

## 소아 상부 요로감염의 진단을 위한 혈청 procalcitonin 검사의 유용성

인제대학교 의과대학 상계백병원 소아과, 진단검사의학과\*

김동욱 · 정주영 · 구자욱 · 김상우 · 한태희\*

### Usefulness of serum procalcitonin test for the diagnosis of upper urinary tract infection in children

Dong Wook Kim, M.D., Ju Young Chung, M.D., Ja Wook Koo, M.D.  
Sang Woo Kim, M.D. and Tae Hee Han, M.D.\*

Department of Pediatrics and Diagnostic Laboratory Medicine\*,  
Sanggye Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Seoul, Korea

**Purpose :** It is difficult to make a distinction between lower urinary tract infection(UTI) and acute pyelonephritis(APN) during the acute phase of febrile UTI due to nonspecific clinical symptoms and laboratory findings, especially among young children. We measured the serum procalcitonin(PCT) in children with UTI to distinguish between acute pyelonephritis and lower UTI, and to determine the accuracy of PCT measurement compared with other inflammatory markers.

**Methods :** Serum samples were taken from children who admitted with unexplained fever or were suspected of having UTI. 51 children(mean 12.2±11.4 months) were enrolled in this study. Leukocyte counts, erythrocyte sedimentation rates(ESR) and C-reactive protein(CRP) were also measured. Renal parenchymal involvement was assessed by <sup>99m</sup>Tc DMSA scintigraphy in the first 7 days after admission. PCT was measured by immunoluminometric assay.

**Results :** PCT values were significantly correlated with the presence of renal defects in children with UTI(n=16)(5.06±12.97 μg/L, P<0.05). However, PCT values were not significantly different between children with UTI without renal damage(n=18) and children without UTI(n=17). Using a cutoff of 0.5 μg/L for PCT and 20 mm/hr for ESR, 20 mg/L for CRP, sensitivity and specificity in distinguishing between UTI with and without renal involvement were 81.3 percent and 88.9 percent for PCT 87.5 percent and 72.2 percent for ESR, and 87.5 percent and 55.6 percent for CRP, respectively. Positive and negative predictive values were 86.7 percent and 84.2 percent for PCT and 60.9 percent and 81.8 percent for CRP, respectively.

**Conclusion :** In febrile UTI, PCT values were more specific than CRP, ESR and leukocyte count for the identification of patients who might develop renal defects. (**Korean J Pediatr** 2006;49:87-92)

**Key Words :** Acute pyelonephritis, Procalcitonin, <sup>99m</sup>Tc DMSA scintigraphy, Urinary tract infection

### 서 론

소아 특히 영·유아에서 요로감염은 흔한 세균성 질환 중의 하나로 조기 진단하여 적절히 치료하지 않을 경우, 신반흔을 형성하여 고혈압과 말기 신부전 등의 심각한 합병증을 야기할 수

는 중요 질환이다<sup>1)</sup>. 영·유아에서 요로감염은 세균성 뇌수막염, 세균성 폐렴, 패혈증보다 높은 유병률을 보이며, 열 이외에는 특이적인 증상이 없는 경우가 많아 빨리 진단하기가 어렵다. 요로감염증은 침범부위, 증상의 유무에 따라 하부 요로감염(방광염, 요도염)과 상부 요로감염(신우신염)으로 분류한다. 하부 요로감염은 심각한 합병증을 일으키지 않으나, 상부 요로감염은 신반흔과 말기 신부전 등의 합병증을 초래할 수 있다. 상부 요로감염과 하부 요로감염을 감별하기 위하여 임상 증상, 신장 초음파, 전혈 백혈구수, ESR과 CRP 수치 등이 이용되지만 유용성은 크지 않다<sup>2)</sup>. 특히 전혈 백혈구수, ESR과 CRP 수치 등은 상부 요

본 논문은 2004년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.

접수 : 2005년 8월 19일, 승인 : 2005년 10월 4일

책임저자 : 구자욱, 인제대 상계백병원 소아과

Correspondence : Ja Wook Koo, M.D.

Tel : 02)950-1074 Fax : 02)951-1246

E-mail : koojw9@sanggyepaik.ac.kr

로감염에서 의미 있게 증가하지만 신장 침범이 없는 방광염에서도 증가되는 소견을 보이며, 증상이 없는 신우신염에서는 음성이 나올 수 있어서 상부 요로감염을 예측하는 인자로 쓰기는 어렵다<sup>3, 4)</sup>. 급성 신우신염의 진단은 <sup>99m</sup>Tc DMSA 신장 스캔 검사를 통하여 부분 혹은 미만성 결손이 있는 것으로 진단할 수 있지만 방사선 조사, 경제성과 모든 병원에서 쉽게 하기는 어려워 검사의 제한성이 문제가 된다<sup>5-10)</sup>.

급성 신우신염의 감별을 위한 정확하고 신속한 검사가 필요한 상황에서 최근 procalcitonin(PCT)이 심한 세균 감염에서 특이적인 증가를 보이며<sup>11, 12)</sup>, 특히 상부 요로감염 환자에서 증가하는 것으로 보고되었다<sup>13-16)</sup>.

이에 저자들은 소아에서 상부 요로감염의 감별 진단에서 PCT 측정의 유용성을 알아보기 위하여 본 연구를 시행하였다.

### 대상 및 방법

2004년도 2월부터 2005년 4월까지 인제대학교 상계백병원 소아과에 원인 불명의 열을 주소로 외래 혹은 응급실을 통하여 입원한 60명의 환자 중 패혈증이나 폐렴 등의 전신적인 염증 반응을 보이는 9명을 제외한 51명을 대상으로 하였다. 요로감염의 진단은 입원 시에 시행한 소변 배양검사(청결 채취 중간뇨와 무균 채뇨백뇨: 단일세균 10<sup>5</sup> CFU/mL 이상, 도뇨관 채뇨: 단일세균 10<sup>5</sup> CFU/mL 이상, 방광 천자뇨: 그람 양성 세균-10<sup>3</sup> CFU/mL, 그람 음성세균-균락수와 관계없이)의 결과를 기준으로 하였다. 그리고 입원 후에 시행한 <sup>99m</sup>Tc DMSA 신장 스캔 검사에서 부분 또는 미만성 결손이 있으면 상부 요로감염으로 진단하였다. 대상 환아는 신장 침범 여부를 기준으로 1군(요로감염 이외의 열성 질환, 17명), 2군(신장 침범이 없는 요로감염군, 18명), 3군(신장 침범이 있는 요로감염군, 16명)으로 분류하였다.

모든 대상 환아는 입원 후 정맥용 항생제 투여 전에 말초혈액 백혈구수, ESR, 혈청 CRP, 혈청 PCT 수치를 측정하였다. 혈청 PCT 수치의 추적 검사는 제 3군(상부 요로감염군) 환아 중 열이 떨어진 9명에서 첫 검체를 채취한 3-5일 후에 시행하였다.

PCT의 정량측정은 2개의 단일 항체를 이용한 immunoluminometric assay(LUMI test; Brahms Diagnostica, Berlin,

Germany)를 이용하였으며, 0.5 ng/mL 이상 증가한 경우 양성으로 판정하였다.

입원 후 7일 이내에 모든 환아에서 <sup>99m</sup>Tc DMSA 신 스캔을 시행하였으며, 신 침범은 부분 혹은 미만성 결손이 있는 경우로 정의하였다.

### 1. 통계 분석

통계처리는 SPSS(11.5 for Window)를 이용하여 분석하였으며 평균값의 비교는 t-test, one-way ANOVA를 이용하였고, 각 염증 지표들의 민감도와 특이도 비교는 receiver operating characteristic(ROC) curve 분석을 시행하였다. P값이 0.05 이하인 경우를 통계적으로 유의성이 있는 것으로 보았다.

## 결 과

### 1. 연령 및 성별

대상 환아는 모두 51명이었으며 성비는 2:1(남아 34명, 여아 17명)이었다. 대상 환아의 연령 범위는 1개월부터 7세였으며, 평균연령은 14.00±18.87개월이었다. 대상군에 따른 평균 연령과 성비는 각각 1군(17명)은 12.18±11.45개월, 11:6이었으며, 2군(18명)은 10.28±17.33개월, 14:4이었으며, 3군(16명)은 20.13±25.44개월, 9:7이었다. 대상 환아군의 연령과 성별의 평균치 비교를 보면 1군과 2군(연령: P=0.77, 성별: P=0.42), 2군과 3군(P=0.13, P=0.19), 1군과 3군(P=0.23, P=0.61)간에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

### 2. 말초 혈액 백혈구 수치

대상 환아군의 백혈구 수치의 평균은 각각 제 1군 8,731.76±4,074.76/mm<sup>3</sup>, 제 2군 15,195.00±5,164.27/mm<sup>3</sup>, 제 3군 19,355.00±7,414.36/mm<sup>3</sup>이었으며, 각 세 군의 평균치의 비교에서 제 1군과 제 2군, 그리고 제 1군과 제 3군간은 유의한 차이가 있었으나(P<0.05) 제 2군과 제 3군은 유의한 차이가 없었다(P=0.08).

**Table 1.** Comparison of Clinical Data and Acute Inflammatory Makers among Three Groups

	Group 1(n=17)	Group 2(n=18)	Group 3(n=16)
Age(months)	12.18±11.45	10.28±17.33	20.12±25.43
Sex(female/male)	11/6	14/4	9/7
Leukocyte(count/mm <sup>3</sup> )	8,731.76±4,074.76 <sup>*, †, §</sup>	15,195.00±5,164.27 <sup>*, §</sup>	19,355.00±7,414.36 <sup>†, §</sup>
ESR(mm/hr)	10.06±11.93 <sup>†, §</sup>	13.78±13.87 <sup>†, §</sup>	40.31±15.30 <sup>†, †, §</sup>
CRP(mg/L)	10.24±15.04 <sup>†, †, §</sup>	19.79±20.37 <sup>†, †, §</sup>	109.37±67.23 <sup>†, †, §</sup>
PCT(μg/L)	0.33±0.14 <sup>†</sup>	0.34±0.33 <sup>†</sup>	5.06±12.97 <sup>†, †</sup>

Abbreviations: UTI, urinary tract infection; ESR, erythrocyte sedimentation rates; CRP, C-reactive protein; PCT, procalcitonin  
Group 1: Fever without UTI, Group 2: UTI without renal involvement, Group 3: UTI with renal involvement

\*P<0.05 group 1 vs group 2, †P<0.05 group 2 vs group 3, ††P<0.05 group 1 vs group 3, §P<0.05 group 1 vs group 2 vs group 3

### 3. ESR

대상 환자군의 ESR 수치의 평균은 제 1군 10.06±11.93 mm/hr, 제 2군 13.78±13.87 mm/hr, 제 3군은 40.31±15.30 mm/hr였으며, 각 군간의 평균치의 비교에서 제 1군과 제 2군은 평균치는 유의한 차이는 없었으나( $P=0.42$ ), 제 2군과 제 3군, 그리고 제 1군과 제 3군간에는 유의한 차이가 있었다( $P<0.05$ ).

### 4. 혈청 CRP

혈청 CRP 수치의 평균은 제 1군 10.24±15.04 mg/L, 제 2군 19.79±20.37 mg/L, 그리고 제 3군 109.37±67.23 mg/L이었으며, 각 군간의 평균치의 비교에서 제 1군과 제 2군, 제 2군과 제 3군, 그리고 제 1군과 제 3군의 평균에 유의한 차이가 있었다( $P<0.05$ ).

### 5. 혈청 PCT

혈청 PCT 수치의 평균은 제 1군 0.33±0.14 µg/L, 제 2군 0.34±0.33 µg/L, 제 3군 5.06±2.97 µg/L였으며, 각 군간의 평

균치를 보면 제 1군과 제 2군은 차이가 없었으나( $P=0.99$ ), 제 2군과 제 3군, 그리고 제 1군과 제 3군간에는 유의한 차이가 있었다( $P<0.05$ ).

염증 지표별로 비교하면 제 1군과 제 2군의 비교에서 말초 혈액 백혈구과 CRP 수치만 통계학적으로 의미가 있었으며, 제 2군과 제 3군의 비교에서는 말초 혈액 백혈구를 제외한 다른 염증 지표들이 유의한 차이가 있었다. 그리고 제 1군과 제 3군의 비교에서는 측정된 모든 염증 지표들이 유의한 차이가 있었다. 세 군의 평균을 동시에 비교하였을 때는 모든 염증 지표들에서 유의한 차이를 보였다.

### 6. 염증 지표의 민감도와 특이도 비교

ROC 곡선을 이용하여 제 2군과 제 3군의 말초 혈액 백혈구, ESR, 혈청 CRP, 혈청 PCT의 민감도 및 특이도를 비교하였다(Fig. 1). 말초 혈액 백혈구(Cutoff value=15,000/mm<sup>3</sup>)의 민감도와 특이도는 각각 75.0%, 56.6%이었으며, ESR(Cutoff value=20 mm/hr)은 87.2%, 72.2%였고, 혈청 CRP(Cutoff value=20 mg/L)는 87.5%, 55.6%였다. 혈청 PCT(Cutoff value=0.5 µg/L)의 민감도와 특이도는 각각 81.3%, 88.9%였다(Table 2). 민감도와 특이도 비교에서 민감도는 CRP, ESR, PCT, 말초 혈액 백혈구 순으로 높았으며, 특이도는 PCT, ESR, CRP, 말초 혈액 백혈구 순으로 높았다.

### 7. 염증 지표의 양성 예측도와 음성 예측도의 비교

제 2군과 제 3군의 비교에서 말초 혈액 백혈구(Cutoff value=15,000/mm<sup>3</sup>)의 양성 예측도(positive predictive value, PPV)와 음성 예측도(negative predictive value, NPV)는 각각 57.1%, 69.2%이었으며, ESR(Cutoff value=20 mm/hr)의 PPV와 NPV는 73.7%, 86.7%였고, 혈청 CRP(Cutoff value=20 mg/L)의 PPV와 NPV는 60.9%, 81.8%였다. 혈청 PCT(Cutoff value=0.5 µg/L)의 PPV와 NPV는 각각 86.7%, 84.2%였다(Table 2).

### 8. 염증 지표들의 조합에서 민감도와 특이도, 그리고 양성 예측도와 음성 예측도의 비교

제 2군과 제 3군에서 각각의 염증 지표들을 조합하여 민감도와 특이도, 그리고 양성 예측도와 음성 예측도를 비교하였다. ESR과 CRP, 그리고 PCT 모두 양성인 경우 민감도와 특이도는 68.8%, 94.4%이었으며, 양성 예측도와 음성 예측도는 91.7%와

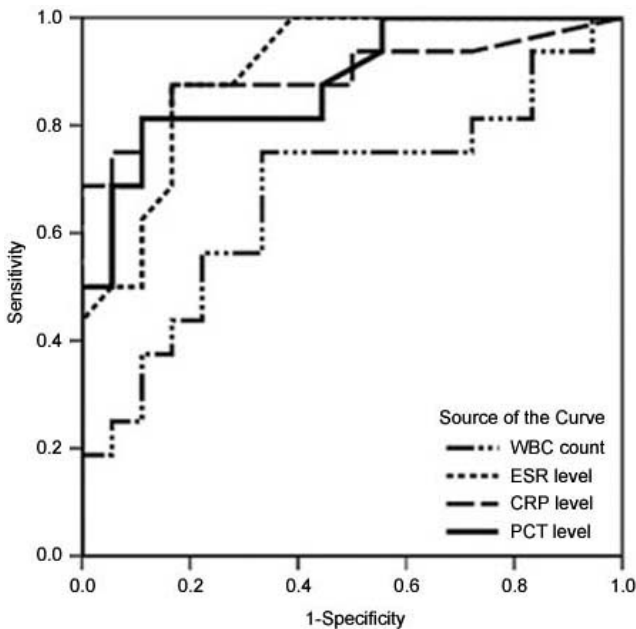


Fig. 1. Receiver operating characteristic curve for specificity and sensitivity of PCT measurements.

Table 2. Analysis of Sensitivity and Specificity, Positive Predictive Value and Negative Predictive Value of the Inflammatory Markers

	Sensitivity(%)	Specificity(%)	PPV(%)	NPV(%)
WBC(Cutoff value=15,000/mm <sup>3</sup> )	75.0	56.6	57.1	69.2
ESR(Cutoff value=20 mm/hr)	87.5	72.2	73.7	86.7
CRP(Cutoff value=20.0 mg/L)	87.5	55.6	60.9	81.8
PCT(Cutoff value=0.5 µg/L)	81.3	88.9	86.7	84.2

Abbreviations : PPV, positive predictive value; NPV, negative predictive value



의 특이도가 CRP 수치의 특이도보다 비례 높다고 하였다. Cristina 등<sup>14)</sup>도 72명의 요로감염 환자를 대상으로 하부 요로감염군과 <sup>99m</sup>Tc DMSA 신 스캔상 신반흔이 없는 상부 요로감염군, <sup>99m</sup>Tc DMSA 신 스캔상 신반흔이 관찰된 상부 요로감염군으로 나누어 CRP 수치와 PCT 수치를 비교한 후, 혈청 PCT 수치만 세 군에서 모두 유의한 차이가 있었고, CRP의 민감도와 특이도는 92.3%, 34.4%였지만, 혈청 PCT의 민감도와 특이도는 92.3%, 61.9%로 입원 당시의 혈청 PCT 값이 신 반흔 형성의 예측에 중요한 지표라고 하였으며, Smolkin 등<sup>15)</sup>도 PCT 수치가 상부 요로감염의 예측에 도움이 된다고 하여 본 연구 결과와 유사한 결과를 보고하였다. Benador 등<sup>16)</sup>은 60명의 요로감염 환자를 대상으로 CRP, PCT 수치와 <sup>99m</sup>Tc DMSA 신 스캔상에 부분 혹은 미만성 결손의 중증도의 상관성을 비교하고 CRP 수치는 <sup>99m</sup>Tc DMSA 신 스캔상의 중증도와 차이가 없었지만 PCT 수치와는 연관성이 있다고 하였다. 본 연구에서는 상부 요로감염군의 대상 환자가 적어 <sup>99m</sup>Tc DMSA 신 스캔상의 중증도와는 비교하지 못하였으며, 향후 더 많은 환아를 대상으로 <sup>99m</sup>Tc DMSA 신 스캔상의 중증도와 혈청 PCT 수치의 상관성에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

최근 방광 요로 역류증과 PCT 수치와의 연관성을 비교하여 혈청 PCT 수치가 방광 요로 역류증의 예측지표로 활용될 가능성이 보고되었다<sup>27)</sup>. 본 연구에서 총 4명의 환자에서 방광 요로 역류증이 있었지만, 대상 환자의 수가 적어 비교하기는 어려웠다. 본 연구에 의하면 상부 요로감염군 환아 9명에서 항생제를 투여한 수일 후 측정된 혈청 PCT 수치가 처음 측정치에 비해 감소하는 소견을 보였으며, 앞으로 PCT의 상부 요로감염에서 추적 검사로의 활용도가 기대된다. 결론적으로 혈청 PCT 수치의 측정은 소아의 상부 요로감염 감별 진단에 유용하게 쓰일 것으로 기대된다.

**요 약**

**목적 :** 소아에서 상부 요로감염은 신반흔을 생성하여, 고혈압과 말기 신부전을 일으킬 수 있으므로 빠른 감별 진단이 필요하다. 상부 요로감염을 감별하기 위하여 임상 증상, 신장 초음파, 전혈 백혈구수, ESR과 CRP 수치 등이 이용되지만 유용성은 크지 않다. 저자들은 소아에서 상부 요로감염의 감별 진단에서 PCT 측정의 유용성을 알아보기 위하여 본 연구를 시행하였다.

**방법 :** 2004년도 2월부터 2005년 04월에 걸쳐 인제대학교 상계백병원 소아과에 원인 불명의 열을 주소로 입원한 51명의 환자를 대상으로 전향적인 연구를 시행하였다. 대상 환아는 신장 침범 여부를 기준으로 1군(요로감염 이외의 열성 질환, 17명), 2군(신장 침범이 없는 요로감염군, 18명), 3군(신장 침범이 있는 요로감염군, 16명)으로 분류하였다. 입원 후 7일 이내에 모든 환아에서 <sup>99m</sup>Tc DMSA 신 스캔을 시행하였으며, 신 침범은 부분 혹은 미만성 결손이 있는 경우로 정의하였다. 입원 당시 말초혈

액 백혈구, ESR, 혈청 CRP, 혈청 PCT 수치를 측정하였으며, PCT 수치의 정량적 측정은 2개의 단일 항체를 이용한 면역형광 분석(immunoluminometric assay)을 이용하였다.

**결과 :** 신 침범이 있는 요로감염군에서 PCT의 수치가 다른 환자 군들에 비하여 통계적으로 유의하게 증가되어 있었다(5.06 ± 12.97 μg/L, P<0.05). 하지만 신 침범이 없는 요로감염군과 요로감염이 아닌 열성 질환군에서 PCT 수치는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(P=0.23). 혈청 PCT(Cutoff value=0.5 μg/L)의 민감도와 특이도는 각각 81.3%, 88.9%이었으며, ESR(Cutoff value=20 mm/hr)은 87.2%, 72.2%였고, 혈청 CRP(Cutoff value=20 mg/L)는 87.5%, 55.6%였다. 각 염증 지표들의 PPV와 NPV는 혈청 PCT(Cutoff value=0.5 μg/L) 각각 86.7%, 84.2%이었으며, ESR(Cutoff value=20 mm/hr)은 73.7%, 86.7%였고, 혈청 CRP(Cutoff value=20 mg/L)은 60.9%, 81.8%였다.

**결론 :** 혈청 PCT 수치는 급성 신우신염의 감별에 가장 높은 특이도와 양성 예측도를 보이는 예민한 지표이므로, 요로감염의 의심되는 소아 환자에서 상부 요로감염을 감별 진단하는데 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 기대된다.

**References**

- 1) Jacobson SH, Eklöf O, Eriksson CG, Lins LE, Tidgren B, Winberg J. Development of hypertension and uraemia after pyelonephritis in childhood: 27 years follow-up. *Br Med J* 1989;229:703-6.
- 2) Lin DS, Huang SH, Lin CC, Tung YC, Huang TT, Chiu NC, et al. Urinary tract infection in febrile infants younger than eight weeks of age. *Pediatrics* 2000;105:E20.
- 3) Jaye D, Waites K. Clinical applications of C-reactive protein in pediatrics. *Pediatr Infect Dis J* 1997;16:735-47.
- 4) Morgan MG, McKenzie H. Controversies in the laboratory diagnosis of community-acquired urinary tract infection. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1993;12:491-504.
- 5) Cornu C, Cochat P, Collet JP, Delair S, Haugh MC, Rolland C. Survey of the attitude to management of acute pyelonephritis in children. *Pediatr Nephrol* 1994;8:275-7.
- 6) Stokland E, Hellström 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.
- 7) Rushton HG. The evaluation of acute pyelonephritis and renal scarring with technetium <sup>99m</sup>-dimercaptosuccinic acid renal scintigraphy: evolving concepts and future directions. *Pediatr Nephrol* 1997;11:108-20.
- 8) Lavocat MP, Granjon D, Allard D, Gay C, Freycon MT, Dubois F. Imaging of pyelonephritis. *Pediatr Radiol* 1997;27: 159-65.
- 9) Benador D, Benador N, Slosman D, Nursle D, Marmillad B, Girardin E. Cortical scintigraphy in the evaluation of renal parenchymal changes in children with pyelonephritis. *J Pediatr* 1994;124:17-20.

- 10) Jakobsson B, Berg U, Svensson L. Renal scarring after acute pyelonephritis. *Arch Dis Child* 1994;70:111-5.
- 11) Gendrel D, Assicot M, Raymond J, Moulin F, Francoual C, Badoual J, et al. Procalcitonin as a marker for the early diagnosis of neonatal infection. *J Pediatr* 1996;128:570-3.
- 12) Assicot M, Gendrel D, Carsin H, Raymond J, Guilbaud J, Bohuon C. High serum procalcitonin concentrations in patients with sepsis and infection. *Lancet* 1993;341:515-8.
- 13) Pecile P, Miorin E, Romanello C, Falletti E, Valent F, Giacomuzzi F, et al. Procalcitonin: a marker of severity of acute pyelonephritis among children. *Pediatrics* 2004;114:249-54.
- 14) Prat C, Dominguez J, Rodrigo C, Gimenez M, Azuara M, Jimenez O, et al. Elevated serum procalcitonin values correlate with renal scarring in children with urinary tract infection. *Pediatr Infect Dis J* 2003;22:438-42.
- 15) Smolkin V, Koren A, Raz R, Colodner R, Sakran W, Halevy R. Procalcitonin as a marker of acute pyelonephritis in infants and children. *Pediatr Nephrol* 2002;17:409-12.
- 16) Benador N, Siegrist CA, Gendrel D, Greder C, Benador D, Assicot M, et al. Procalcitonin is a marker of severity of renal lesions in pyelonephritis. *Pediatrics* 1998;102:1422-5.
- 17) American Academy of Pediatrics Committee on Quality Improvement. Subcommittee on Urinary Tract Infection: Practice parameter: The diagnosis, treatment, and evaluation of the initial urinary tract infection in febrile infants and young children. *Pediatrics* 1999;103:843-52.
- 18) Jacobson SH, Eklöf O, Lins LE, Wikstad I, Winberg J. Long-term prognosis of post-infectious renal scarring in relation to radiological findings in childhood: a 27 year-follow-up. *Pediatr Nephrol* 1992;6:19-24.
- 19) Glauser MP, Lyons JM, Braude AI. Prevention of chronic experimental pyelonephritis by suppression of acute suppuration. *J Clin Invest* 1978;61:403-7.
- 20) Kavanagh EC, Ryan S, Awan A, McCoubrey S, O'Connor R, Donoghue V. Can MRI replace DMSA in the detection of renal parenchymal defects in children with urinary tract infections- *Pediatr Radiol* 2005;35:275-81.
- 21) Russwurm S, Wiederhold M, Oberhoffer M, Stonans I, Zipfel PF, Reinhart K. Molecular aspect and natural source of procalcitonin. *Clin Chem Lab Med* 1999;37:789-97.
- 22) Dandona P, Nix D, Wilson MF, Aljada SG, Love J, Assicot M, et al. Procalcitonin increase after endotoxin infection in normal subjects. *J Clin Endocrinol Metab* 1994;79:1605-8.
- 23) Gendrel D, Raymond J, Coste J, Moulin F, Lorrot M, Guerin S, et al. Comparison of procalcitonin with C-reactive protein, interleukin 6 and interferon-alpha for differentiation of bacterial vs. viral infections. *Pediatr Infect Dis J* 1999;18:875-81.
- 24) Carrol ED, Thomson AP, Hart CA. Procalcitonin as a marker of sepsis. *Int J Antimicrob Agents* 2002;20:1-9.
- 25) Fernandez Lopez A, Luaces Cubells C, Garcia Garcia JJ, Fernandez Pou J. Procalcitonin in pediatric emergency departments for the early diagnosis of invasive bacterial infections in febrile infants results of a multicenter study and utility of a rapid qualitative test for this marker. *Pediatr Infect Dis J* 2003;22:895-903.
- 26) Galetto-Lacour A, Zamora SA, Gervaix A. Bedside procalcitonin and C-reactive protein tests in children with fever without localizing signs of infection seen in a referral center. *Pediatrics* 2003;112:1054-60.
- 27) Meisner M, Brunkhorst FM, Reith HB, Schmidt J, Lestin HG, Reinhart K. Clinical experiences with a new semi-quantitative solid phase immunoassay for rapid measurement of procalcitonin. *Clin Chem Lab Med* 2000;38:989-90.
- 28) Leroy S, Adamsbaum C, Marc E, Moulin F, Raymond J, Gendrel D, et al. Procalcitonin as a predictor of vesicoureteral reflux in children with a first febrile urinary tract infection. *Pediatrics* 2005;115:e706-9.