

정상 대퇴골 근위부의 자기공명영상: 연령에 따른 변화¹

김주현 · 전우진 · 손철호 · 박미옥 · 이성문 · 주양구 · 서수지 · 편영식²

목 적: 정상인의 연령에 따른 대퇴골 근위부 변화의 자기공명영상 소견을 분석하여 연령군에 따른 정상소견을 비교 분석함으로 대퇴골 근위부를 침범하는 여러가지 질환들의 진단에 도움이 되고자 한다.

대상 및 방법: 임상적으로나 방사선학적으로 특별한 질환이 없다고 인정되는 대퇴골 근위부 125예를 대상으로 하여 각각의 자기공명영상 신호강도를 T1 강조영상을 기준으로 비교, 분석하였다.

자기공명영상 신호강도의 분석은 연령군을 4개월이하, 5개월~4세, 5세~14세, 15세~25세로 구분하여, 각 연령군에서 대퇴골 근위부의 자기공명영상 신호강도의 변화를 비교, 분석하였다.

결과: 4개월 이하군에서는 대체로 대퇴골 골두와 대전자부위가 하나의 연골로 구성되어 중간신호 강도로 관찰되고, 5개월에서 4세까지는 대퇴골 골두의 이차 화골핵으로 인해서 중간신호강도를 나타내는 연골내에 다양한 크기의 고신호강도의 지방골수와 이를 둘러싸는 저신호강도의 띠로 보이는 피질골이 관찰되었다. 5세에서 14세 군에서는 중간신호강도의 연골내에 다양한 크기의 고신호강도로 보이는 대퇴골두의 이차 화골핵과 대전자내의 이차 화골핵이 생겨서 커지는 양상을 볼 수 있었다.

15세 이상 군에서는 다양한 정도의 지방골수화를 나타내는 대퇴골 골간단의 신호강도를 볼 수 있었다.

결론: 저자들은 이 연구를 바탕으로 대퇴골 근위부와 그 주위를 침범하는 질환의 대퇴골 근위부 침범여부를 진단하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각한다.

서 론

최근 자기공명영상의 발달과 함께 대퇴골 근위부를 침범하는 질환의 침범정도, 조기진단, 병기 및 예후 결정에 자기공명영상이 많이 이용되고 있으나, 자기공명영상에서 초기 대퇴골 발달과정에서의 대퇴골 근위부 신호강도가 정상적으로 많은 해부학적, 생리학적 변화가 있으므로, 연령에 따른 정상적인 자기공명영상 신호강도에 대한 이해가 없이는 정확한 진단을 하기가 어렵다(1-7).

신생아에서 대퇴골 근위부는 골단연골부(chondroepiphyseal unit)와 골간단으로 구성되어 있고, 골단연골부는 여러 층의 초자질연골(hyaline cartilage)로 구성되어 있으며(1, 3) 연령증가에 따라서 골두와 대전자에서 세포성 골수로 구성된 이차 화골핵이 나타나서 커지게 되며 비교적 짧은 기간 내에 지방성 골수화가 일어나게 된다. 골두에서 나타나는 화골핵은 보통 생후 4개월경부터, 그리고 대

전자의 화골핵은 보통 생후 5~6세경에 나타난다고 하며, 시간이 지남에 따라 점차 커지고, 질병이 없는 경우에서도 그 형태와 음영이 불규칙하게 나타나므로(1) 자기공명영상 소견상 양측의 비교만으로는 대퇴골 근위부를 침범하는 질병과 정상 대퇴골 근위부와의 구분이 어려운 경우가 많다.

1868년에 혈액세포의 형성에 대한 골수의 역할이 처음 알려지면서부터, 골수의 해부학적, 생리학적인 연구가 많이 이루어졌으나 이를 연구의 대부분은 체외의 연구에 국한된 것이었다. 하지만 최근에 와서 골수의 해부학적인 형태와 생리학적인 기능에 대한 의학적 영상이 체내의 상태로 가능해지고 있다(8). 특히 자기공명영상에 의한 골수의 영상은 종전에는 알 수가 없었던 생체에서의 골수의 생리학적, 해부학적인 정보를 그대로 나타내므로, 골수를 침범하는 질환들을 생검없이도 비교적 정확하게 진단할 수 있게 되었다. 하지만 정상 골수는 출생시 모두 세포성 골수로 되어 있으며 출생 직후부터 연령이 증가함에 따라 점차 지방성 골수로 전환되어 가는데, 그 양상은 골 종류와 골 부위에 따라 다양하게 나타난다(9). 이러한 다양성으로 인하여 대퇴골 근위부 골수의 자기공명영상소견을 분석하는데 있어서, 특히 비교적 초기 발달과정에서 정상과 비정상과

¹계명대학교 의과대학 진단방사선과학교실

²계명대학교 의과대학 정형외과학교실

이 논문은 1995년도 계명의대 동산의료원 연구비로 이루어 졌음.

이 논문은 1995년 7월 28일 접수하여 1995년 9월 11일에 채택되었음

의 감별이 어려운 경우가 종종 있어 왔다.

그래서 연령별에 따른 대퇴골 근위부의 자기공명영상 신호강도의 분석은 외국에서는 여러 저자들에 의해서 있었으나(5, 6) 국내의 보고는 아직 없는 실정으로 정상 한국인에서 참고치가 설정되어 있지 않는 상태이다. 이에 저자는 한국인을 대상으로 연령에 따른 대퇴골 근위부 변화의 자기공명영상 소견을 분석하여 비정상 신호강도와 비교 분석함으로 대퇴골 근위부를 침범하는 여러가지 질환들의 진단에 도움이 되고자 하였다.

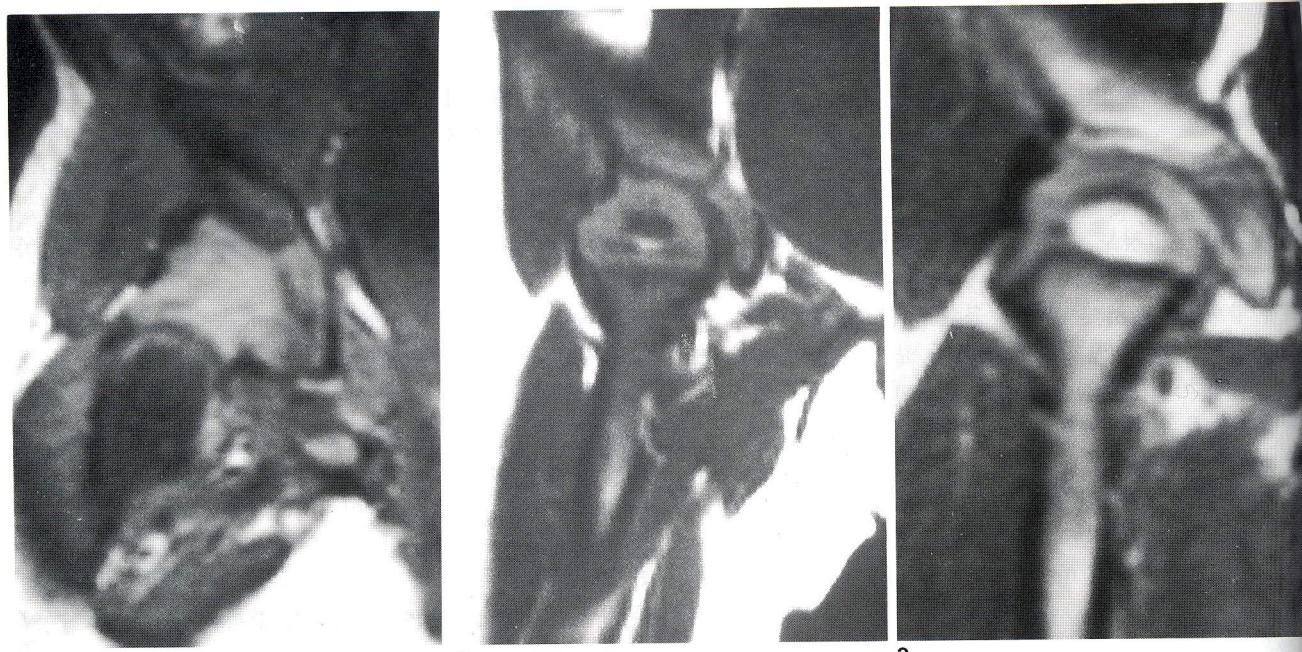
대상 및 방법

1989년 11월부터 1995년 3월까지 골반이나 고관절 자기공명영상을 시행한 25세 이하의 환자로서, 임상적으로나 방사선학적으로 특별한 질환이 없다고 인정되는 대퇴골 근위부 125예를 대상으로 하여 각각의 자기공명영상 T1 및 T2 강조영상을 얻었고, 두 종류의 골수를 구분하기 쉬운 T1강조영상을 기준으로 자기공명영상 신호강도 분석을 하였다.

자기공명영상 신호강도의 분석은 연령군을 골두화골핵이 생기기 이전인 4개월이하군, 골두화골핵이 생겨서 커지지만 대전자화골핵이 생기기 이전인 5개월~4세군, 골두와 대전자화골핵이 생겨서 커지지만 본격적인 골간단의 지방성 골수화가 일어나기 전인 5세~14세군, 본격적인

골간단의 지방성 골수화가 일어나서 완전 성인형태로 되는 15세~25세군으로 구분하여, 각 연령군에서 대퇴골 근위부의 자기공명영상 신호강도의 변화를 비교, 분석하였다. 4개월 이하 군에서는 골간단연골의 자기공명영상 신호강도를 중심으로 분석하였고, 5개월~4세 군에서는 골두화골핵의 출현과 지방성 골수화를 중심으로 분석하였으며, 5세~14세 군에서는 골두화골핵의 성장과 대전자화골핵의 출현과 성장, 지방성 골수화를 중심으로 분석하였다. 그리고 15세~25세 이하 군에서는 골간단의 자기공명영상 신호강도를 Ricci등의 분류방법(6)에 따라 분류하였다.

사용한 자기공명영상 기기는 2.0Tesla 초전도 자기공명영상 단층촬영기(SPECTRO-20000 MR System: Goldstar, Seoul, Korea)를 이용했으며, Matrix수를 256×256~360, FOV를 170~340mm, 절편두께 4~8mm, 절편간격 2mm로 하여 스픬에코 기법으로 T1강조영상(TR/TE=400~600 msec/30 msec), T2강조영상(TR/TE=2000 msec/60 msec)을 횡단면 및 관상면으로 얻었다. 영상의 분석은 주로 관상면을 기준으로 하였으나, 관상면 영상이 부적절한 경우 횡단면을 이용하였다. 전예에서 대퇴골 근위부를 침범하는 질환이 없다고 임상적으로 인정되는 경우와 방사선학적으로 정상으로 인정되는 경우를 대상으로 하였다.



1

Fig. 1. Coronal T1WI(400/30) of femur of a 15-day-old infant shows the homogeneously intermediate signal intensity of the epiphyseal cartilage.

2

Fig. 2. Coronal T1WI(400/30) of the femur of a 9-month-old girl shows a small hypointense signal intensity marrow in the epiphyseal ossification center of the femoral head.

3

Fig. 3. Coronal T1WI(500/30) of the femur of a 16-month-old girl shows a small hyperintense signal intensity marrow in the epiphyseal ossification center of the femoral head.

결 과

25예의 4개월 이하 군에서는 대퇴골 골두와 대전자부위가 하나의 연골로 구성되어 중간신호강도로 관찰되고 연



Fig. 4. Coronal T1WI(400/30) of the femur of a 4-year-old girl shows a hyperintense signal intensity marrow in the epiphyseal ossification center of the femoral head and a small hyperintense signal intensity marrow in the epiphyseal ossification center of the greater trochanter.

골내에 화골핵은 보이지 않았으며(Fig. 1), 10예의 5개월~4세 군에서는 대퇴골 골두의 이차 화골핵이 보였는데 중간신호강도를 나타내는 연골내에 다양한 크기의 저신호강도의 세포성 골수 혹은 고신호강도의 지방성 골수와 이를 둘러싸는 저신호강도의 띠로 보이는 골피질이 관찰되었다(Fig. 2, 3). 이 연령군의 2예에서 초기 단계의 대전자 화골핵이 관찰되었다(Fig. 4). 18예의 5세~14세 군에서는 고신호강도로 보이는 대퇴골두의 이차 화골핵과 대전자내의 이차 화골핵이 생겨서 커지는 양상을 볼 수 있었다. 부분적으로 지방성 골수화가 진행되던 2예를 제외하고는, 전자의 군들에 있어서 골간단은 균일한 중간신호강도의 세포성 골수를 보여주었다(Fig. 5).

72예의 15세~25세 군에서는 다양한 정도의 지방골수화를 나타내는 대퇴골 골간단의 신호강도를 볼 수 있었다. Ricci등의 분류법에 의한 형태 1a(Fig. 6)에는 10예(14%), 형태 1b(Fig. 7)에는 13예(18%), 형태 2(Fig. 8)에는 30예(42%), 형태 3(Fig. 9)에는 19예(26%)가 있었다.

고 찰

대퇴골 근위부는 소아의 골수나 고관절을 침범하는 질환들이 혼한 부위이며, 자기공명영상은 이러한 경우 초기 진단을 가능하게 하는 진단방법으로 알려져 있다. 하지만 이들 질환의 정확한 진단을 위해서는 대퇴골 근위부의 정상 신호강도를 이해하고 있어야 한다(1-7).

신생아의 대퇴골 근위부는 크고, 단순촬영에서 저음영으로 보이는 골단연골부로 되어 있으며, 이것이 대퇴골두, 대전자 및 소전자를 구성한다. 출생후 골단은 대전자와 골두의 두 부분으로 형태학적 분화를 하게 되는데, 초기에는 골단연골부의 일부분이었다가 대퇴골두가 대전자로 부터

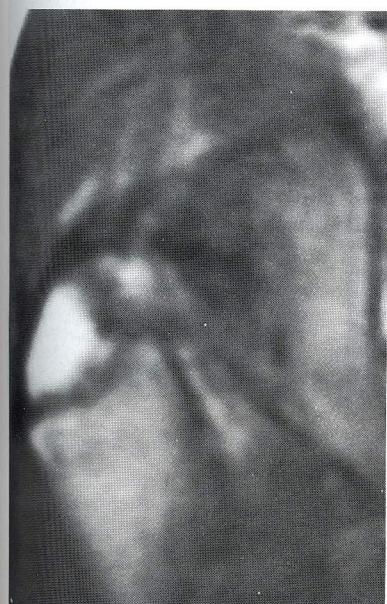


Fig. 5. Coronal T1WI(600/30) of the femur of a 13-year-old boy shows a hyperintense signal intensity marrow in the epiphyseal ossification center of the femoral head and greater trochanter.

점차적으로 자라나가게 되고, 이에 따라서 대퇴골 경부가 생기게 된다. 약 4~6개월이 되면 대퇴골두의 화골핵의 발달과 같은 정도로 내측과 전자간 부위(intertrochanteric portions)에서 선택적인 연골내 골화(endochondral ossification)이 나타나서 명확한 대퇴골경부를 형성하게 된다. 대퇴골두의 이차 골화는 중심에서부터 시작하여 진행하게 되는데 이에는 미리 존재하는 적절한 혈액공급이 필요하게 된다. 대전자는 초기에 큰 연골성분으로 되어 있다가 점차로 커지며, 5~6세가 되면 이차 화골핵이 나타난다. 초기 골화는 성장판(physis)근처에서 시작되고, 점차로 연골내에서 근위부로 자라게 된다(1).

화골핵이 점차 커짐에 따라 골수강이 형성되고, 이 골수강은 최초에 풍부한 조혈세포를 함유하지만 짧은 시간 후에 지방성 전환이 일어나게 된다(2, 8). Jaramillo 등(2)에 의하면, 이차 화골핵이 나타난 직후에는 T1강조영상에서 저신호강도로 보이다가, 수 개월 후면 고신호강도로 보인다고 하였는데, 이러한 신호강도의 변화는 조직학적으로 지방골수화가 이루어지기 전에도 T1강조영상에서 고신호강도로 보인다고 하였다.

유아나 어린 소아에서 골단은 화골핵을 둘러싸는 동심원의 여러 초자질연골층으로 구성된다. 연골부위는 다양한 신호강도를 나타내는데, 그것은 아마도 세포조밀도(cellularity)와 기질내의 무기질, 수분, 친수성 거대분자(water-soluble macromolecules)에 의해 결정된다.

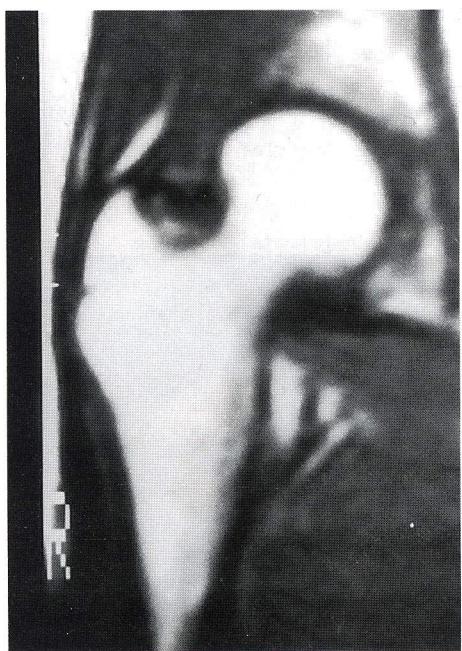


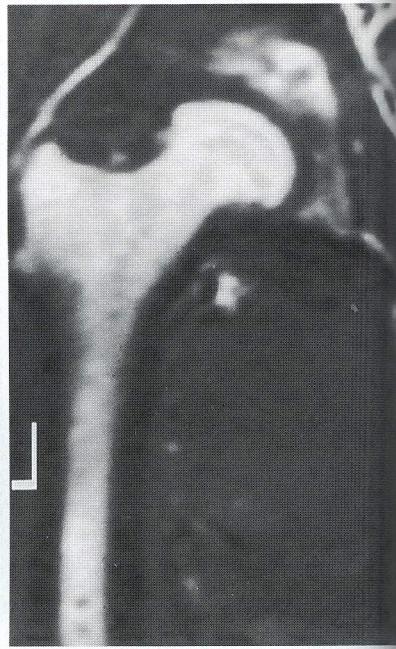
Fig. 9. Pattern 3. Coronal T1WI(500/30) of the femur of 17-year-old woman shows relatively uniform, high signal intensity fatty marrow in essentially all of the proximal femur.



6



7



8

Fig. 6. Pattern 1a. Coronal T1WI(600/30) of the femur of a 20-year-old women shows homogeneous high signal intensity fatty marrow in the femoral head and greater and lesser trochanters.

Fig. 7. Pattern 1b. Coronal T1WI(500/30) of the femur of a 18-year-old man shows additional fatty marrow in a triangular region inferior to the medial portion of the femoral head and in the lateral portion of the intertrochanteric region adjacent to the greater trochanter.

Fig. 8. Pattern 2. Coronal T1WI(600/30) of the femur of a 23-year-old man shows many small, sometimes confluent, regions of high signal intensity fatty marrow in the intertrochanteric region in addition to the fatty region of pattern 1.

ter-binding macromolecules) 함량의 다양성때문일 것으로 Ehrlich등은 설명하였다(10). 연골층의 가장 내측은 구조적으로 성장판(growth plate)과 비슷하고 화골핵의 성장에 관여한다. 이것은 구형 성장판이라고 불리워졌는데 (11) 실제적으로는 반구형으로 되어 있다. 이 반구형 성장 구역(hemispheric growth zone)은 관절연골이나 성장판과 마찬가지로 T1과 T2강조영상에서 비교적 고신호강도로 나타나게 된다. 반구형 성장 구역과 관절연골사이의 조직화되지 못한 연골세포의 넓은 구역은 T1과 T2강조영상에서 저신호강도를 나타낸다. Gradient-echo 영상에서는 모든 연골구조는 일괄적으로 고신호강도를 나타내어서 연골과 골이 잘 분리되어 보이게 되지만 연골골단의 각 구역을 구분하는데는 부적절하다. 더 나이가 든 소아에서 골단은 거의 대부분이 골화되며, 성장판은 저신호강도의 골단골판(epiphyseal bony plate)과 저신호강도의 임시층의 석회화(provisional calcification), 골간단의 원발성 해면질(primary spongiosa) 사이의 고신호강도 띠로 나타나게 된다(3).

골수내에서 세포성 골수 세포와 지방성 골수 세포의 정상 분포는 해부학적인 위치와 나이에 따라서 다양하게 나타나는데, 이러한 두 형태의 골수는 자기공명영상에서 다양한 신호강도로 나타나게 된다. T1강조영상에서 세포성 골수는 중간 혹은 저신호강도로 지방성 골수는 고신호강도로 나타나게 된다. 골수의 자기공명영상은 세포성 골수와 지방성 골수의 다양한 구조적, 화학적 차이와 관련이 있는데, 세포성 골수는 풍부한 나뭇가지 모양의 동양구조(sin-usoidal system)을 가지고, 지방성 골수는 다소 듬성한 모세관, 세정맥, 그리고 얇은 벽을 가진 정맥을 가진다. 세포성 골수는 40%의 수분, 40%의 지방, 그리고 20%의 단백질로 구성되어 있다. 지방성 골수는 15%의 수분 80%의 지방, 그리고 5%의 단백질로 구성된다(4, 8).

세포성 골수에서 지방성 골수로의 조직학적 전환은 손이나 발에서 시작되고, 원위부로 진행되며 그 다음 근위부에서 일어나게 되며 마지막으로 편평골이나 척추체에서 일어나게 된다. 단일 장골에서는 골간에서 시작되어 원위부의 골간단으로 진행되고 그 다음에 근위부의 골간단에서 일어난다(5, 6, 8). 사춘기의 후반기가 되면 세포성 골수는 대퇴골과 상완골의 근위골단, 척추체, 흉골, 늑골 그리고 두개골에 존재하게 되며, 나이가 들어감에 따라서 점차로 세포성 골수가 지방성 골수로 바뀌게 된다(6, 8). 일반적으로 25세가 되면 골수의 전환은 완전히 이루어지고, 성인형으로 바뀌게 된다(8).

Ricci등(6)은 대퇴골 근위부에서 지방성 골수화의 정도를 4가지 형태로 분류했는데 형태 1a는 골단과 대, 소전자부위만 균일한 고신호강도를 보일 때, 형태 1b는 고신호강도가 내측으로는 대퇴골두 하단의 삼각형구역에 보이고, 지방성 골수가 대전자의 내측의 전자간구역까지 확장되어 있을 때, 형태 2는 고신호강도가 전자간구역에 보이고 많은 고신호강도의 작은 결절모양으로 되어 있을 때, 형태 3

는 대퇴골 근위부전체가 균일한 고신호강도를 보일 때로 분류하였다. Ricci등(6)에 의한 대퇴골 근위부의 정상 지방골수화 정도를 보면 형태 1a의 빈도는 나이가 증가함에 따라서 감소하며(50세 이하에서 82%), 형태 2는 중간연령층에서 최고치를 나타냈으며, 점차로 증가되다가 최고치 이후에 감소하는 형태를 보였으며, 형태 3은 나이가 증가함에 따라서 증가하는 소견을 보였다(50세 이상에서 89%). 본 연구에서는 15세에서 15세 연령군에서 골간단의 골수의 지방화 분류를 하였는데, 형태 1a은 10예(14%), 형태 1b는 13예(18%), 형태 2는 30예(42%), 형태 3은 19예(26%)가 있었다. Ricci등의 연구에서는 30세 이하에서는 형태 3이 보이지 않았으나, 본 연구에서는 26%가 존재하여 비교적 빠르게 골수의 지방화가 이루어지는 것을 알 수 있었으나, 저자들은 두 연구간의 차이점의 원인을 찾을 수 없었다. 이러한 골수의 변화는 생물학적인 나이뿐 아니라 성별, 골수에 가해지는 물리적인 스트레스뿐만 아니라 골수의 온도변화, 혈관분포, 산소압도 중요한 역할을 한다고 한다(8, 9, 12).

대퇴골 근위부에서의 신호강도의 변화는 이전부터 여러 저자들에 의해서 연구되어 왔으나(2-6), 한국인을 대상으로 한 연구는 없어서, 자기공명영상 활용을 판독하는데 있어 외국의 연구결과를 그대로 인용해 왔으므로, 한국인을 대상으로 조사를 하고 이를 임상에 응용하기 위해서 본 연구를 시행하였다. Ricci등의 연구에서는 형태 3의 지방성 골수가 30세 이후에서만 발견된 것으로 보고했는데 본 연구에서는 15세에서 25세군에서도 26%에서 보여서, 외국 연구와의 차이점을 보여 주었다.

결론적으로 발달초기 과정에 있어서 대퇴골 골단의 변화를 연령에 따른 자기공명영상의 정상 신호강도를 분류할 수 있었고, 한국 정상인에 대해서 골단의 이차 화골핵의 출현과 성장, 그리고 골간단의 지방골수화 변화에 대한 기준치를 설정, 이해함으로써 대퇴골 골간단을 침범하는 여러 병적상태와 감별진단에 도움이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Resnick D, Niwayama G. Congenital dysplasia of the hip. In Ogden JA, ed. *Diagnosis of bone and joint disorders*. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders Co, 1988: 3336-3373
- Jaramillo D, Laor T, Hoffer FA, et al. Epiphyseal Marrow in Infancy: MR Imaging. *Radiology* 1991; 180: 809-812
- Jaramillo D, Hoffer FA. Cartilaginous Epiphysis and Growth Plate: Normal and Abnormal MR Imaging Findings. *AJR* 1992; 158: 1105-1110
- Richardson ML, Patten RM. Age-related Changes in Marrow Distribution in the Shoulder: MR Imaging Findings. *Radiology* 1994; 192: 209-215
- Moore SG, Dawson KL. Red and Yellow Marrow in the Femur: Age-related Changes in Appearance at MR Imaging. *Radiology* 1990; 175: 219-223
- Ricci C, Cova M, Kang YS, et al. Normal Age-related Patterns of Cellular and Fatty Bone Marrow Distribution in the Axial Skeleton: MR Imaging Study. *Radiology* 1990; 177: 83-88

7. Dawson KL, Moore SG, Rowland JM. Age-related Marrow Changes in the Pelvis: MR and Anatomic Findings. *Radiology* 1992; 183: 47-51.
8. Vogler JB, Murphy WA. Bone Marrow Imaging. *Radiology* 1988; 168: 679-693.
9. 황미영, 김선구, 주양구, 서수지, 임선경. 정상인의 두개골 및 척추 체 골수의 MR 양상: 연령군별 유형분석. *대한방사선의학회지* 1994; 31(1): 25-30.
10. Ehrlich MG, Zaleske DJ, Armstrong AL, Sternsich A, Mankin HJ: *Physeal biochemistry*. In Uhthoff HK, Wiley JJ, eds. *Behavior of the growth plate*. New York: Raven, 1988: 25-29.
11. Ogden JA. *Anatomy and physiology of skeletal development*. In Ogden JA. *Skeletal injury in the child*, 2nd ed. Philadelphia: Saunders, 1990: 23-63.
12. Dooms GC, Fisher MR, Hricak H, Richardson M, Crooks LE, Genant HK. Bone Marrow Imaging: Magnetic Resonance Studies Related to Age and Sex. *Radiology* 1985; 155: 429-432.

Journal of the Korean Radiological Society 1995; 33(4): 633~638

MR Imaging of Proximal Femur: Age-related Changes¹

Ju Heon Kim, M.D., Woo Jin Jeon, M.D., Cheol Ho Sohn, M.D., Mi Ok Park, M.D.,
Seong Mun Lee, M.D., Yang Gu Joo, M.D., Soo Jhi Suh, M.D., Young Sik Pyun, M.D.²

¹ Department of Diagnostic Radiology, Keimyung University School of Medicine

² Department of Orthopedics, Keimyung University School of Medicine

Purpose: The purpose of this study is to illustrate MR patterns of signal intensity of proximal femur in normal subjects according to the age distribution.

Method and Material: T1-weighted MR images of the proximal femur in 125 subjects, aged 13 days to 25 years, were retrospectively analyzed.

Age distribution was classified to 4 groups; below 4 months, 5 months to 4 years, 5 years to 14 years, and 15 years to 25 years.

Results: By the age of 4 months, the non-ossified femoral epiphysis was seen as intermediate-signal-intensity cartilage. At 5 months—4 years, the ossified femoral capital epiphysis was seen within intermediate-signal-intensity cartilage and appeared as decreased or increased signal-intensity red or yellow marrow surrounded by a rim of low-signal-intensity cortical bone. At 5—14 years, the ossified femoral capital and greater trochanteric epiphysis were seen within the intermediate-signal-intensity cartilage and appeared as decreased or increased signal-intensity red or yellow marrow. At 15—25 years, the proximal metaphyseal marrow showed increased signal intensity. Four patterns of the metaphyseal marrow were recognized by Ricci et al. The frequency of pattern 1a progressively decreased with age. Pattern 2 and 3 were visible in the 15—25 years age group.

Conclusion: An understanding of the spectrum of normal age-related change of the proximal femoral cartilage and marrow patterns serves as the foundation for interpretation of proximal femur pathologies.

Index Words: Bone marrow, MR
Femur, MR
Bones, epiphyses

Address reprint requests to: Ju Heon Kim, M.D., Department of Diagnostic Radiology Keimyung University School of Medicine, # 194, Dongsan-dong, Chung-gu, Taegu, 700-310 Korea. Tel. 82-53-250-7766 Fax. 82-53-250-7766