대한방사선의학회지 1999;41:819-823

자기공명영상을 이용한 소아 장골 골단의 화농성 골수염 평가

김상기 · 박진균 · 이영철 · 조영민 · 김현철 · 강형근[1]

목적 : 소아에서는 성장판이 화농성 골수염의 파급을 막아주는 방어벽역할을 하므로 골간단의 골수염으로부터 골단 침범은 드문 것으로 알려져 있으며 또한 원발성 골단 골수염도 매우 드문 것으로 알려져 있다. 이에 소아의 장골 골단을 침범한 화농성 골수염의 자기공명영상소견에 대하여 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : 자기공명영상을 시행한 환자 중 장골의 골단에 화농성 골수염이 있었던 11명의 소아환자를 대상으로 하였는데 8예는 생검 및 균배양으로 확진하였고 나머지 3예는 항생제 치료후 추적검사로 확진하였다. 대상 예에 대해 MR상 병변의 침범부위, 시작부위, 양상, 성장판 침범정도, 골단 침범정도, 자기공명영상의 신호강도변화, 인접부위변화 및 단순 X-선 사진소견 등을 분석하였다.

결과 : 침범부위는 대퇴골의 상부골단 4예와 하부골단 2예, 경골의 상부골단 2예와 하부골단 1예, 비골의 하부골단 1예, 그리고 상완골의 상부골단 1예이었다. 10예가 골간단 골수염으로부터 파급된 경우였고 나머지 1예가 원발성이었으며 Brodie씨 농양을 형성한 경우가 6예, 형성하지 않은 경우가 5예이었다. 성장판 침범은 16-20% 침범이 5예, 5%이하 침범이 4예이었으며 골단 침범은 골화된 부분의 5%이하가 4예, 6-10%가 4예, 그리고 11-15%가 2예이었다. 전예가 T1강조영상에서 저 또는 등신호강도를, T2강조영상에서 고신호강도를 보였으며 조영제를 주입한 9예 모두에서 조영증강을 보였다. 농양을 형성한 6예 모두에서 주위에 반응성 신호강도변화를 보였으며 주위관절의 삼출소견은 5예에서 관찰되었다. 단순 X-선 사진에서 골단은 6예가 정상, 4예가 골파괴, 그리고 1예가 골경화 소견을 보였다.

결론 : 소아에서 장골 골단의 골수염은 대부분 골간단의 골수염으로부터 파급되어 발생되었으며 성장판의 파괴가 동반되었다.

화농성 골수염은 주로 영아나 소아에서 잘 발생하며 영아기에서는 장골(long bone)의 성장판을 통과하는 태아혈관(fetal vessel)이 지속된 상태로 남아있어 골간단의 골수염이 태아혈관을 따라 골단으로 침범할 수 있고 처음부터 골단에서 감염이 시작할 수 있다. 그러나, 1-1.5세이후에는 성장판내의 태아혈관이 붕괴되고 혈관벽만 남게되어 성장판이 방어벽 역할을 하므로 골간단의 골수염으로부터 골단으로 파급되는 것이 매우 드문 것으로 알려져있고 또한 원발성 골단 골수염도 매우 드물어 골단에서 발생한 골수염에 대하여는 MR영상에 대한 보고는 아직 없고 CT 또는 단순 X-선 사진을 획득한 증례보고들이 있을 뿐이다(1-5).

이에 저자들은 소아 장골의 골단을 침범한 화농성 골수염에 대해 MR을 이용하여 병변의 양상, 성장판 및 골단의 침범정도, 및 주위 변화등을 분석하고자 하였다.

[1]전남대학교 의과대학 진단방사선과
이 논문은 1999년 4월 12일 접수하여 1999년 7월 9일에 채택되었음.

대상 및 방법

1994년 3월부터 1998년 2월까지 MR을 시행한 환자 중 장골의 골단에 화농성 골수염이 있었던 11명의 소아환자를 대상으로 하였으며 화농성 관절염에서 파급되어 발생한 골단의 화농성 골수염은 대상에서 제외하였다. 남아 8명, 여아 3명이었으며 나이는 3세에서 15세이었고 평균 9.2세이었다. 임상증상은 모든 예에서 발열과 오한, 일측 상지나 하지의 종창 및 동통이 있었다. 8예는 생검 및 균배양으로 확진하였고 나머지 3예는 항생제 치료후 추적검사로 확진하였다. 생검 및 균배양을 시행한 6예중 5예에서 Staphylococcus aureus가 동정되었다.

자기공명영상은 1.5T 초전도 MR기기(GE Medical Systems, Milwaukee, WI, U.S.A.)를 이용하여 고식적 스핀에코기법으로 T1강조영상 (TR/TE = 300-600/20-30), T2강조영상 (TR/TE = 2000-2500/70-85) 또는 고속스핀에코기법으로 T2강

조영상(TR/TE=3000-3500/90-100)을 얻었다. 9예에서는 Gd-DPTA(Magnevist, Schering, Germany) 0.2 ml/kg을 정맥주사한 후 T1강조영상을 얻었다. Matrix크기 256×256, 절편두께 3-5mm, 절편간격 1mm로 하여 각각의 횡단영상, 시상영상 및 관상영상을 얻었다.

영상의 분석은 병변의 침범부위, 시작부위, 양상, 성장판 침범정도, 골단의 침범정도, 병변 및 병변주위 신호 강도변화 , 조영증강양상 및 인접 관절의 삼출 등을 분석하였다. 골단의 침범은 자기공명영상에서 정상적인 지방질 골수내에 농양의 형성이나 T1강조영상에서 저신호강도 또는 등신호강도를 보이고 T2강조영상에서 고신호강도를 보이는 병변이 단독으로 존재하거나 골간단의 병변과 연결되어 나타날 경우 골단의 침범이 있는 것으로 판정하였다. 병변의 시작부위는 병소의 중심위치에 따라 결정하였으며 병변의 양상은 농양 형성유무에 따라 분류하였다. 침범정도는 T2 강조영상에서 측정하였는데 농양을 형성한 경우는 농양크기를, 농양을 형성하지 않는 경우는 신호강도변화 크기를 병변의 범위로 하였다. 축상면의 경우 성장판이 주사되지 않거나 병변의 위치에 따라 성장판과 평행한 주사가 되지 않는 경우가 많아 관상면 영상과 시상면 영상에서 각각 측정하였다. 성장판의 침범정도는 성장판이 보이는 연속된 절편에서 성장판의 비정상적 신호강도 변화를 보인 부분을 백분율로 측정하여 평균값을 구하였다. 골단의 침범정도의 평가는 MR기기의 소프트웨어인 추적(Trace)기능으로 각각 병변과 골단의 외곽을 설정하여 관심영역(Region of Interest)에 대한 면적을 구하였는데 골화가 일어난 골단이 보이는 연속된 절편에서 병변 및 골단의 면적을 측정하여 전체 골단의 면적의 합에 대한 병변의 면적의 합의 백분율을 구하였다.

단순 X-선 사진 촬영과 MR검사와의 시간 간격은 2일이내였다.

결 과

침범부위는 대퇴골의 상부골단이 4예, 하부골단 2예이었고 경골의 상부골단이 2예, 하부골단이 1예이었으며 비골의 하부골단과 상완골 상부골단이 각각 1예이었다.

병변의 시작부위는 11예중 10예에서 성장판과 인접한 골간단에 비교적 넓은 신호강도의 변화를 나타내고 일부 성장판을 통과하여 인접한 골단에 국소적인 신호강도의 변화가 연결되어 관찰되어서 골수염이 골간단에서 시작되어 골단으로 파급되었음을 알 수 있었다(Fig. 1, 2). 성장판의 통과 부위는 9예에서는 성장판의 중앙부위를 나머지 1예에서는 성장판의 외측을 통과하였다. 나머지 1예에서는 골간단과 성장판에 신호강도 변화없이 골단에만 신호강도 변화를 나타내어 골단의 원발성 골수염임을 알 수 있었다 (Fig. 3).

병변의 양상은 6예에서 경계가 잘 지워지고 테두리 조영증강을 갖는 Brodie씨 농양이었으며 나머지 5예는 이러한 농양을 형성하지 않은 골수염 양상이었다. 성장판의 침범은 5%이하가 4예(성장판을 침범하지 않은 원발성 골단골수염 1예 포함), 6-10% 1예, 11-15% 1예, 16-20% 5예이었다. 골단의 침범정도는 골화된 부분의 5% 이하 침범이 4예, 6-10% 4예, 11-15% 2예, 16-20% 1예이었다.

신호강도의 변화는 T1강조영상에서 근육과 비교하여 1예가 저신호강도를, 10예가 등신호강도를 나타내었으며 T2강조영상에서는 모든 예가 고신호강도를 보였고 농양을 형성한 경우에는 농양의 주변부에 저신호강도의 테두리가 관찰되었다. 조영제를 주입한 9예 모두에서 조영증강을 보였는데 Broide씨

Fig. 1. Brodie 's abscess of the proximal tibia in a 11 year-old-boy.
Contrast enhanced sagittal T1-weighted images with fat saturation show focal involvement of the growth plate and the epiphysis from Brodie 's abscess of the metaphysis.

Fig. 2. Acute osteomyelitis of the distal femur in a 15 year-old-boy.
Coronal T2-weighted image shows involvement of some portion of the growth plate(20%) and the epiphysis(20%) from osteomyelitis of the metaphysis.

A B C

Fig. 3. Primary epiphyseal Brodie's abscess of the tibia in a 7 year-old-girl.
A. Plain radiograph shows a well defined eccentric focal destruction of the epiphysis of the tibia
B. Coronal T2-weighted image shows a well defined high signal intensity lesion and with low signal intense rim. Adjacent growth plate and metaphysis are not involved.
C. Contrast enhanced fat-saturated coronal T1-weighted image shows a thick rim enhancement of the lesion with reactive change of adjacent bone marrow and soft tissue

농양의 경우 모든 예에서 강한 테두리 조영증강을 보였다. 병변 주위에 반응성 신호강도변화는 농양을 형성한 6예 모두에서 보였으며 주위관절의 삼출소견은 5예에서 관찰되었다.

단순 X-선 사진에서 골간단은 지도형 골파괴가 5예, 침윤형 골파괴가 5예이었고 정상이 1예이었으며 지도형 골파괴 5예중 4예는 경화된 변연을 가지고 있었고 1예에서는 경화된 변연이 없었으며 이들 모두 MRI에서 농양을 형성하였다. 침윤형 골파괴 5예는 MRI에서 모두 골수염의 형태였고 정상인 1예는 골단에 농양을 형성한 경우이었다. 단순 X-선 사진에서 골단은 정상이 6예, 지도형 골파괴 4예, 성장판에 인접한 국소적인 골경화가 1예이었다. 단순 X-선 사진에서 정상을 보였던 6예중 5예가 MRI에서 골수염의 형태였고 1예는 농양을 형성한 경우이었다. 지도형 골파괴를 보인 4예는 모두 MRI에서 농양을 형성하였고 국소적인 골경화를 보인 1예는 농양을 형성한 경우이었다.

고 찰

골 감염은 개인 위생의 개선 및 항생제의 발달 등으로 감염에 의한 사망률과 장해도 상당히 감소되었으나 아직도 가끔 경험하게 되는 질환으로 화농성, 결핵성, 진균성 및 기타 골수염으로 분류할 수 있다(1).

혈행성 화농성 골수염은 소아에서 호발하며 영아나 성인과는 장골의 혈관해부학이 다르므로 혈행성 골수염의 시작 부위와 파급과정에 차이가 있다(6, 7). 1-1.5세이내의 연령에서는 태아혈관이 지속되는 상태로 골간단의 혈관일부가 성장판을 뚫고 골단으로 들어가 말단혈관망을 형성하므로 골간단에 생긴 감염이 골단으로 진행되거나 처음부터 골단에서 감염이 시작된다. 성장판이 혈관장벽으로 작용함으로 골간에서 오는 영양혈관의 말단혈관망이 모두 골간단에서 형성되어 주로 골간단에서 감염이 시작되고 진행한다. 성인에서는 혈관장벽으로 작용한 성장판이 없어지게 되므로 골의 관절하단에서 감염이 진행된다. 소아에서는 조직학적으로 질서있게 배열된 연골세포로 구성된 연골성 성장판이 골간단에서 감염이 파급되는 것을 막는 물리적 장벽의 역할을 하여 골단의 화농성 골수염은 영아에서 대개 발생하고 소아에서는 매우 드문 것으로 알려졌다.

골간단의 화농성 골수염이 골단으로 전파되는 경우는 드물어 증례보고들이 있을 뿐인데 골단으로 전파되는 경로로는 성장판의 직접적인 파괴보다는 출생 전에 골단중앙에 지속적으로 존재하는 혈관통로를 통해 이루어지는 것으로 여겨진다(2). 이 연구에서도 골간단에서 골단으로 감염이 파급된 10예중 9예에서 골간단의 감염이 성장판의 중앙을 국소적으로 통과하였다.

골단에서 일차적으로 발생한 혈행성 화농성 골수염의 발생기전은 다음과 같이 설명하고 있다. 골단에서도 골간단에서처럼 골단동맥의 말단가지가 넓은 정맥동모양혈관과 문합을 형성하고 동정맥의 문합부위에 혈관의 직경이 급격히 변화하면서 느린 혈류가 형성되어 세균의 색전이 용이해지는 것으로 여기고 있다(3, 4). 그러나 이러한 유사한 혈관구조를 가지면서도 골단에서 골간단보다 골수염이 드문 이유는 골간단에서 세망내피계가 불충분하여 숙주의 저항이 감소되어있기 때문이거나 골단의 정맥동모양혈관이 골간단에서처럼 크지않아 혈류속도가 좀더 빨라서 세균의 색전이 덜 이루어지기 때문이라고 여겨진다(4). 지금까지 보고된 바에 의하면 골단에서 일차적으로 발생하는 경우가 더 많은 것으로 되어있으나(2, 5) 이들 보고는 대부분 단순 X-선 사진을 이용하여 분석하였으며 MR을 이용한 본 연구에서는 골간단에서 발생한 골수염의 파급에 의한 경우가 11예중 10예로 더 많았으며 단순 X-선 사진에서는 골단으로의 파급을 알 수 없었던 경우가 10예중 6예이었다.

골수염의 영상진단에는 단순 X-선 검사, 동위원소검사, 고식적 단층촬영, CT, MRI 등이 있다(1). 단순 X-선 사진에서 골파괴는 감염 후 10일이 지나야 관찰할 수 있다. 99mTC-MDP를 이용한 동위원소 스캔은 감염된 후 수시간 내지 수일

이내에, 그리고 단순 X-선 사진에 나타나기 수일 전에 급성골수염에 의한 골변화를 보여줄 수 있는데 민감도는 높으나 특이도가 낮고 해부학적 해상력이 낮은 검사이다. 자기공명영상은 조직대조도가 매우 우수하여 골수염의 변화를 초기에 골수에서 관찰할 수 있고 피질골의 미란이나 천공, 골막반응, 연부조직변화, 농양, 부골, sinus tract 등을 관찰할 수 있어 병변의 범위나 세밀한 해부학적 정보를 평가할 수 있는 매우 민감하고 유용한 방법으로 골수염의 진단에 널리 이용되고 있다(8). 골수염의 초기 변화는 T1강조영상에서 저신호강도, T2강조영상에서 고신호강도를 보이고 골막반응은 T2강조영상에서 피질골을 둘러싸는 고신호강도로 보이며 골막자체나 형성된 석회화는 고신호강도 바깥을 둘러싸는 저신호강도로 보인다. MRI에서 골수염의 파급부위는 T1강조영상에서 등신호 또는 저신호강도를 보이고 T2강조영상에서 고신호강도를 보이는 부위를 활동성 감염부위로 평가할 수 있다.

골수염이 성장판을 통과하는 것은 결핵성 골수염에서 보다 흔하며 진균성 골수염에서도 드물게 관찰된다. 결핵성 골수염은 단순 X-선 사진에서 화농성 골수염처럼 골감소, 골용해성 병소, 골경화 및 골막반응을 보여 병변의 형태로는 화농성 골수염과의 감별이 어렵고 느리게 진행되는 병의 경과와 골수염이 성장판을 통과하는 소견이 감별에 도움이 된다(9). 그러나 이 연구에서처럼 화농성 골수염도 성장판을 통과할 수 있으므로 골수염이 성장판을 통과할 경우 화농성 골수염의 가능성도 염두에 두어야할 것으로 여겨진다.

소아에서 감염에 의해 성장판이 침범되어도 성장장애는 매우 드문 것으로 알려져있는데(10, 11) 그 이유는 대부분 성장판의 극히 일부분만 침범되기 때문인 것으로 설명되어 왔으며(11) 10세이하의 소아에서 골수염이 성장판을 침범하였을 경우 성장장애의 가능성이 증가한다(11, 12).

골주사는 골수염을 평가하는 민감한 방법이지만 정상 성장판도 골주사에서 과흡수를 나타내므로 성장판의 침범유무는 알기 어렵다. 단층촬영도 방사선 투과성의 성장판과 골파괴 병변을 구별할 수 없다. 자기공명영상에서는 성장판의 신호강도 변화와 단절을 볼 수 있어 성장판의 침범을 평가하는데 가장 유용한 검사법이다(13). 저자들의 경우 저신호 강도로 보이는 정상 성장판과 비교하여 침범된 부위가 고신호 강도를 나타내어 성장판의 침범정도를 수치화 할 수 있었으며 MR기기의 소프트웨어를 활용하여 골단의 침범정도를 수치화할 수 있었다. 골단 또는 성장판의 침범정도와 성장장애에 대한 연구는 아직 보고된 바가 없으며 향후 이 부분에 관한 연구의 결과가 축적되면 감염에 의한 성장장애를 예측하고 치료방향을 설정하는데 MR영상이 도움이 되리라 여겨진다.

결론적으로 소아에서 장골 골단의 골수염은 대부분 골간단의 골수염으로부터 파급되어 발생되었으며 성장판의 파괴가 동반되었다. 자기공명영상을 이용하여 골수염 침범에 의한 성장판 파괴 정도를 평가함으로써 향후 골성장 장애를 예측하는데 MRI가 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Resnick D, Niwayama G. *Osteomyelitis, septic arthritis, and soft tissue infections : the mechanisms and situations.* In Resnick D. *Diagnosis of bone and Joint disorders*. 3rd ed. Philadelphia : Saunders, 1995 ; 2525-2542
2. Rosenbaum DM, Blumhagen JD. Acute epiphyseal osteomyelitis in children. *Radiology* 1985 ; 156 : 89-92
3. Morgan JD. Blood supply of growing rabbit 's tibia. *J Bone Joint Surg* 1959 ; 41B : 185-203
4. Longjohn DB, Zionts LE, Stott NS. Acute hematogenous osteomyelitis of the epiphysis. *Clin Ortho and Relat Res.* 1995 ; 316 : 227-234
5. Gree NE, Beauchamp RD, Griffin PP. Primary subacute epiphyseal localized osteomyelitis. *J Bone Joint Surg* 1981 ; 63 : 107-114
6. Odgen JA. Changing patterns of proximal femoral vascularity. *J bone Joint Surg.* 1974 ; 56 : 941-950
7. Kahn Pritzker The pathophysiology bone infection. *Orthop* 1973 ; 96 : 12-19
8. 윤혜경, 강홍식, 김재승, 이선규, 한만청, 김주완. 장관골의화농성 골수염. *대한방사선의학회지* 1993 ; 29(3) : 516-521
9. Yao DC, Sartoris DJ. Musculoskeletal tuberculosis. *Radiol Clin North Am* 1995 ; 33 : 679-689
10. Robertson DE. Primary acute and subacute localized osteomyelitis and osteochodritis in children. *Can J Surg* 1967 ; 10 :408-413
11. Bogoch E, Thompson G, Salter RB. Foci of chronic circumscribed osteomyelitis (Brodie 's abscess) that traverse the epiphyseal plate. *J Pediatr Orthop* 1984 ; 4 : 162-169
12. Grogan DP, Love SM, Ogdon JA, et al. Chondro-osseous growth abnormalities after meningococcemia. *J Bone Joint Surg* 1989 ; 71: 920-928
13. Jaramillo D, Hoffer FA. Cartilaginous epiphysis and growth plate : Normal and abnormal MR imaging findings. *AJR* 1992 ; 158 : 1105-1110

대한방사선의학회지 1999;41:819-823

J Korean Radiol Soc 1999;41:819-823

MR Evaluation of Pyogenic Osteomyelitis Involving the Epiphyses of the Long Bones in Childhood[1]

Sang Gyee Kim, M.D., Jin Gyoon Park, M.D., Young Chul Lee, M.D., Young Min Cho, M.D., Hyeon Chul Kim, M.D., Heoung Keun Kang, M.D.

[1]*Department of Diagnostic Radiology, Chonnam University Medical School*

Purpose : The purpose of this study was to analyze of the MR findings of the pyogenic osteomyelitis involving the epiphyses of the long bones in childhood.

Materials and Methods : Eleven childen with pyogenic osteomyelitis involving the epiphyses of the long bones were evaluated by MRI. A diagnosis of pyogenic osteomyelitis was established by biopsy and culture in eight cases and during follow-up after antibiotic treatment in three. We analyzed the involved bone, initial location, pattern, degree of growth plate involvement, degree of epiphyseal involvement, surrounding change and plain radiographic findings.

Results : The involved bones were the proximal femur in four cases, distal femur in two, proximal tibia in two, distal tibia in one, distal fibula in one and proximal humerus in one. The initial site of the lesion was the metaphysis in ten cases and epiphysis in one. The lesion pattern was the Brodie's abscess in six cases and osteomyelitis in five. The degree of growth plate involvement was 16-20% in five case and 5% or less in four ; the degree of epiphyseal involvement was 5% or less in four cases, 6-10% in four and 11-15% in two. All cases showed low or intermediate signal intensity on T1-weighted images, high signal intensity on T2-weighted images, and contrast enhancement. Joint effusion adjacent to the lesion was detected in five cases. Radiographic findings of the involved epiphysis were normal in six cases, but indicated osteolytic lesion in four cases and sclerosis in one.

Conclusion : Pyogenic osteomyelitis involving the epiphyses of the long bones in childhood usually developed from metaphyseal osteomyelitis and was combined with destruction of the growth plate.

Index words : Bones, infection
Bones, epiphyses
Bones, MR

Address reprint requests to : Jin Gyoon Park, M.D., Department of Diagnostic Radiology Chonnam University Medical School
8 Hakdong, Dongku, Kwangju, 501-757 Korea.
Tel. 82-62-220-5751-3 Fax. 82-62-226-4380