

## 소아 급성 신우신염에서 출력 도플러 초음파검사

이화여자대학교 의과대학 방사선과학교실, 소아과학교실\*  
이선화, 이승주\*

=Abstract=

### Power Doppler Sonography in Children with Acute Pyelonephritis

Sun Wha Lee, M.D. and Seung Joo Lee, M.D.\*

*Department of Radiology and Pediatrics\*,  
Ewha Womans University College of Medicine, Seoul, Korea*

**Purpose:** The purpose of this study is to assess the ability of power Doppler sonography in the detection of acute pyelonephritis.

**Materials and Methods:** We performed gray scale sonography, power Doppler sonography, and  $^{99m}\text{Tc}$  DMSA scintigraphy of the kidney in 80 patients with symptoms suggesting upper urinary tract infection. All imaging studies were obtained within 4 days. On  $^{99m}\text{Tc}$  DMSA scintigraphy, decreased radioactivity or photopenic lesions were considered indicative of acute pyelonephritis. Triangular areas of decreased perfusion identified on power Doppler sonography were considered as parenchymal lesions of acute pyelonephritis. The results of gray scale sonography and power Doppler sonography were retrospectively analysed and compared with those of  $^{99m}\text{Tc}$  DMSA scintigraphy which was given as the standards of reference.

**Results:** For 40(85%) of the 47 patients with scintigraphy-proven acute pyelonephritis, power Doppler sonography diagnosed this condition on the correct side. The acute pyelonephritis which was not revealed by power Doppler sonography was observed in seven patients. Also, in three patients, false-positive indication of pyelonephritis was given by power Doppler sonography. Gray scale sonography showed positive findings in 23(49%) of 47 patients with positive findings on scintigraphy.

**Conclusion:** Power Doppler sonography seems to be less sensitive than  $^{99m}\text{Tc}$  DMSA scintigraphy but significantly more sensitive than gray scale sonography for the detection

of acute pyelonephritis in children. Power Doppler sonography shows promise as a noninvasive means of assessing renal cortical perfusion in children with clinically suspected acute pyelonephritis. (J Korean Soc Pediatr Nephrol 2002 ; 10 : 218-26)

**Key Words** : kidney, power Doppler sonography kidney, scintigraphy pyelonephritis, children

## 서 론

소아에서의 급성 신우신염은 성인에서와 달리 성장 과정중인 신장이 손상되어 비가역적인 신손상 즉 영구적인 신반흔을 일으켜 고혈압이나 만성 신부전증을 유발할 수 있기 때문에 조기의 정확한 진단 및 신속하고 적극적인 치료가 매우 중요하다. 소아의 급성 신우신염은 임상 증상이 뚜렷하지 않고 검사 결과가 확실하지 않아 진단이 어려운 경우가 많다. 소아의 급성 신우신염의 진단에는 다양한 진단법이 이용되어 왔으며 이중  $Tc-99m$  DMSA 신티그라피가 임상에서 보편적으로 활용되고 있으나 이의 방사선 피폭에 대해서는 논란이 있다<sup>1-2)</sup>.

회색도초음파는 신장에 대한 우수한 해부학적 묘사뿐만 아니라 간편성, 비침해성 등으로 활용될 수 있으나 급성 신우염의 진단에 있어서는  $Tc-99m$  DMSA 신티그라피에 비해 민감도나 특이도가 낮은 것으로 알려져 있다. 급성 신우신염의 신실질병소에 관류가 저하된다는 사실에 근거하여 시도한 색도플러초음파에 관한 초기보고는 매우 고무적이었고<sup>2)</sup>

이후 미세한 혈관에 더 민감한 것으로 알려진 출력도플러초음파 (power Doppler sonography)에 대한 연구가 이루어졌다<sup>4-7)</sup>. 이에 저자들은 소아의 급성 신우신염에 대한 출력도플러 초음파의 진단적 의의를 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

최근 2년간 임상적으로 급성 상부요로감염이 의심되었고 임상 및 방사선학적 소견에 의해 급성 신우신염으로 진단된 생후 10일부터 9세사이의 소아 80명을 대상으로 하였다. 남아가 45명, 여아가 35명이며 평균연령은 11개월이었다. 진단기준은 방광천자뇨에서는 그람음성균인 경우 모두 균락수, 그람양성균은  $10^3$  균락수/mL 이상인 경우, 청결중간뇨에서는 2회 모두 균일한 균주가  $10^5$  균락수/mL 이상인 경우로 하였고 뇨배양검사로 확진하였다. 급성 신우신염의 급성기 반응지표인 백혈구 수가  $5000/mm^3$  이상, 혈침 속도 25 mm/hr 이상, CRP 0.8 mg/dL 이상을 병적 증가로 정의하였다.

모든 환아에서  $Tc-99m$  DMSA 신티그라피와 초음파검사(회색도 및 출력도플러)를 시행하였으며 양 검사간의 시간은 30분부터 4일 이내였으며 이중 50명은 1일 이내에 시행하였다 (양 검사의 평균 기간은 0.3일 이었다).

신티그라피는  $Tc-99m$  DMSA를 체중 1 kg당 50 uCi 주사후 2-3시간에 평면(planar)영상을 촬영하고 이중 45명에서는 횡단 및 관상의 단일광자방출전산화단층촬영 (single photon

접수 : 2002년 9월 15일, 승인 : 2002년 10월 12일  
책임저자 : 이선화. 서울특별시 양천구 목동 911-1 이대목동병원 방사선과  
전화 : (02) 650-5173 FAX : (02) 2644-3362  
E-mail : sonic323@mm.ewha.ac.kr  
이 논문은 2001년도 이대목동병원 임상연구비의 지원으로 이루어졌음.

emission computed tomography, 이하 SPECT로 약함)으로 영상을 얻었으며 사용한 기기는 Starcam 40001 (GE Milwaukee, Wisconsin, USA)였다. 신티그래피에서는 신피질의 방사능축적이 저하되거나 결손된 부위를 신우신염의 신실질 병소로 간주하였다.

초음파검사시 사용한 기기는 Acuson Computed Sonography 128XP/10 (Acuson, Mountain View, CA, USA)와 HDI 5000 (Advanced Technology Laboratories, Bothell, Wash)를 사용하였고 5-7 MHz 혹은 7-12 MHz 고해상 블록 혹은 선형의 탐촉자로 검사하였다. 출력도플러초음파에서는 검사조건을 모든 환자에서 동일하게 적용하였으며 색계인은 검사에 따라 관심영역 내에 배경색 잡음(color noise)이 생기지 않는 범위내에서 가장 높은 수준으로 조절하여 시행하였다. 회색도 초음파에서는 양측 신장에 대한 종단 및 횡단스캔을 양와위 혹은 복와위에서 시행하였고 신장의 크기, 신실질 에코양상, 신피질 및 수질의 구분정도, 신우, 신배 혹은 요관의 확장 여부 등을 평가하였다. 출력도플러초음파에서는 엽간동맥, 소엽간동맥 및 궁상동맥으로의 혈류가 규칙적이며 대칭적으로 잘 분포되면 정상소견으로 하였고 삼각형의 관류가 저하되거나 없는 부위를 신우신염의 신실질 병소로 정하였다.

<sup>Tc-99m</sup> DMSA 신티그래피, 회색도초음파 및 출력도플러초음파 소견을 1인의 방사선과 의사가 후향적으로 평가하였고 급성 신우신염의 신실질병소에 대한 객관적인 참조기준은 신티그래피 소견이었고 이를 출력도플러검사의 관류이상소견과 비교분석하였다. 출력도플러검사의 민감도 및 특이도를 구함에 있어 양측 신장의 어느 한 부위에서 출력도플러의 관류이상 소견이 관찰되면 이를 양성소견으로 간주하였고, 신실질병소의 수 각각에 대해서는 부위별로 비교분석하지 않았다.

## 결 과

<sup>Tc-99m</sup> DMSA 신티그래피에서 80명중 47명(59%)에서 급성신우신염의 신실질병소를 의미하는 삼각형 혹은 타원형의 방사능축적의 결손부위가 관찰되었고(Fig.1-2),



Fig.1A. 4-month-old boy with acute pyelonephritis in left kidney. A. Posterior view of <sup>Tc-99m</sup> DMSA scintigraphy shows subtle photopenic lesion in upper portion of left kidney.

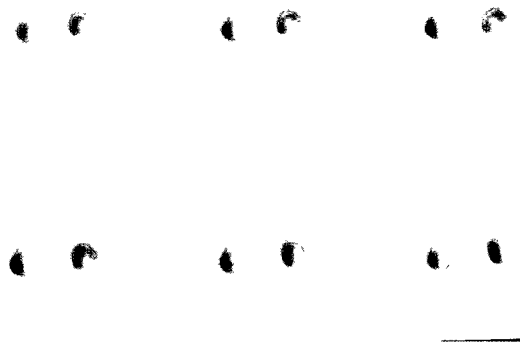
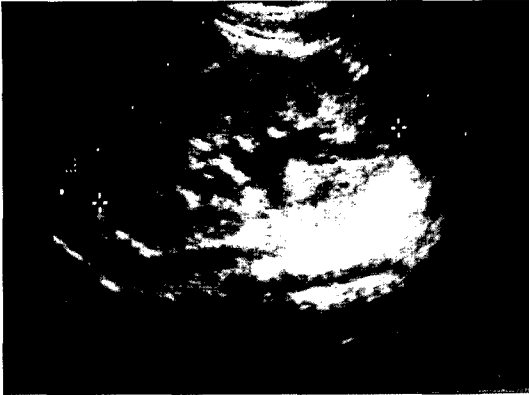


Fig.1B. Axial images of SPECT reveals photopenic lesions in posterolateral cortices of left kidney.



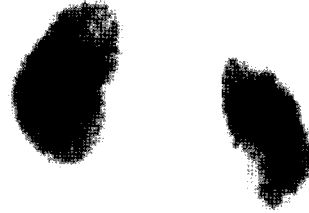
**Fig.1C.** Longitudinal scan shows mild pelviectasis of left kidney.



**Fig.1D.** Longitudinal scan of power Doppler US demonstrates multiple triangular shaped vascular defects in upper portion of left kidney.

33명(41%)에서는 정상소견이 관찰되었다. 신티그라피에서 신실질병소가 관찰된 47명의 경우 양측신장을 침범한 경우는 5명으로 침범된 신장은 총 52예였으며 이중 단발성병소가 34예, 다발성병소가 18예였다.

회색도초음파경우 23명(29%)에서 이상소견, 57명(71%)에서는 정상소견이 관찰되었다.(Fig.3). 이상소견은 17예의 신장비대, 16예의 신수질피질 구별의 소실이 동반된 고에코성 신실질

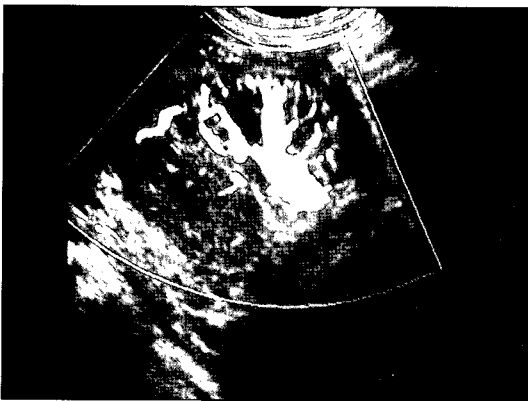
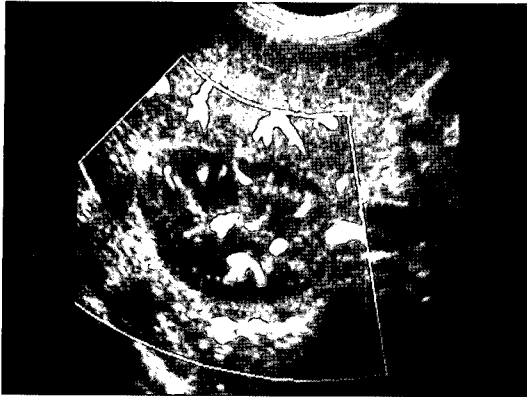


**Fig.2A.** 5-month-old boy with acute pyelonephritis in right kidney. A. Posterior view of scintigraphy reveals multiple patchy photopenic lesions in upper and lower poles of right kidney.



**Fig.2B.** Longitudinal scan demonstrates ill demarcated area of echogenic lesions with loss of corticomedullary differentiation in upper and midportion of enlarged right kidney.

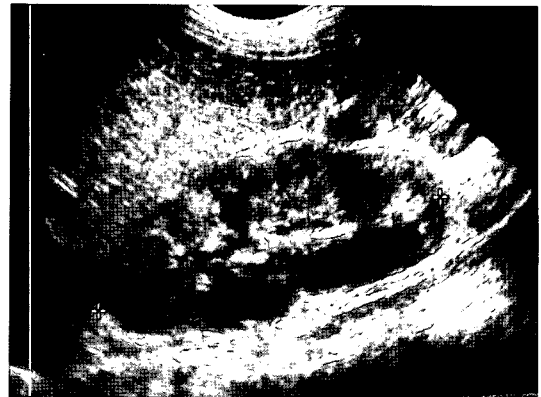
출력도플러초음파에서는 43명(54%)에서 삼각형의 신장의 관류가 저하되거나 없는가 관찰되었고(Fig.1-3) 병소(Fig.1), 14예의 뇨관이나 신우-신배의 확장 그리고 1예의 저에코성 신실질 병소였다. 37명에서는 정상소견(45%)이 관찰되었다.



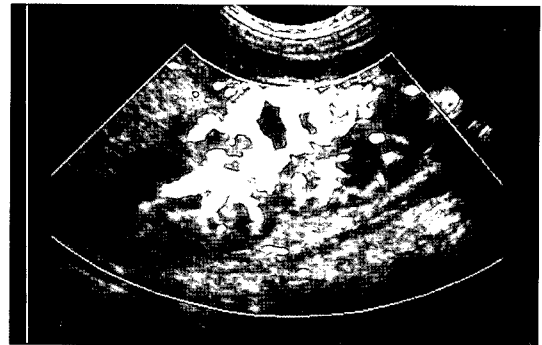
**Fig.2C-D.** Transverse scans of upper and midportion of right kidney show multiple areas of absent perfusion of right kidney, more extensive on upper pole.



**Fig.3A.** 8-month-boy with pyelonephritis in right kidney. A. Posterior view of scintigraphy shows multiple photopenic lesions in upper and lower portion of right kidney.



**Fig.3B.** No definite abnormality is demonstrated on gray scale US.



**Fig.3C.** Longitudinal scan of power Doppler US reveals multiple area of absent perfusion in upper and lower poles of the right kidney, more extensive on upper pole.

출력도플러초음파 소견을 신티그라피와 비교하면 Table 1.과 같다. 출력도플러초음파에서 관류의 이상소견이 있었던 43명중 3명신티그라피에서 이상소견이 관찰되지 않아 위양성 진단이었다. 출력도플러초음파에서 정상소견이 관찰된 37명중 7명은 신티그라피에서 이상소견이 관찰되어 위음성 진단이었다. 급성 신우신염에 대한 출력도플러초음파의 민감도는 85%, 특이도는 81%였다.

**Table 1.** Comparison of results of <sup>Tc-99m</sup>scintigraphy(Reference Method) and power Doppler sonography (N=80)

TC-99m scintigraphy	Power doppler US		Gray scale US		Total
	Positive	Negative	Positive	Negative	
			Positive	Negative	
APN(+)	40	7	23	24	47
APN(-)	3	30	0	33	33
Total	43	37	23	57	80

## 고 찰

급성 신우신염은 요로감염이 신우 및 신실질에 파급된 경우로 신생아에서는 종종 혈행성으로 발생하나 대부분은 요도로부터의 상행성 감염경로를 통하여 발생한다. 급성 신우신염은 특징적인 임상증상을 보인 환아에서 의미있는 세균뇨가 있는 경우 확진하나 소아, 특히 신생아와 영아에서는 전형적인 임상증상이 나타나지 않아 조기 진단이 어려운 경우가 많고 임상검사에서도 위양성 및 위음성 비율이 성인에 비해 높다. 소아의 신우신염은 치료 후에도 비가역적인 신반흔을 초래할 가능성이 50-60%정도로 보고되었고 고혈압이나 말기 신부전을 야기할 수도 있다. 환아의 나이가 어릴수록 특히 2-3세 이하에서는 급성 신우신염에 의한 신피질의 반흔 형성에 의한 신 손상이 심하므로 초기의 정확한 진단 및 치료는 중요한 의미를 갖는다<sup>1, 2, 8, 9)</sup>.

급성 신우신염의 주된 병태생리는 염증의 절정기에 세뇨관은 백혈구나 원주로 충만하여 국소적으로 폐색되며, 레닌의 국소적인 유출 혹은 박테리아의 내독소에 의해 염증성 병소 부위의 분절 혹은 소엽간동맥 및 세뇨관주위 세동맥이 심하게 수축되거나 압박되어 국소적으로 관류가 저하되고 또한 세뇨관 세포막의 변형된 수송기전과 세포사망 등이

다. 급성 신우신염에 대한 신티그라피, 출력 도플러초음파, 전산화단층촬영 (Computed Tomography, 이하 CT로 약함), 자기공명영상의 양성소견에 관련되는 가장 흔한 요인은 박테리아 침범에 대한 신실질의 염증성 반응에 의한 국소적 허혈이다<sup>6-11)</sup>.

<sup>Tc-99m</sup> DMSA 신티그라피는 투여량의 60%가 근위세뇨관 세포에 결합되므로 급성 신우신염의 초기에 급성 염증이 있는 부위에서 방사능 축적이 감소되며 이는 국소적인 근위부 세뇨관 세포막의 기능이상과 허혈상태를 반영하며 비교적 초기부터 단일 혹은 다발성의 다양한 크기의 방사능 축적이 없거나 감소된 부위로 관찰되며 드물게는 비대된 신장에서 방사능 축적이 미만성으로 저하된다. 신피질신티그라피는 흔히 이용되며 90-98%의 민감도를 보이는 진단적 우수성에 의해 급성 신우신염의 신실질병소의 평가에 있어서 객관적 참조기준(reference method)로 활용되고 있다. <sup>Tc-99m</sup> DMSA 주입에 의한 신피질의 방사선피폭량은 영아의 경우 14.4 mGy정도이며 이는 나선식 CT에 의한 피폭량과 유사하다<sup>(11-15)</sup>.

CT는 신티그라피와 유사한 민감도와 특이도를 보이거나 급성 신우염이 의심되는 모든 환아에서 통상적으로 사용될 수는 없으나 신농양 등의 합병증 발견에는 진단적 가치가 높다. 급성 신우신염의 신실질병소는 쇠기형 혹은 선상의 조영증강이 저하된 부위로 관찰된다<sup>9, 11, 16, 17)</sup>.

회색도초음파는 비침해적으로 간편하게 소아에서 이용될 수 있는 장점이 있고 특히 상부요로감염의 증상이 있는 열이 나는 소아의 경우 수신증, 농신증이나 신농양의 가능성을 배제하기 위하여 첫 선별검사로 이용된다. 급성 신우신염에 대한 소견은 신실질 에코양상의 변화, 신수질-피질 구별의 소실, 수신증, 신우벽의 비후, 신장비대가 알려져 있고 이중

비교적 특이한 소견인 고에코성의 신실질병소는 출혈 혹은 신세뇨관에 저류된 고름을 의미하고 저에코양상의 병변은 화농성 변화를 의미하나 혼하지 않다. 급성 신우신염에 대한 회색도초음파의 민감도는 11-69% 정도로 다양하게 보고되었고 이는 검사자의 관심과 숙련도, 초음파기기의 해상도 등과 관련이 있다<sup>3, 4, 11, 12, 13</sup>. 저자들의 경우 민감도는 49%였다.

출력도플러초음파는 색도플러초음파에서 이용하는 평균 주파수 변위 대신 적혈구에서 반사되어 나오는 도플러신호의 전체 통합출력을 나타내는 방법으로 색도플러에 비해 낮은 속도의 혈류를 가진 미세혈관이나 체부 깊숙한 곳의 소혈관에 민감하게 작용하며 입사각에 영향을 받지 않고 허상이 적다는 장점이 있다. 진정되지 않은 소아는 호흡정지를 제대로 하지 못하고 움직이므로 이에 의한 인공물(motion artifacts)이 색도플러초음파에 비해 더 확대되어 나타날 수 있는 단점이 있다<sup>4-7</sup>. 급성 신우신염의 신실질병소는 색도플러초음파에서 비교적 삼각형의 혈류가 없거나 저하된 부위로 관찰되며 이는 염증성 병소부위의 허혈성 변화를 반영하며 민감도는 62%로 보고되었다<sup>3</sup>. 급성 신우신염에 대한 출력도플러초음파의 특이도 및 민감도를 Dacher등<sup>4</sup>)은 91% 및 89%, Winter등<sup>6</sup>)은 100% 및 75%로 보고하였다. 저자들의 경우 특이도는 81%, 민감도는 85%였으며, 특이도가 다소 낮은 것은 저자들의 경우 연구대상 환자의 수가 타 연구보다 많은 것도 일부 요인으로 생각된다.

급성 신우신염에 대한 출력도플러초음파의 위음성 혹은 위양성 소견에 관련되는 요인이 명확히 규명되지는 않았으나 관련된 요인으로 신실질의 염증성 병소의 불완전한 허혈상태 혹은 비만, 늑골, 장내 가스나 호흡시의 움직임에 의한 검사장애, 그리고 검사자의

숙련도 미숙 등이 제시된 바 있다<sup>4-6,11</sup>. 저자들의 경우 위양성소견을 보인 3명은 다소 미만하였고 신장의 상단에 병소가 있었고 위음성소견의 경우는 Dacher등<sup>4</sup>)의 보고와는 달리 7명으로 많았고 병소는 상극에 있었다. 현재까지 급성신우신염 진단에 대한 출력도플러초음파와 색도플러초음파에 대한 직접적인 비교연구는 없다.

신실질병소의 발견에 대한 출력도플러초음파 소견을 CT 혹은 신티그라피 결과와 비교 분석하면 출력도플러검사가 다소 덜 민감하고 특히 미만성 병소를 초점의 병소로 과소평가 할 수 있으나 이러한 병소의 과급정도는 치료방침에 크게 영향을 미치지 않는다는 보고가 있다<sup>4,11</sup>. 저자들은 Dacher등<sup>4</sup>)처럼 신실질병소의 위치별로 양검사의 진단적 의의를 평가하지 않아 본 연구의 제한점이라 생각한다. 출력도플러초음파는 급성신우신염의 진단에 있어 CT 혹은 신티그라피와 비교하면 출력도플러초음파는 방사선피폭이 전혀 없고, 조영제 혹은 방사성의약품을 주사할 필요가 없고, 가격이 저렴하며, 언제나 간편히 시행할 수 있는 장점이 있다.

요약하면, 출력도플러초음파는 임상적으로 급성 신우신염을 의심하는 소아에서 통상적인 회색도초음파 검사시에 병용함으로써 진단에 유익한 결과를 유도할 수 있으며 이는 차후 CT 혹은 신피질 신티그라피를 대체할 수 있으리라 생각된다.

## 한 글 요약

**목적:** 소아의 급성 신우신염에서 신실질병소의 발견에 대한 출력도플러초음파의 진단적 유용성을 평가하고자하였다.

**대상 및 방법:** 임상적으로 상부요로감염으로 진단된 80명의 소아에서 회색도초음파, 출력도플러초음파 및 <sup>99m</sup>Tc DMSA 신티그라피

를 시행하였고 각 검사간의 시간 간격은 4일 이내였다. 급성 신우신염의 신실질병소에 대한 진단 기준은 신티그라피에 관찰되는 방사능축적이 감소되거나 결손된 부위였고, 출력도플러초음파에서는 삼각형의 신장내 관류가 저하되거나 없는 부위였다. 급성 신우신염에 대한 객관적인 참조기준은 신티그라피 소견이었고 이를 출력도플러초음파와 회색도초음파 결과와 비교분석하였다.

**결과:** 신티그라피에서 급성 신우신염의 병소가 발견된 47명중 40명(85%)은 출력도플러초음파에서도 관류의 이상이 관찰되는 양성 소견을 보였다. 출력도플러 초음파 소견이 위음성인 경우가 7명, 위양성인 경우가 3명 있었다. 회색도초음파경우 신티그라피에서 병소가 발견된 47명중 23명(49%)에서 이상소견을 관찰할 수 있었다.

**결론:** 출력도플러초음파는 소아의 급성 신우신염의 진단에 있어 신티그라피보다는 민감하지 않으나 회색도초음파에 비해서는 매우 민감하였다. 출력도플러 초음파는 급성 신우신염을 의심하는 소아에서 신장으로의 관류이상을 평가할 수 있는 비침해적인 검사로 진단적 가치가 있다.

## 참 고 문 헌

1. Rushton HG. Urinary tract infection in children. *Epidemiology, evaluation and management*. *Pediatr Clin North Am* 1997; 44:1133-69
2. Cleeson FV, Gordon I. Imaging in urinary tract infection. *Arch Dis Child* 1991;66: 661-72
3. Eggli KD, Eggli D. Color Doppler sonography in pyelonephritis. *Pediatr Radiol* 1992;22:422-5
4. Dacher JN, Pfister C., Monroc Michele, Eurin D, Dosseur PL. Power Doppler sonographic pattern of acute pyelonephritis in children: comparison with CT. *AJR* 1996;166:1451-5
5. Babcock DS, Patriquin H, LaFprtime M, Dausat. Power Doppler sonography: basic principles and clinical applications in children. *Pediatr Radiol* 1996;26:109-15
6. Winter WD. Power Doppler sonographic evaluation of acute pyelonephritis in children. *J Ultrasound Med* 1996;15:91-6
7. Rubin JM, Bude BO, Carson PL. Power Doppler US: Potentially useful alternative to mean frequency-based color Doppler US. *Radiology* 1994;190:853-61
8. Roberts JA. Etiology and pathophysiology of pyelonephritis. *Am J Kidn Dis* 1991; 17:1-9
9. Talner LB, Davidson AJ, Lebowita RL. Acute pyelonephritis: Can we agree on terminology *Radiology* 1994;192:297-305
10. Hill GS, Clark RL. A comparative angiographic, microangiographic and histologic study of experimental pyelonephritis. *Invest Radiol* 1972;7:33-47
11. Majd M, Blask AR, Markle BM, Shalaby E, Pohl HC, Park JS et al. Acute pyelonephritis: comparison of diagnosis with Tc-99m DMSA SPECT, spiral CT, MR imaging, and power Doppler US in an experimental pig model. *Radiology* 2001; 218:101-8
12. Kass EJ, Fink-Bennett D, Cacciarelli AAl. The sensitivity of renal scintigraphy and sonography in detecting noobstructive acute pyelonephritis. *J Urol* 1987;148:606-8
13. Bjorgvinsson E, Madj M, Eggi KD. Diagnosis of acute pyelonephritis in children:



- comparison of sonography and 99m Tc-DMSA scintigraphy. *AJR* 1991;157:539-43
14. Gilblin JG, O'Connor KP, Fildes RD. Diagnosis of acute pyelonephritis in the piglet using SPECT DMSA scintigraphy: Pathologic correlation. *Radiology* 1994; 191:589-64
15. Verboven M, Ingels M, Deleree M. Tc-99m DMSA scintigraphy in acute urinary tract infection in children. *Pediatr Radiol* 1990;20:540-46
16. Noshier JI, Tamminen JI, Amorosa JK. Acute focal bacterial nephritis. *Am J Kidney Dis* 1988;11:36-40
17. Montgomery P, Kuhn JP, Adshani E. CT evaluation of severe renal inflammatory disease in children. *Pediatr Radiol* 1987;17:216-30