

## 이해관계 선언

아주대학교 의과대학 소아과학교실

김병기 · 곽재령 · 박지민 · 배기수

= Abstract =

### Limitations of <sup>99m</sup>Tc-DMSA scan in diagnosing acute pyelonephritis in children

Byung Gee Kim, M.D., Jae Ryoung Kwak, M.D., Ji Min Park, M.D. and Ki Soo Pai, M.D.

Department of pediatrics, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

**Purpose:** We aimed to prove the relative limitation of <sup>99m</sup>Tc-DMSA scintigraphy (DMSA) compared to computed tomography (CT) in diagnosing acute pyelonephritis (APN) in children.

**Methods:** Since September 2006, after a 64-channel CT was imported, 10 DMSA false-negative patients have been identified: these patients underwent a CT scan for acute abdomen or acute febrile symptoms and were diagnosed as having APN; however, their DMSA scans were clear. We focused on these 10 DMSA false-negative patients and analyzed their clinical findings and CT results. We used Philips Brilliance Power 64-channel CT scanner for the CT scan and Siemens Orbitor Nuclear Camera 60 Hz for the DMSA scan.

**Results:** The 10 DMSA false-negative patients were mostly males (80%) and infants (80%). They had fever for a mean of 1.1-day duration before admission and showed increase in acute reactants: leukocyte, erythrocyte sedimentation rate, and C-reactive protein. The CT findings of renal lesions were focal in 6 (60%) cases and diffuse in 4 (40%) cases, and most of the lesions were unilateral in 80% of patients. CT proved that 22 renal lesions were neglected by DMSA. Differential renal function test by DMSA was also of no use in the evaluation of renal lesions.

**Conclusion:** In this study, DMSA scan showed limitation in finding renal cortical lesions of CT-proven APN patients. DMSA false-negative results seem to occur at early-phase disease of infantile age, but more prospective studies are needed to determine the reasons and their prevalence. (Korean J Pediatr 2010;53:408-413)

**Key Words:** Acute pyelonephritis, 64-Channel computed tomography, <sup>99m</sup>Tc-DMSA scintigraphy, Children, Infancy

## 서 론

급성 신우신염은 소아에게 매우 흔한 세균성감염으로, 신실질 손상의 원인이 될 수 있어 주의를 필요로 하는 질환이다. 급성 신우신염에 이환되었을 때 소아는 성인과는 달리 발열이외에도 복통, 열, 오심, 구토, 식욕감퇴, 설사, 변비 등의 비특이적 증상을 주로 보이기 때문에, 그 진단과 치료가 지연되기 쉬워 신손상으로 이어지기 쉽다<sup>1-6)</sup>.

급성 신우신염을 진단하고 치료를 하는 과정에서 통상 요검사, 소변 배양검사, 말초혈액 백혈구 수(white blood cell count,

WBC), 적혈구침강속도(erythrocyte sedimentation rate, ESR), C-반응단백(C-reactive protein, CRP) 등이 임상지표로 사용되고 있는데<sup>3-11)</sup>, 실질적인 염증의 정도나 환부의 크기, 양측성 여부 등을 평가하기 위해서는 복부초음파, <sup>99m</sup>Tc-DMSA scintigraphy (DMSA), 전산화 단층촬영(computed tomography, CT) 등의 검사가 필요하다<sup>2-6, 13-17)</sup>.

현재까지 교과서적으로는 DMSA가 신장병변의 범위와 위치 평가에 가장 민감하고 정확한 검사로 평가되고 있다. 그러나 DMSA는 특수시설장비와 핵물질관리 인력이 필요하기 때문에 필요시 즉각적인 시행에 제약이 따른다. 한편 초음파검사는 신실질에 부종, 괴사, 위축 등의 상당한 변화가 있기 전에는 발견하기가 어려워 급성 염증 부위를 확인하기에는 제약이 따르며, CT 검사는 호흡에 따른 신장의 흔들림 때문에 특히 소아에서는 그 해상도가 낮아 진단적 가치가 낮았다<sup>16-19)</sup>. 그러나 최근 64채널 CT가 개발되어 스캔 시간이 단축되고 해상도가 높아져 소아에서도 급성 신우신염의 병태를 평가하는데 도움이 되고 있다.

연구자들은 64채널 CT를 급성 복증 환자의 평가에 이용하던

Received : 15 September 2009, Revised : 30 October 2009

Accepted : 14 December 2009

Address for correspondence : Ki-Soo Pai, M.D.

Division of Nephrology, Department of pediatrics, Ajou University School of Medicine, Suwon 443-721, Korea

Tel : +82.31-219-5160, Fax : +82.31-219-5169

E-mail : kisoopai@ajou.ac.kr

중, CT상으로는 신장 병변이 확인되지만 DMSA상에는 정상소견을 보이는 급성 신우신염 증례들을 볼 수 있었다. 이에 이러한 증례들을 모아 DMSA의 제한점을 지적하고 소아에서 64채널 CT의 진단가치를 살펴보고자 후향적 연구를 수행하였다.

**대상 및 방법**

**1. 대 상**

64채널 CT가 도입 실시된 2006년 9월 이후 3년 동안 아주대 병원에 내원한 환자 중 급성 복증의 감별진단이 필요하거나, 원인이 분명치 않은 발열성 급성병증, 증상이 심한 급성 신우신염의 합병증 발생여부 등을 평가하기 위하여 시행하였던 복부 CT 검사에서 급성 신우신염이 진단된 70명의 증례를 선정하였으며, 이들 중 후속으로 시행한 DMSA검사에서 정상소견을 보인, 즉 DMSA 위음성 환자 10명을 연구대상으로 선정하였다.

입원당시 기본 혈액화학검사를 비롯하여 말초혈액 백혈구 수(WBC), 적혈구침강속도(ESR), C반응단백(CRP) 수치, 농뇨의 정도 등을 측정하였으며, 입원 전후로 발열기간을 비교하여 급성염증의 정도가 어느 정도인지를 가늠하고자 하였다. 또한 CT촬영과 DMSA검사 사이의 시간차를 조사 기록하였으며, CT에서 확인된 병변을 개수, 정도, 편측성에 따라 분류를 하였다.

CT촬영에는 3-4 mm 간격으로 초당 3-4 cm를 스캔할 수 있는 기능을 갖춘 64채널 CT (필립스, 브릴리언스-64 모델)를 이용하였으며, DMSA 스캔에는 Siemens 사의 Orbiter 75 기종을 사용하였다. 방사선 조사량(typical effective radiation dose)는 각각 64채널 CT 10.0 mSv, DMSA 1.0 mSv 이다.

**결 과**

DMSA 위음성 환자 10명의 특성을 살펴보면, 남녀 비는 2:1

로 남자가 많았고 평균 나이는 16.6 개월에 영아가 8명(80%)으로 대다수였으며, 내원 전 38.3°C 이상의 열이 있었던 기간은 평균 1.1일이었다. 모든 환자에서 평균 10.0 mg/dL 수준의 C-반응단백의 증가소견이 있었으며, 1명을 제외한 9명의 환자에서 말초혈액 백혈구증가가 확인되었다. 적혈구침강속도(ESR)는 8명에서 평균 34.3 mm/hr로 증가된 소견을 보였으며, 소변검사에서 내원 전 1주간 항생제를 복용했던 1례를 제외하고 모두 농뇨를 보였다(Table 1).

총 10례를 대상으로 CT상 신장병변 소견을 분석하였을 때, 국소적 환부(focal defects)를 보인 경우는 6례, 미만성 환부(diffuse defects)를 보인 경우는 4례였다. 일측 신장에만 병변이 있는 경우는 8례, 양측 신장 모두 침범된 경우는 2례였다(Table 2). 또한 DMSA 검사에서 확인할 수 없었던 CT상의 병변 개수를 살펴보면 1개의 병변을 보인 경우가 4례, 2개의 병변 4례, 3개의 병변 1례, 7개의 병변 1례 등으로, 총 10명의 환자에서 22개의 신장 환부를 확인할 수 있었다(Table 3). 이로써 작은 환부가 일측 신장에 국한되거나 양측 신장에 분산되어 있을 경우 고해상도 CT에서는 신장병변의 관찰이 가능하지만 DMSA에서는 병변이 확인되지 않음을 확인할 수 있었다(Fig. 1, 2, 3).

**Table 2.** Summary of CT Findings in 10 Pediatric Cases of Acute Pyelonephritis that Showed Normal Result on DMSA

Findings	No. of patients
Type of cortical defects	
Focal	6
Diffuse	4
Laterality of cortical defects	
Unilateral	8
Bilateral	2
Total	10

Abbreviations : CT, computed tomogram; DMSA, <sup>99m</sup>TcDMSA scan

**Table 1.** Clinical Pictures of 10 Pediatric Cases with Acute Pyelonephritis that Were Normal on DMSA Scan but Abnormal on CT

Patient	Age	Sex	Fever*	WBC	ESR	CRP	Pyuria	Interval†
#1	9	F	2	25,400	55	7.81	22	10
#2	3	M	1	20,900	56	10.57	many	17
#3	4	M	1	15,100	32	8.59	12	13
#4	2	M	1	15,400	26	7.46	many	2
#5	1	M	1	22,400	38	16.67	many	1
#6	2	M	1	8,400	22	6.88	many	3
#7	34	M	1	21,000	32	17.62	0	6
#8	4	M	1	15,500	11	8.88	35	7
#9	2	M	1	17,400	28	11.19	12	4
#10	105	F	1	16,900	43	4.03	many	14
Mean ± SD	16.6 ± 32.6	M:F=4:1	1.1 ± 0.3	17,840 ± 4,790	34.3 ± 14.15	10.0 ± 4.27		7.7 ± 5.54

Abbreviations : CT, computed tomogram; DMSA, <sup>99m</sup>TcDMSA scan; Age, in month; WBC, leukocyte counts on peripheral blood exam; ESR, erythrocyte sedimentation rate(mm/hr); CRP, C reactive protein (mg/dL); Pyuria, leukocyte count/HPF on urine microscopic exam \*Fever days before admission; †Interval days between CT and DMSA performed

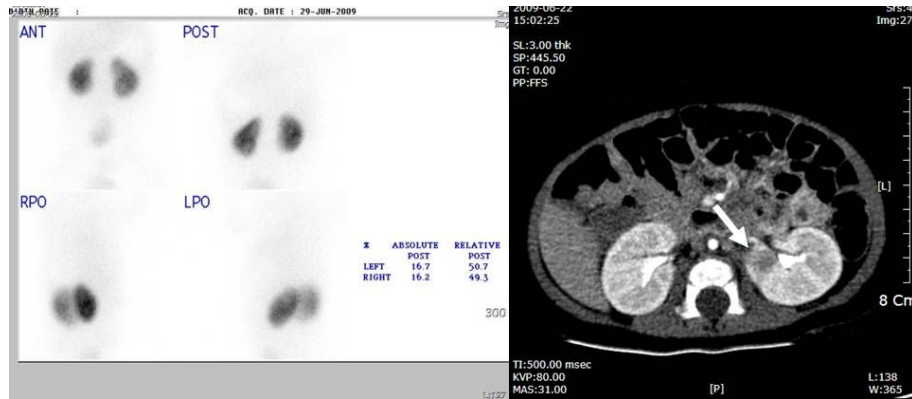


Fig. 1. Focal unilateral renal lesion: DMSA scan fails to show any renal defect, which was detected by the CT scan. The differential renal function ratio of Lt to Rt is 50.7:49.3.

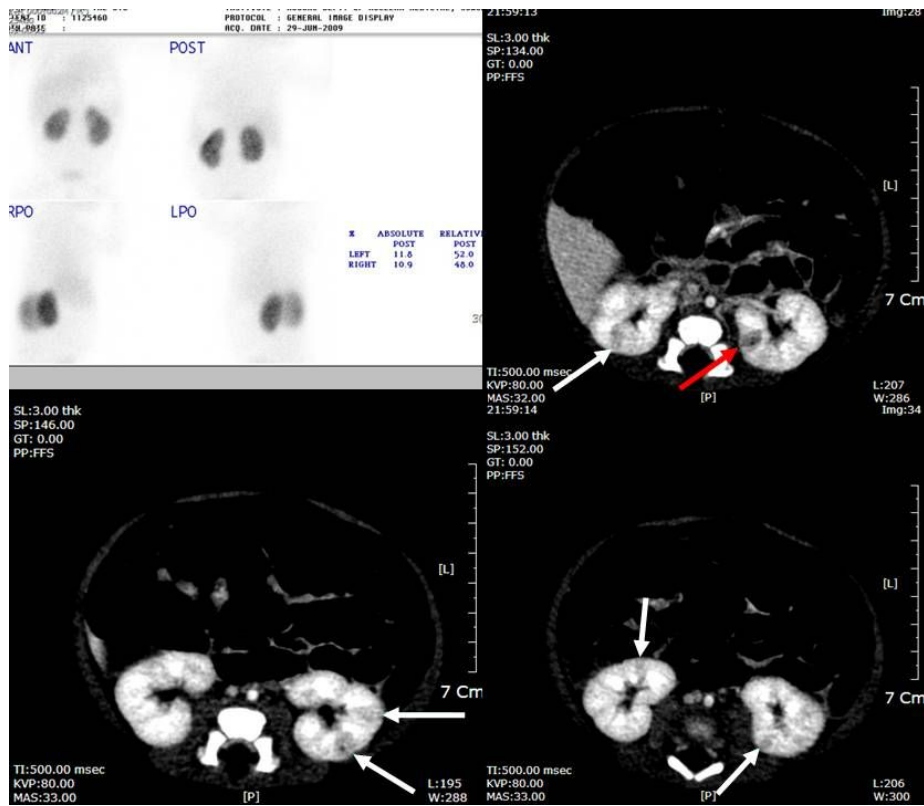


Fig. 2. Focal bilateral renal lesions: DMSA scan fails to show cortical defects but CT scan reveals multifocal lesions on both kidneys. The differential renal function ratio of Lt to Rt is 52:48.

또한 신장의 손상정도를 평가하기 위하여 전통적으로 사용되던 DMSA검사의 비교신기능 측정법에 대하여 살펴보면, 환부가 양측성이 아닌 일측신에 국한된 경우에도 좌우 비교신기능이 50.7:49.3으로 유의한 차이를 보이지 않았으며(Fig. 1), 환부가 양측신에 존재할 경우에도 DMSA 비교신기능 측정방법은 각각 52%:48% (absolute 11.8%:10.9%)와 50.8%:49.2% (absolute 16.7%:16.2%) 등으로 신손상의 정도를 가늠하는데 전혀 도움이

되지 않았다(Fig. 2, 3).

10명의 환자에서 치료결과를 살펴보면, 입원 후 정맥 항생제 투여 후 평균 1.3일에 발열이 소실되었으며, 농뇨는 평균 4.4일 만에 소실되었다. 또한 급성 신우신염의 원인균으로 10명 중 8명에서 대장균(*Escherichia coli*)이 배양되었으며, 입원 전에 항생제를 미리 복용하였던 2명에서는 원인균이 배양되지 않았다(Table 4).

고찰

**Table 3.** Number of Lesions on CT in 10 Pediatric Cases of Acute Pyelonephritis that Showed a Normal Result on DMSA

No. of cortical defects	No. of patients	Sum of defects
1	4	4
2	4	8
3	1	3
≥4	1	7
Total	10	22

Abbreviations : CT, computed tomogram; DMSA, <sup>99m</sup>TcDMSA scan

**Table 4.** Treatment Outcomes of 10 Pediatric Cases of Acute Pyelonephritis that Showed Normal Findings on DMSA

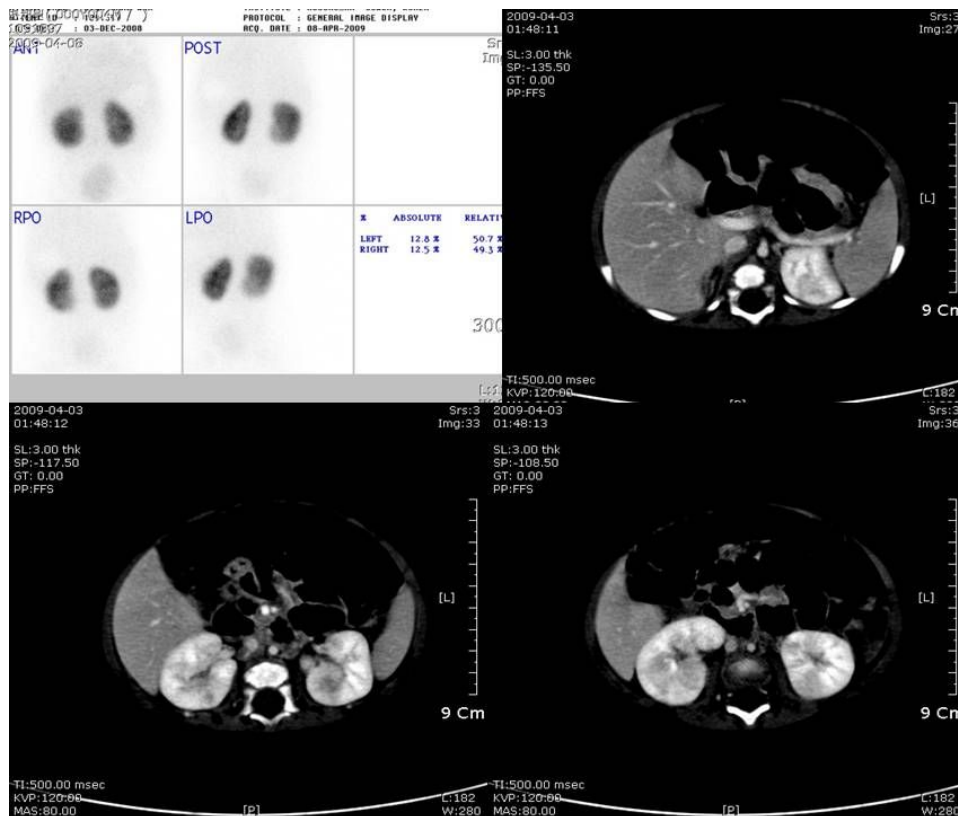
Outcomes	Data
Febrile days, post-treatment	1.3±0.5 days
Resolution of pyuria, post-treatment	4.4±2.2 days
Result of urine culture	
Escherichia coli	8 cases
No growth	2 cases*

\*Had history of taking oral antibiotics before admission

소아에서 요로감염의 진단은 대개 임상증상과 소변검사를 통해 이루어지는데, 이 중 열을 동반한 급성 신우신염의 경우에는 영상학적 진단근거가 뒷받침되어야 한다. Lee 등<sup>5)</sup>의 국내 보고에서도 볼 수 있듯이 소아에서는 신피질 스캔을 사용하여 급성 신우신염을 진단하고 그 치료 경과를 추적관찰 하게 된다. 그러나 DMSA 스캔은 해부학적 묘사가 부족하고 농양이나 신장 주변 조직으로의 파급된 정도를 밝혀내지 못하는 단점이 있을 뿐만 아니라 특수시설과 장비, 핵물질관리 전문인력 등이 필요하기 때문에 응급실에 내원한 환자에게 수시로 적용하기는 어렵다<sup>2-5, 12, 16-19)</sup>.

한편 CT는 DMSA에 비해서 실시가 용이하며 신실질 내에 조영증강이 저하된 췌기모양의 병변을 명확하게 확인할 수 있고 농양, 가스 형성, 폐쇄 등의 합병증과 관련한 병태를 파악하는데 장점이 있지만<sup>2-6, 13-15, 17-19)</sup>, 방사선 피폭량이 상대적으로 많고 조영제 알레르기도 문제되지만, 특히 소아에서 적용상 가장 큰 제한점은 그 해상도가 많이 떨어진다는 것이다<sup>3-5, 7, 11, 12, 19)</sup>.

이러한 CT와 DMSA의 시행상 단점을 보완하고자 신실질 병변 확인을 위한 출력도플러초음파(power doppler sonography),



**Fig. 3.** Diffuse bilateral renal lesions: DMSA scan results were normal, but diffuse renal lesions were detected on CT scan. The differential renal function ratio of Lt to Rt is 50.8:49.2.

조직친화고주파영상(tissue harmonic ultrasonographic imaging) 등이 시도 되어 기존 초음파검사에 비해 우수한 것으로 알려지고 있으나, 계측자의 숙련도 등 많은 인공적 영향을 받기 때문에 보편적으로 활용되지 못하고 있다<sup>20)</sup>.

몇몇 연구에서 DMSA검사의 제한점이 환자의 나이와 관련된 신장기능 성숙도에 관련이 있다는 보고가 있다. Ilyas 등<sup>21)</sup>은 급성 신우신염 환자를 2세 미만, 2-7세, 8세 이상으로 분류하였을 때 DMSA의 민감도가 각각 48%, 52%, 69%로 연령에 따라 차이를 보인다고 보고하였다. 이것은 영아일수록 세뇨관의 기능이 미숙하여 DMSA의 신병변 검출 민감도가 떨어진다는 Stokland 등<sup>22)</sup>의 연구결과와 일치하는 소견이며, 본 연구에서도 DMSA 위음성 결과를 보인 10명 중 8명이 영유아였음을 확인할 수 있었다(Table 1). 또한 본 연구에서 CT와 DMSA 검사를 동시에 시행하지 못하고 평균 7.7일의 시간차가 있었기 때문에 두 검사 결과간의 차이가 발생할 소지도 있다. 그러나 Stokland 등<sup>22)</sup>은 치료를 시작한 이후 첫 14일이 지나야 DMSA의 신병변 발견빈도가 감소한다고 발표하였고 Mok 등<sup>23)</sup>의 연구에서는 내원 1주 이내에 시행한 DMSA의 신병변에 대한 민감도를 92%로 발표한 바 있다. 그리고 급성 신우신염 환자에서 DMSA검사 상 관찰되는 신반흔의 회복여부를 알기위해 추적검사를 최소 6-12개월 이후에 실시하는 것이 통상적임을 고려할 때, 1주일 정도의 간격이 신우신염 병태상 큰 차이를 초래할 가능성은 적다하겠다. 즉 치료개시 1주일 후에 시행된 DMSA 상의 위음성 결과가 검사 시간차에 의한 것이라 평가하기에는 그 근거가 부족하다.

한편 본 연구에서 DMSA 위음성 결과의 이유를 설명하기 위하여 CT 영상을 분석하였을 때, 주로 작은 환부가 일측 신장에 국한되거나 양측 신장에 분산되어 있을 경우가 다수였다. 내원 전 전신적 고열이 지속된 기간이 평균 하루였던 점과 항생제 치료 후 평균 1.3일 이내에 발열이 소실되고 농뇨가 평균 4.4일 만에 소실되었다는 점을 감안하면 신병변이 많이 진행되지 않은 초기 질병상태임을 미루어 짐작할 수 있다. 다시 말해 급성 신우신염으로 생긴 신병변이 국소적이거나 염증초기에는 DMSA 스캔에 비하여 CT가 진단율이 높음을 알 수 있었다. 또한 환부가 일측성이며 국소적일 때, DMSA 비교신기능 측정평가법 역시 본 연구에서 전혀 도움이 되지 않음을 확인할 수 있었다.

급성 신우신염은 소아에서 가장 흔한 세균성 감염증으로 말초혈액 백혈구(WBC), 적혈구침강속도(ESR), C-반응단백(CRP) 등의 증가를 보인다. 프로칼시토닌(procalcitonin) 측정이 급성 신우신염 진단에 민감도와 특이도가 가장 높다 보고되고 있으나, 경제성과 용이성에 있어 말초혈액검사, 적혈구침강속도, C-반응단백 등이 아직 보편적인 임상지표로 이용되고 있다<sup>3, 7-11)</sup>. 본 연구의 대상 환자 10명에서 평균 10.0 mg/dl 수준의 CRP 증가가 있었으며, 9명의 환자에서 말초혈액 백혈구 증가와 농뇨가 확인되었다. 적혈구침강속도는 8명에서 평균 34.3 mm/hr로 증가된 소견 보였다.

본 연구는 DMSA에서는 발견되지 않았으나 CT에서는 신병변

을 관찰할 수 있었던 10명의 환아를 대상으로 한 후향적 연구이다. 환아들은 모두 내원하기 전 하루이상 38.3°C가 넘는 열이 있었고, 다수에서 농뇨가 증명되어 급성 신우신염을 진단하는 데에는 무리가 없었다. 그러나 모두 영상검사로 확진된 신우신염 증례임에도 불구하고 농뇨가 현저하지 않은 증례가 절반이었으며 농뇨가 전혀 없는 경우가 1례(10%), 농뇨는 심하지만 말초혈액 백혈구증가증이 없는 경우가 1례 등이 있음을 볼 때, 소변검사와 급성반응물질 등을 지표로 하는 현재의 평가방법이 아직 완벽하지 않으며, 실제 임상에서 진단을 놓치게 되는 경우가 생길 수 있다는 점을 시사한다. 이번 연구를 통하여 DMSA 검사법은 소아의 급성 신우신염을 진단함에 있어 분명한 결함이 있었으며 특히 환자가 영아이거나 질병 초기인 경우 위음성일 빈도가 높아짐을 알 수 있었다. 한편 64채널 CT는 DMSA에서 이상이 발견되지 않는 경우에도 신병변을 정확하게 밝혀주는 검사법임을 알 수 있었다.

본 연구는 대상 환자의 선정기준을 미리 정한 후 시행하는 전향적 연구가 아니라 두 가지 영상검사법의 민감도, 특이도 등을 비교할 수는 없는 제한점이 있었다. 추후 잘 조절된 전향적 연구의 확대를 통하여 CT의 장점이 명확히 밝혀져 임상에 응용되기를 기대하는 바이다.

**요 약**

**목적 :** 소아에서 급성 신우신염 진단시 computed tomography (CT)와 비교하여 <sup>99mTc</sup>DMSA scintigraphy (DMSA)의 상대적 제한점이 있음을 확인하고자 하였다.

**방법 :** 64채널 CT가 도입된 2006년 9월 이후 3년 동안 급성 복증이나 발열성 급성병증으로 복부 CT검사를 받은 환자 중 급성 신우신염의 소견을 보였으나 후속으로 시행된 DMSA에서는 이상소견을 발견되지 않은 'DMSA 위음성 환자' 10명을 연구대상으로 선정하여 이들의 임상상과 CT 소견을 분석하였다. CT촬영에는 필립스사의 브릴리언스-64 모델을, DMSA 스캔에는 Siemens사의 Orbiter 75 기종을 사용하였다.

**결과 :** 총 10명 중 남자가 8명, 영유아가 8명이었으며 내원당시 평균 1.1일간 발열이 있었고 말초혈액 백혈구 수, 적혈구침강속도, C-반응단백 등의 급성반응표지가 증가된 상태였다. DMSA 정상 소견을 보였던 10명에서 CT 신장환부 소견은 국소적인 경우가 6례, 미만성인 경우가 4례였다. 대개 일측성이었으며 양측 신장 모두 침범된 경우는 2례였다. DMSA에서 확인되지 않은 CT상 병변 개수는 총 22개 확인되었다. DMSA 비교신기능 측정법은 신손상 정도를 가늠하는데 도움이 되지 않았다.

**결론 :** 본 연구를 통하여 DMSA검사는 CT검사상 양성인 급성 신우신염의 신장환부를 밝혀내지 못하는 제한점이 있음이 확인되었다. DMSA 위음성 결과는 주로 질병초기에 영아 환자에서 흔히 발생하는 것으로 보이나, 그 정확한 이유와 발생 비율 등을 밝히기 위해서는 전향적인 추가조사가 필요하다.

## References

- 1) Lee JK, Lee SW, Kim JE, Lee SJ. CT findings of acute pyelonephritis in children: correlation with clinical manifestations. *J Korean Pediatr Soc* 2001;44:257-61.
- 2) Cheng CH, Tsau YK, Chen SY, Lin TY. Clinical course of children with acute lobar nephronia correlated with computed tomographic patterns. *Pediatr Infect Dis J* 2009;28:300-3.
- 3) Yang WJ, Cho IR, Seong DH, Song YS, Lee DH, Song KH, et al. Clinical implication of serum C-reactive protein in patients. *Urology* 2009;73:19-22.
- 4) Han HJ, Kim JH, Lee HS, Lee IS. The significance of renal imaging studies in the diagnosis of acute pyelonephritis. *J Korean Soc Pediatr Nephrol* 2007;11:212-19.
- 5) Lee DK, Kwon DG, Lim YJ, Shin YH, Pai KS, Yun SN. Clinical characteristics and renal outcomes of acute focal bacterial nephritis in children. *J Korean Soc Pediatr Nephrol* 2004;8:229-38.
- 6) Browne RFJ, Zwirewich C, Torreggiani WC. Imaging of urinary tract infection in the adult. *Eur Radiol* 2004;14:168-83.
- 7) Bang SH, Chang IH, Han JH, Ahn SH. C-reactive protein is a useful marker to predict the severity and early response of acute pyelonephritis in women. *Korean J Urol* 2007;48:1143-8.
- 8) Guven H, Altintop L, Baydin A, Esen S, Aygun D, Hokelek M, et al. Diagnostic Value of Procalcitonin Levels as an early indicator of sepsis. *Am J Emerg Med* 2002;20:202-6.
- 9) Chung H, Kim TW, Lee CH, Kim HS. The Clinical significance of serum C-reactive protein in patients with acute uncomplicated pyelonephritis. *Korean J Urol* 2005;46:476-80.
- 10) Julián Jiménez A, Palomo de los Reyes MJ, Ortiz Díaz-Miguel R, Pedrosa Guerrero A, Parejo Míguez R, Salcedo Martínez R. Utility of procalcitonin and C-reactive protein in the septic patient in the emergency department. *Emergencias* 2009;21:23-7.
- 11) Huang DTN, Huang FY, Tsai TC, Tsai JD, Chiu NC, Lin CC. Clinical differentiation of acute pyelonephritis from lower urinary tract infection in children. *J Microbiol Immunol Infect* 2007;40:513-7.
- 12) Ahn SH, Yoon SY, Yoon CH, Moon DH, Park YS. Changes in the findings of <sup>99m</sup>Tc-dimercaptosuccinic acid (DMSA) scan after acute pyelonephritis in childhood and renal scar. *J Korean Pediatr Soc* 2000;43:543-9.
- 13) Kawashima A, Sandler CM, Goldman SM, Roval BK, Fishman EK. CT of renal inflammatory disease. *Radiographics* 1997;17:851-66.
- 14) Cheng CH, Tsau YK, Lin TY. Effective duration of antimicrobial therapy for the treatment of acute lobar nephronia. *Pediatrics* 2006;117:84-9.
- 15) Sattari A, Kampouridis S, Damry N, Hainaux B, Ham HR, Vandewalle JC et al. CT and <sup>99m</sup>Tc-DMSA Scintigraphy in adult acute pyelonephritis: a comparative study. *J Comput Assist Tomogr* 2000;24:600-4.
- 16) Talne LB, Davidson AJ, Lebowitz RL, Palma LD, Goldman SM. Acute pyelonephritis: Can we agree on terminology? *Radiology* 1994;192:297-305.
- 17) Kawashima A, Sandler CM, Goldman SM. Imaging of acute renal infection. *BJUI* 2000;86 Suppl 1:S70-9.
- 18) Maturen KE, Blane CE, Strouse PJ. Computed tomographic diagnosis of unsuspected pyelonephritis in children. *Can Assoc Radiol* 2002;53:279-83.
- 19) Sagel SS, Stanley RJ, Levitt RG, Geisse G. Computed tomography of the kidney. *Urology* 2002;167:458-68.
- 20) Kim BH, Lim HK, Choi MH, Woo JY, Ryu JA, Kim SM, et al. Detection of parenchymal abnormalities in acute pyelonephritis by pulse inversion harmonic imaging with or without microbubble ultrasonographic contrast agent correlation with computed tomography. *J Ultrasound Med* 2001;20:5-14.
- 21) Ilyas M, Mastin ST, Richard GA. Age related radiological imaging in children with acute pyelonephritis. *Pediatr Nephrol* 2002;17:30-4.
- 22) Stokland E, Hellestrom M, Jacobsson B, Jodal U, Lundgren P, Sixt R. Early <sup>99m</sup>Tc dimercaptosuccinic acid (DMSA) scintigraphy in symptomatic first-time urinary tract infection. *Acta Paediatr* 1996;85:430-6.
- 23) Mok CS, Shin DJ, Choi HC, Kim GW, Yi GW, Choi DS. Clinical significances of <sup>99m</sup>Tc-DMSA renal scan in patients with acute pyelonephritis. *Korean J Nucl Med* 1989;23:201-7.