. 반면에 modified STONE score를 이용하여 분류하면 각각의 그룹에서 12명, 8명, 8명이 임상적으로 중요한 기타 진단들이 있었다. STONE score의 높은 점수 그룹에서는 14명 중 6명이 임상적으로 중요 기타 진단들이 있었는데, 이 중에는 장 폐색 2명, 담낭염 1명, 크론병 1명, 요로감염 1명, 부신 종물 1명이 있었다. Modified STONE score의 높은 점수 그룹에서는 15명 중 8명이 임상적으로 중요한 기타 진단들이 있었는데, 이 중에는 장 폐색 2명, 담낭염 1명, 부신 종물 1명, 췌양성

대장염 1명, 자궁 내막종 1명, 난소 종양 1명이 있었다.

이렇게 임상적으로 중요한 기타 진단들이 STONE score, modified STONE score 둘 다 모든 그룹에서 확인되었다. 요로 결석 환자들에게 오로지 modified STONE score 만 이용하여 복부 컴퓨터단층촬영 여부를 결정하기에는 부족한 부분이 있어 보인다. 높은 점수 그룹에서는 응급 수술을 요하는 질환은 보이지 않았다. 오히려 응급 수술과 같은 응급 처치를 요하는 acute appendicitis, ovary torsion은 낮은 점수 그룹과 중간 점수 그룹에서 발견되었다. 그래서 높은 점수 그룹에서는 다른 그룹과 비교하여 이런 응급 상황들이 없으므로 컴퓨터단층촬영을 하지 않아도 될 것으로 보인다. 즉, 높은 점수의 그룹에서는 컴퓨터단층촬영이 필요하지 않으며, 낮은 점수 그룹에서는 조영 증강 컴퓨터단층촬영을 시행하는 것을 추천한다. 이는 높은 점수 그룹에서는 요로결석의 가능성이 높기 때문에 환자의 주소인 급성기 통증을 조절한 이후에 외래 진료를 함으로써, 응급실 체류 시간을 줄임과 동시에 과포화를 예방할 수 있을 것이다.

또한 기타 진단들 중 장 폐색이나 요로 감염 같은 경우는 방사선 단순 촬영 또는 소변 검사 결과를 통하여 알아낼 수 있어 감별 진단이 가능하다. 염증성 장질환인 크론병과 췌양성 대장염은 이런 단순 방사선 검사나 소변 검사만으로는 확인하기 어렵고 대장 내시경을 통해 확진이 가능한 질환들이다. 그 외에 담낭염, 부신 종물, 자궁 내막종, 난소 종양은 컴퓨터단층촬영이나 초음파 검사를 해야 진단이 가능하다. 하지만 이런 질환들은 초기에 의사가 보다 자세한 문진이나 신체적 진찰을 한다면 의심해 볼 여지가 충분히 있을 것으로 판단된다.

요로 결석을 임상적으로 예측하기 위해서는 다른 추가적인 노력들이 필요하다. 응급실 의료진이 다른 가능성이 있는 감별 진단에 대하여 항상 염두에 두고 환자를 진료하는 것이 방법이 될 수도 있다. 하지만 이는 응급실에서 근무하는 의사들 간의 수행 능력에 차이가 있어서 한계가 있을 것으로 생각된다. 하나의 대안으로 간단한 신장 초음파 검사를 통해 수신증이 있는지 여부를 확인함으로써 시간을 절약하고 불필요한 방사선 노출을 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 추후에 신장 초음파 검사를 첨가한 임상 예측 도구 개발에 대한 전향적 연구를 수행하여 modified STONE score와 비교해 볼 필요가 있을 것으로 보인다.

Moore 등<sup>8</sup>에 의한 원래 연구와 Wang 등<sup>11</sup>에 의한 외부 타당성 검증 모두에서 딥스틱 검사(dipstick test)로 혈뇨 여부를 확인했다. 본 병원에서는 응급실에서 현장 딥스틱 검사를 시행하지 않아서 진단검사의학과에서 시행하는 현미경 소변 검사로 대체하여 혈뇨 여부를 확인했다. 현미경 소변 검사가 보다 정확한 검사 결과를 볼 수 있는 장점이 있지만 딥스틱 검사보다 시간이 오래 걸리고 비용이 비싸서 이로 발생하는 경제적 부담과 응급실 체류 시간이 길어진다. 그래서 딥스틱 검사로 대체하여 응급실 체류 시간을



줄이고 경제적 부담을 줄일 수 있도록 방법을 고려해봐야 할 것이다.

우리 연구는 현미경 미세 소변 검사를 시행하여서 농뇨가 있는 24명을 추가로 배제했다. 기존 연구보다 요로감염 가능성이 있는 환자들은 보다 더 배제하여 환자군을 특정하여 분석을 진행했다. 그러나, 스트루바이트 요로 결석 같은 경우에는 *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Staphylococcus*, *Escherichia coli*에 의한 요로 감염에 의해서 생길 수도 있다. 이런 예외적인 경우도 있으므로 모든 농뇨 환자군을 다음 연구에서는 포함시킬지 여부를 고려해 보아야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 다수의 환자들이 높은 점수 그룹에 들어가 집중적으로 분포하고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 처음 연구 설계단계에서 문진상 옆구리 통증이 근골격계에서 유래하였을 환자들은 1차적으로 배제된 상태에서 요로결석이 의심되는 옆구리 통증 환자들이 대상으로 선정하였고, 뿐만 아니라, 외상 고열 등을 배제하여 이미 높은 확률로 요로결석이 의심되는 환자들을 대상으로 한 연구이기에 이와 같은 결과가 나온 것으로 생각된다.

우리 연구에는 몇 가지 제한점들이 있다.

첫째, 우리의 연구는 표본 숫자가 적다는 한계점을 가지고 있다. 둘째, 전자 의무 기록을 바탕으로 한 개의 지역응급의료센터에서 후향성 연구로 진행되었다. 연구 포함 기준이 옆구리 통증을 호소한 환자들 중에서 컴퓨터단층촬영을 시행한 환자들로 구성되어 있어서 표본 선택의 편향이 있을 수 있다. 요로 결석 환자들은 응급실에 비특이적인 다양한 증상으로 내원할 수도 있어서 이 또한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 이를 극복하기 위해 전향성 연구가 계획되어야 할 것으로 생각된다. 전자 의무 기록을 바탕으로 연구가 진행되었기에 기록오류가 있을 수도 있다. Scoring에 중요한 주요 항목인 구역, 구토, 결석의 과거력 등이 누락되었을 수도 있으며 기타 자료값의 누락으로 인한 제한도 있을 수도 있다. 그리고 표본 크기를 계산하지 못하고 시행한 연구라서 검정력 확인을 하지 못하고 연구를 진행하였다. 이로 인하여 일중오류 또는 이중오류의 발생가능성 있다. 그러므로 다음에 시행할 연구에서는 보다 더 정확한 검정력 확인을 위해서 표본 크기를 늘려서 전향적 연구를 해야 할 것이다. 셋째, 본 연구에서는 영상의학과 의사 한 명이 단독으로 컴퓨터단층촬영 영상을 판독했다. 보다 높은 정확성을 위해서는 두 명 이상이 해야 하지만 재검증을 하지 못한 제한점이 있다. 넷째, 옆구리 통증을 호소한 환자들로 연구 대상을 제한하였다. 요로 결석의 경우 복통을 호소할 수도 있기 때문에 복통을 주소로 내원했던 요로 결석 환자들이 누락된 점을 배제하기 힘들다.

본 연구에서는 modified STONE score가 STONE score보다 요로결석이 의심되는 환자에게 접근하는 예측 도구로써 의미 있을 것으로 생각된다.

## ORCID

Dong Wuk Lee (<https://orcid.org/0000-0002-0961-4557>)

Beom Sok Seo (<https://orcid.org/0000-0003-0207-8007>)

## CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## REFERENCES

1. Elton TJ, Roth CS, Berquist TH, Silverstein MD. A clinical prediction rule for the diagnosis of ureteral calculi in emergency departments. *J Gen Intern Med* 1993;8:57-62.
2. Thornton SN. Re: Charles D. Scales Jr., Alexandria C. Smith, Janet M. Hanley, Christopher S. Saigal, Urologic Diseases in America Project. Prevalence of kidney stones in the United States. *Eur Urol*. 2012;62:160-5. *Eur Urol* 2012;62:e67.
3. Bae SR, Seong JM, Kim LY, et al. The epidemiology of reno-ureteral stone disease in Koreans: a nationwide population-based study. *Urolithiasis* 2014;42:109-14.
4. Mendelson RM, Arnold-Reed DE, Kuan M, et al. Renal colic: a prospective evaluation of non-enhanced spiral CT versus intravenous pyelography. *Australas Radiol* 2003; 47:22-8.
5. Gorycki T, Lasek I, Kaminski K, Studniarek M. Evaluation of radiation doses delivered in different chest CT protocols. *Pol J Radiol* 2014;79:1-5.
6. Brenner D, Elliston C, Hall E, Berdon W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol* 2001;176:289-96.
7. Fukuhara H, Ichiyanagi O, Midorikawa S, Kakizaki H, Kaneko H, Tsuchiya N. Internal validation of a scoring system to evaluate the probability of ureteral stones: the CHOKAI score. *Am J Emerg Med* 2017;35:1859-66.
8. Moore CL, Bomann S, Daniels B, et al. Derivation and validation of a clinical prediction rule for uncomplicated ureteral stone: the STONE score: retrospective and prospective observational cohort studies. *BMJ* 2014;348:g2191.
9. Daniels B, Gross CP, Molinaro A, et al. STONE PLUS: evaluation of emergency department patients with suspected renal colic, using a clinical prediction tool combined with point-of-care limited ultrasonography. *Ann Emerg Med* 2016;67:439-48.
10. Kim B, Kim K, Kim J, et al. External validation of the STONE



- score and derivation of the modified STONE score. *Am J Emerg Med* 2016;34:1567-72.
11. Wang RC, Rodriguez RM, Moghadassi M, et al. External validation of the STONE score, a clinical prediction rule for ureteral stone: an observational multi-institutional study. *Ann Emerg Med* 2016;67:423-32.
  12. Green SM, Schriger DL, Yealy DM. Methodologic standards for interpreting clinical decision rules in emergency medicine: 2014 update. *Ann Emerg Med* 2014;64:286-91.
  13. Williams JJ, Rodman JS, Peterson CM. A randomized double-blind study of acetohydroxamic acid in struvite nephrolithiasis. *N Engl J Med* 1984;311:760-4.