

# MR Imaging of Bone Marrow

가톨릭의대 박정미

## Introduction

MR영상은 많은 부위의 골수를 비침습적으로 평가할 수 있는 매우 예민한 영상진단방법으로 여러 가지 골수질환에 관한 연구가 이루어지고 있다. 말초혈액검사와 장골(iliac crest) 골수조직의 흡입 및 생검등이 골수상태를 평가하는 기본검사이고 이들 조직검사에 비해 MR영상은 특이도가 낮고 조직의 특성을 정확히 알 수 있는 검사는 아니라는 점을 염두에 두고서 골수의 MR영상을 판독해야한다. 이장에서는 골수검사에 이용되는 MR기법을 간략히 소개하고 여러가지 혈액질환 및 골수를 침습하는 질환의 MR소견을 검토해 보고저 한다.

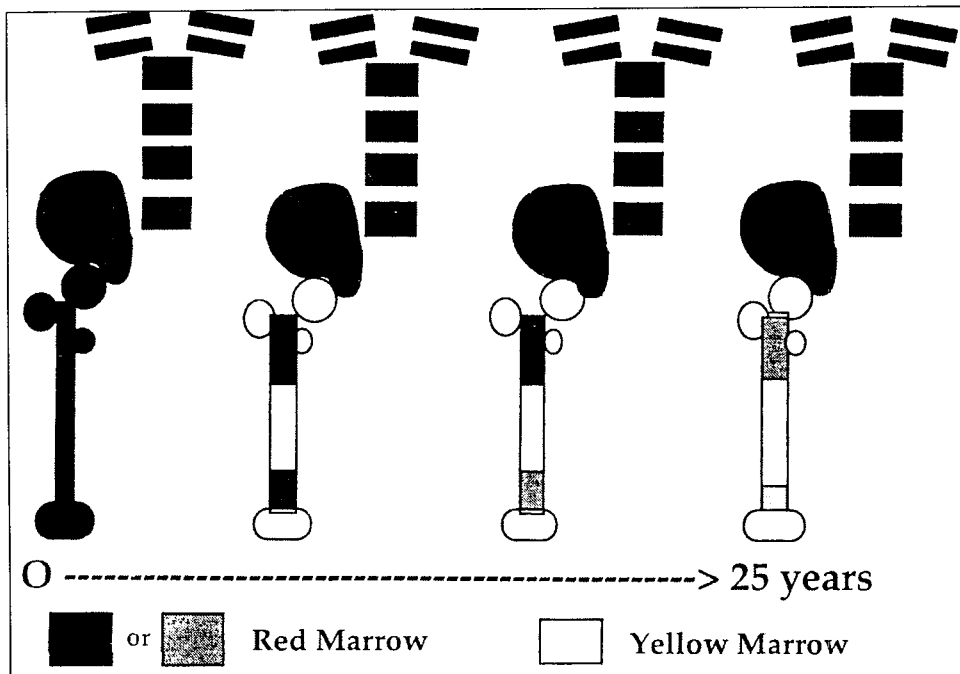
## 정상골수의 해부 및 생리

골수는 뼈, 근육, 지방, 피부 다음으로 큰 기관으로서 혈소판, 적혈구, 백혈구를 생성하고 조절하는 조혈기능을 한다. 지방골수는 모세혈관이나 얇은 벽을 가진 정맥들이 적게 분포하는 반면 조혈골수의 혈관망은 풍부하고 가지를 많이치기 때문에 악성종양이나 감염등의 골수 질환이 주로 조혈골수를 침범하게 된다. 성인의 골수중 지방골수는 95%가 지방세포로 조혈골수는 40%가 지방세포, 60%가 조혈세포로 구성되며 그 화학적 성분도 다른데 조혈골수는 물 40%, 지방 40%, 단백질 20%로 구성되어 있고 반면 지방골수는 물 15%, 지방 80%, 단백질 5%로 구성되어 있다. 따라서 지방골수와 조혈골수 모두를 포함하는 전체골수에서 지방세포가 차지하는 비율은 75%정도된다. 결국 MR영상에서 정상골수의 신호강도를 결정하는 주된 성분은 지방이며 Moore등의 보고로는 골수에 지방이 20%만 있어도 MR 신호강도가 지방의 신호강도를 낼 수 있다고 한다. 지방세포가 조혈기능에 관여하는 역할이 무엇인지 분명치는 않으나 조혈세포 생산이 저하되어 있을때는 그 크기나

숫자가 늘어나고 조혈기능이 왕성한 시기에는 세포크기가 작아지는 것으로 보아 혈액세포를 만드는데 영양공급을 하고 성장인자(growth factor)로 작용하는 것이 아닐까 생각된다.

골수는 지방골수와 조혈골수사이에 역동적인 조절관계에 있으며 두가지 기전 즉 조혈골수로부터 지방골수로의 전환 즉 conversion과 반대의 현상 즉 지방골수로부터 조혈골수로의 재전환되는 reconversion의 두가지 기전에 의해 조절된다. conversion은 출생직후에 시작되어 약 25세 정도에 끝나는데 예측될 수 있는 순서를 가지고서 즉 말단부에서 시작하여 중심부로 사지골에서는 골간(diaphysis)에서 시작하여 골간단(metaphysis)으로 conversion이 진행되어 결국에는 척추, 골반, 근위부 대퇴골이나 상박골, 두개골, 늑골, 흉골등에 조혈골수가 남는다(Fig.). 체온이 떨어지거나 관류가 감소되거나, 기계적 스트레스가 증가되면 conversion이 급속하게 일어나며 또한 나이가 점점 더 들어감에 따라 골다공증(osteoporosis)으로 인해 골소주가 감소하는것을 보상하기 위해 지방골수의 함량이 증가하면서 conversion이 계속된다.

Fig. Physiologic conversion of bone marrow



## 골수의 MR 영상소견 및 영상기법

골수의 MR 영상소견은 사용한 영상기법에 따라 상당히 다양하므로 지방과 물의 분포 및 조영제 사용 따라 병변을 쉽게 발견할 수 있는 영상기법을 사용해야 한다. 대개 조혈골수에 주로 병변이 있으므로 흉요추 및 골반과 근위부 대퇴골을 중심으로 MR영상을 얻도록 한다.

### 1. 스핀에코기법 (Spin echo sequence)

혈액질환을 가진 환자를 검사하기 위한 여러가지 MR검사방법이 있으나 그중 가장 기본적인 스핀에코 기법중 T1 강조영상에서 지방은 고신호강도로 물은 저신호강도로 보이므로 정상성인의 골수는 순수한 지방의 신호강도보다는 낮으나 근육의 신호강도보다는 높은 대개 균질한 고신호강도로 보인다. 이때 물성분이 증가된 즉 세포충실도가 높은 병변이 국소적으로 침범되면 저신호강도로 그려지게 되어 신호대 잡음 비율이 높아져 쉽게 병변을 찾을 수 있다. 그러나 전반적으로 균질한 골수 침범이 있을때 병변을 찾기 어려울 수 있으나 이때에도 골수의 신호강도가 근육이나 추간판보다 더 낮게 보이면 이 골수는 항상 비정상이다. 비만한 사람, 흡연가 및 마라토너등에서 국소적으로 조혈골수가 침착될수 있으며 대개는 양측성으로 경계가 불분명하게 분포하며 중심부는 지방골수의 고신호강도를 포함한다.

T2 강조영상에서 지방은 다소 저신호강도로 물은 고신호강도로 그 대조도가 바뀌는데 검사시간이 오래 걸리고 신호대 잡음비가 낮아 골수검사에는 큰 이점이 없다. 그러나 소아에서는 오히려 T1 강조영상에서 병변과 정상 조혈골수가 모두 저신호강도로 보여 대조도가 낮으므로 T2 강조영상이 유용하게 이용된다.

스핀에코 영상에서 지방의 T1 이완시간이 짧고 반면 상대적으로 조혈골수의 T1 이완시간이 길기 때문에 조혈골수 부분이 과소평가된다. 따라서 국소병변이나 진행이 많이 일어난 경우에는 스핀에코영상이 병변을 찾는 데 유용하나 변화가 미약한 경우에는 다른 영상기법이 필요하다. 이를 대처할 수 있는 다른 영상기법으로는 fast spin echo(FSE), STIR 또는 gradient

echo 영상등이 있는데 FSE 영상에서 골수의 지방과 피하지방이 종래의 스피에코방식에서보다 그 신호강도가 증가되므로 T2 강조영상의 예민도가 떨어진다. 따라서 골수를 검사할때는 지방의 신호강도를 억제시킨 fast SE 영상을 얻는 것이 필수적이다. 지방억제 FSE 영상에서 골수의 병변은 STIR 영상과 비슷한 예민도를 보이면서 시간도 조금 더 짧게 걸리고, 조직특이도도 높일 수 있다.

## 2. Fat suppression sequence

지방의 신호강도를 억제시키는 영상기법으로 대표적인 STIR 영상은 지방이 검게 보일 수 있는 역전시간 (inversion time)을 선택하므로써 지방의 신호강도는 억제되고 정상조혈골수는 신호강도가 약간 증가되어 근육과 비슷한 정도의 신호강도를 보이는 반면 병변이 있는 골수는 T1과 T2 신호강도를 합한 효과가 나타나 상당히 신호강도가 증가케 되어 병변의 대조도가 증강된다. 최근에 이용되는 MR기기는 대개 지방을 전포화 (pre saturation)하므로써 지방신호를 억제시키는 방법 즉 선택적으로 지방만을 억제시키는 화학적 변이 영상을 얻는 기법이 장착된 지방포화영상이 많이 이용되는데 이 경우 자장이 아주 균질해야 한다.

STIR 영상은 비록 신호대 잡음 비율이 떨어지긴하나 지방의 신호강도가 억제되므로 motion artifact에 영향을 덜 받는다. 지방포화 FSE T2강조영상과 비교했을때 병변은 더 뚜렷하게 보이나 시간당 영상획득수는 적다. 반면 지방포화 FSE T2강조영상은 FOV가 큰 경우 영상이 불균질해지는 단점이 있어서 체간골이나 많은 부위의 골수를 검사할때는 STIR 영상이 유리하다. STIR 영상이나 지방포화 T2 강조영상 모두 신호대 잡음비가 낮아지므로 골수는 조금 희뿌옇게 보인다.

## 3. Chemical shift image (화학적 변이영상)

화학적 변이영상은 생체내에서 물양성자와 지방양성자간에 세차 속도가 3.5 ppm 또는 공명주파수가 75-150 Hz로 차이 나는 점을 이용하여 물과 지

방의 신호를 어느 정도 분리하여서 영상을 얻는 것인데 지방과 물양성자가 함께 있는 곳에서는 신호강도가 없어지므로 지방골수는 검게 보이며 정상 조혈골수는 신호강도가 약간 증가되나 병소가 침습된 경우 신호강도가 상당히 증가되어 나타난다. 따라서 조혈골수와 지방골수사이의 대조도가 증가될 뿐 아니라 정상과 병변이 있는 골수사이의 대조도 뚜렷해진다. 또한 지방분획 (fat fraction)도 정량화할 수 있다. 골수검사에는 주로 선택적 지방 (fat selective)화학적 변이영상이 사용되고 있다.

#### 4. 경사에코기법 (Gradient echo sequence)

경사에코기법은 스핀에코기법에서 사용되는  $180^\circ$  pulse 대신 경사에코 (gradient echo)를 가하므로써 신호를 얻는다. 따라서 자장 감수성 (magnetic susceptibility)에 예민하여 골수와 골소주(trabeculation)가 함께 있는 골에서 골소주는 신호를 내지 않아 국소적으로 신호강도가 감소되어 이런 인공물 (artifact)은 골용해를 진단하는데 도움이 된다. 경사에코영상은 물과 지방의 양성자가 반대위상에 있을 때 영상을 얻으므로써 지방골수와 비지방골수사이의 조그마한 신호강도의 변화도 찾아낼 수 있다. 탈위상(out of phase)영상에서 골소주에 의한 불균질한 상태와 지방과 물의 감산(subtraction)등에 의해 정상골수는 저신호강도를 보이는 반면 악성 골침윤이 있으면 국소적으로 지방이 감소되어 감산이 줄어들고 골소주의 파괴로 인해 골수의 신호강도는 상당히 증가된다. 골소주와 지방골수가 많은 경우는 이 영상에서 저신호강도로 보인다.

#### 5. 조영제

Gadolinium-chelates 조영제를 주입했을 때 정상골수의 신호강도는 약 15% 미만정도로 증가되나 T1 강조영상에서 시각적으로 이런 변화가 뚜렷이 구별되지는 않는다. 반면 악성침윤이 있을때에는 정상골수의 신호강도와 비슷한 신호강도를 보이면서 뚜렷한 조영증강을 보인다. 지방포화를 시킨 조영증강 T1강조영상에서는 미세한 신호변화도 찾을 수 있어 지방포화 T2 강

조영상에서와 비슷한 정도의 병변 발견율을 보인다. 한편 탈위상 경사에코 기법으로 조영증강 영상을 얻으면 정상골수와 병변이 있는 골수간에 대조도가 증가되어 매우 유용하게 이용되기도 한다.

정상골수에 특이하게 섭취되는 조영제인 ultrasmall superparamagnetic iron dioxide(USPIO)는 입자크기가 매우 작아 골수내의 혈관의 공간으로 들어갈 수 있으므로 정상골수의 이완시간을 의미있게 감소시킨다. 반면 악성침윤이 있는 경우 탐식능력이 없으므로 신호강도가 변화하지 않으므로 혈액질환이 있는 환자에게서 골수의 조영증강제로서 USPIO의 사용하는 임상실험이 도움이 되리라 여겨진다.

## 6. 정량적 측정 Quantitative technique

골수 혈액암이 미만성으로 골수를 침범한 경우 정량적인 측정방법이 이용될 수 있겠는데 신호강도를 분석하는것보다 좀 더 객관적인 성적을 얻을 수 있어 T1 강조영상에서 골수침윤 및 치료에대한 반응을 평가하는데 그 예민도를 높일 수 있었으나 골수내 암침윤이 적게 있을 때에는 T1 이완시간이나 물/지방 비율등의 측정은 별로 유용치 못하였다.

## Bone Marrow Disorders

Vogler와 Murphy등은 MR영상에서 골수 질환을 크게 다음의 다섯가지로 분류하였는데 이는 골수의 신호강도를 이해하고 골수를 침범하는 질환들을 이해하는데 도움이 된다.

### 1. Reconversion

조혈요구량이 늘어나 기존하던 조혈골수가 그 요구량을 감당치 못하고 지방골수가 조혈골수로 reconversion되어 조혈골수의 증식(hyperplasia)이 일어난 것으로 이 과정은 conversion과는 반대방향으로 즉 체간골에서 시작되어 원위부 사지골로 진행되고 사지골에서도 근위부에서부터 원위부로 진행된다. 따라서 사지골에 reconversion이 있으면 체간골에도 대개는 더 심한

정도로 reconversion이 일어나 있다. 이들 reconvesion 범위는 요구되는 자극의 정도나 기간에 의해 결정된다. 병리학적으로는 지방골수의 subendosteal portion에 모세혈관증식과 동양모혈관이 형성되고 또한 혈류공급도 증가된다. reconversion과 조혈골수 증식의 원인으로는 만성 빈혈, 전이암등과 같이 골수를 치환시키는 질환, 골수종(myeloma) 과 백혈병등의 골수증식성질환, 선천성 심장질환등이 있다. 함암치료나 골수이식때 병행하여 사용하는 조혈 자극인자 (hematopoietic growth factor)를 주입하는 경우에도 reconversion이 촉진된다.

Sickle cell disorder의 경우 골괴사 (osteonecrosis)로 인해 재생할 수 있는 골수가 이미 많이 줄어들어 있으므로 이에 따라 reconversion의 분포나 정도가 영향을 받는다. 비슷한 방식으로 골수전이나 골수증식성질환등이 있는 경우 근위부 골수는 이들 병변으로 대체되어 있으므로 좀더 원위부 골수에서 reconversion이 일어나게 된다. 일반적으로 종양성질환은 체간골의 조혈골수의 분포를 따라 침습하므로 어떤 종양을 가진 환자의 사지골에 조혈골수의 증식이 보이면 이는 체간골에 이미 종양의 침습이 광범위하게 일어났음을 짐작케 한다. 그러나 사지골에 광범위한 reconversion은 흔한 현상이 아니므로 MR영상을 근거로 reconversion을 진단하고자 할 때에는 주의가 필요하다. 현재로서는 reconversion된 즉 증식된 골수를 다른 골수침습질환과 감별한 믿을만한 MR 영상의 신호강도의 특이점은 없으므로 확진을 위해서는 골수생검이 필요하다.

광범위한 조혈골수의 증식이 있으면 T1 강조영상에서 그 신호강도는 근육과 비슷하거나 조금 낮게 보이고 T2 강조영상에서는 지방골수보다 높게 보이며 STIR 영상에는 근육과 비슷하게 중등도의 신호강도를 갖는다. 골수가 재생된 경우 MR 영상에서 신호강도의 형태나 분포는 비특이적이다. 그러나 환자가 나이에 비해 매우 부적절한 위치에 조혈골수가 분포한다던가 또는 정상골수보다는 좀더 광범위하게 또 불균질하게 분포한다. 또한 소아에서는 조혈골수의 증식을 일으킬만한 원인질환이 있는 경우 정상골수의 conversion이 연기된다. 따라서 정상 조혈골수의 분포에 변이가 있는것과 조

혈골수가 증식된 것을 감별하기가 매우 어려울 수 있다. 또한 전이암, 골수종, 백혈병, 림프암등의 병변도 정상 조혈골수와 그 분포나 신호강도가 비슷하므로 이들의 감별이 어려울 수 있다.

## 2. Myeloid depletion

지방이외의 전 골수세포가 파괴되거나 사라지는 것으로 조혈골수의 지방골수로 전환이 조기에 일어나거나 비정상적으로 촉진되어 골수내에 조혈세포 분획이 고갈되면 이들 세포가 있었던 공간이 지방골수로 채워지고 이때 MR영상에서 골수의 신호강도는 특징적인 지방의 신호강도를 보인다. 원인으로서는 재생불량성빈혈 (aplastic anemia), 방사선 치료(radiation therapy), 항암치료 (chemotherapy)등이 있는데 재생불량성빈혈이나 항암치료후에서는 미만성으로, 방사선치료후에는 치료받은 부위의 골수에 국소적으로 지방이 침착된다. 재생불량성빈혈의 경우 조혈세포가 남은 정도에 따라 즉 세포충실도가 약간 감소된 경우 T1 강조영상에서 전반적으로 고신호강도를 보이는 골수내에 남은 조혈골수부위가 저신호강도의 부위로 관찰되고 세포충실도가 심하게 떨어진 경우 전골수가 지방으로 대체되어 미만성으로 고신호강도로 보인다. 골수이식이나 antilymphocytic globulin으로 치료하였을때 T1 강조영상에서 저신호강도로 보이는 재생된 조혈골수가 증가되고 때로는 T1 강조영상에서 척추체 중심부 즉 basivertebral vein 주위로는 고신호강도로 종판 근처의 주변부위에는 저신호강도로 보이고 STIR 영상에서는 그 반대의 신호강도를 보이는 띠모양의 신호형태를 관찰할 수 있다. 재생불량성빈혈에서 오는 골수 변화도 대개 체간골에서 우선적으로 광범위한 변화가 와서 골반이나 대퇴골보다는 척추에서의 변화가 더 심할 것으로 생각되나 치료에 대한 반응이 어느부위에서 먼저 일어나는지는 잘 알려져 있지 않다.

방사선치료나 항암치료직후 첫 1주일내에는 골수내에 부종과 충혈등으로 인해 T1 강조영상에서 저신호강도로 STIR영상에서 고신호강도로 보이며 골수내 세포충실도가 감소되고 혈관들이 파괴된다. 급성기가 지나면 치료부위는 지방골수로 전환되는데 약 2주부터 시작하여 첫 6주동안은 급속히 손상



된 골수가 지방으로 전환되고 그 이후 약 2년까지 천천히 계속될 수 있다. 이후로 치료받지 않은 먼 부위에서 조혈세포들이 이동하여 골수의 충실도가 증가되면서 조혈기능이 회복되는데 대개 6개월 전후로 재생이 왕성해진다. 젊은 사람의 경우 역시 띠모양의 골수재생을 MR영상에서 관찰할 수 있다. 그러나 방사선조사량이 많아 혈관손상이 심한 경우 재생이 일어나지 않아 영구적으로 지방 침착이 남을수도 있다.

### 3. Ischemia & Osteonecrosis

전 골수성분이 죽고 다양한 정도로 재생이 일어난 상태인데 골괴사가 생기는 부위에 따라 관절하 골괴사(subarticular osteonecrosis)와 골간(diaphysis)의 경색(infarct)이 있다. 골괴사는 혈관이 풍부한 조혈골수보다는 혈류공급이 적은 지방골수에서 호발되어 대퇴골에서의 비외상성 골괴사도 주로 골단부위에서 일어나고 측부혈행(collateral circulation)이 적은 골간단과 골간(metadiaphyseal region)에서 주로 골괴사가 일어난다. 병리조직학적 변화를 보면 ischemia 직후 세포 괴사가 일어나면서 이에 대한 repair가 일어나는데 골수세포중 조혈세포가 가장 먼저 괴사가 일어나 ischemia가 있은 뒤 6-12시간이내에 조혈세포가 죽고 48시간이 지나면 골세포, 골모세포(osteoblast), 파골세포(osteoclast) 순서로 괴사되며 지방세포가 가장 나중까지 견디 약 2-5일후까지도 살아 있다.

Host bone에서는 혈류가 끊긴 부위의 인접 viable 조직에서 반응이 시작되어 먼저 염증반응과 충혈(hyperemia)이 살아있는 조직과 괴사조직의 경계부위 reactive interface에서 일어나 혈류가 증가되고 육아조직, 섬유모세포증식이 일어나 점진적으로 골소주가 흡수되고 인접 망상골의 골모세포에 의한 강화작용이 촉진된다. 골괴사가 진행되어 관절면의 지지가 약화되면 연골하 골소주에 미세골절이 일어나고 퇴행성 관절염으로 진행된다.

MR영상은 골괴사를 진단하는 가장 예민한 검사방법으로서 그 소견은 골괴사의 위치, 경과기간 및 병의 진행단계에 따라 다르다. 아주 초기에는 골수부종에서와 같이 경계가 불분명한 비특이한 소견으로 보일 수 있다. 급성기

를 지나 대개 ischemia가 있는 뒤 수주내에 MR 영상에서 reactive bone의 특징적인 저신호강도의 띠가 관찰된다. double line sign은 골괴사의 특징적인 소견으로 생각되는데 T1 강조영상에서 저신호강도의 줄이나 띠로 보이고 proton density 또는 T2 강조영상에서 inner margin의 신호강도가 증가되어 보이는 것으로 이는 괴사된 부위와 살아있는 골사이를 구분지우는 reactive interface를 의미한다.

#### 4. Infiltration or Replacement

정상골수가 병적세포에 의해 침습된 것을 의미하고 비정상적인 세포성 물질이 골수를 infiltration하는 질환은 염증이나 암종이 대부분을 차지하고 그외에 eosinophilic granuloma, Gaucher's disease, mucopolysaccharidoses, myelofibrosis, osteopetrosis등이 marrow infiltration을 일으킨다. 침윤된 조직의 종류, 세포충실도의 정도, 출혈, 괴사, 섬유화, 염증성 부산물, 이에 동반된 부종등에 의해 MR영상의 신호강도가 결정되는데 T1강조영상에서는 골수내에 저신호강도로 T2 강조 및 STIR 영상에서는 비록 다양하기는 하나 비정상부위에 고신호강도로 때론 저신호강도로 보인다.

MR 영상은 뼈를 침범하는 간엽조직성 암의 발견 또는 병기결정의 우선적인 검사방법으로서 다른 어떤 영상진단법보다 병변의 침습범위를 잘 그려낼 수 있다.

백혈병, 림프종, Ewing's sarcoma, myeloma등은 직접 조혈골수의 조혈세포로부터 발생하는 원발성 암종으로서 주로 조혈골수가 많이 부위에 병변이 분포된다. 백혈병세포의 T1 이완시간이 증가되어 T1 강조영상에서 신호강도가 미만성으로 감소되고 T2 강조영상에서는 신호강도가 증가되므로 T1 및 T2 이완시간을 측정하여 치료후 T1 이완시간이 감소되는것으로써 치료에 대한 반응을 MR로 감시할 수도 있다.

골수종의 경우 MR 영상에서 다른 infiltrating process와 구별할만한 소견은 없으나 척추를 가장 많이 침범하고 대개 T1 강조영상에서 신호강도가 감소되는데 T2 강조 및 STIR영상이 T1 강조영상보다 병변의 발견율이 높고 치

료하지 않은 경우 신호강도가 증가되어 보인다.

암종의 골전이는 대개 혈행성으로 일어나고 대개 40세 이후에 호발하므로 주로 체간골의 조혈골수가 있는 부위에서 생기며 혈류가 풍부한 척추에서 가장 많이 발생된다. pedicle은 조혈골수는 거의 없는 부위이긴 하나 혈류공급이 많은 부위이므로 골전이시 조기에 침범된다. 골신티그램은 전 골격을 검사할 수 있는 까닭에 골전이 유무를 찾기위해 종래부터 사용해오던 영상 진단방법이다. 최근의 보고로는 MR영상이 골전이를 찾는데 신티그램보다 더 예민하고 더 많은 변변을 좀더 초기에 찾을 수 있다고 한다.

MR 영상은 또한 골수염의 진단에 유용한데 골수염의 범위, 연부조직의 침습여부를 평가하는데 유용하다.

Gaucher's disease는 세망내피계에 glucoceribroside-laden 세포가 축적되는 유전병으로 이들 세포로 침착된 골수는 glucoceribroside내의 proton이 rapid exchanging하므로써 T2 이완시간이 짧아져 T1, T2 강조영상에서 저신호강도로 보인다. 주로 조혈골수가 있는 부위를 침범하고 사지골에서도 근위부에서 원위부로 진행하면서 침습된다. 그외에 myelofibrosis에서도 T1 및 T2 강조영상에서 저신호강도로 보이는데 골수내의 광범위한 섬유조직과 골경화로 인해 비정상적인 저신호강도를 보인다. osteopetrosis는 전반적으로 골음영이 증가되는 드문 질환으로서 MR 영상에서 전혀 신호강도가 없어 black bone으로 보인다. 따라서 T1 강조영상에서 추간판의 신호강도가 골수보다 높게 보인다. hemosiderosis나 골증식성 골전이가 미만성으로 일어난 경우에도 T1, T2 강조영상에서 매우 낮은 신호강도로 보여 치료하지 않은 osteopetrosis와 유사해 보일 수 있다.

## 5. Edema

골수조직내에 과다하게 물이 있는 상태로 골수 부종은 흔히 외상, 인접 종양이나 염증에 의한 반응, 원인이 분명치 않은 경우, 골피사의 초기반응, reflex sympathetic dystrophy등의 원인에 의해 생기는데 과혈관(hypervascularity)과 과관류(hyperperfusion) 또는 투과력의 증가 (increased

permeability)등에 의해 세포의 자유 물분자가 많아지므로 MR영상에서 공통적으로 T1 강조영상에서 국소적으로 저신호강도, T2 및 STIR 영상에서 고신호강도로 보이는데 특히 STIR 영상은 골수내의 소량의 물변화도 예민하게 찾아낼 수 있다. 외상에 의한 골수부종, 골좌상(bruise), 피로골절이나 잠복골절에서도 심한 골부종을 볼 수 있다.

대퇴골 근위부에 원인이 불확실한 골수부종을 보이는 세가지 병변으로 transient osteoporosis of the hip, regional migratory osteoporosis, transient bone marrow edema syndrome이 있다. 이들의 단순 X선 사진소견이나 임상양상은 서로 다르나 공통적인 MR 소견을 갖는다. 즉 T1 강조영상에서 지방의 신호강도가 전반적으로 없어지고 T2강조 및 STIR영상에서는 균질하게 신호강도가 증가되는데 대퇴골두와 경부에서 intertrochanteric ridge까지 침습되나 acetabulum이나 대퇴골두의 내측은 침습하지 않는다. 전형적인 골괴사와는 달리 저신호강도의 테두리는 보이지 않고 대퇴골두의 모양도 잘 유지된다. 골괴사의 초기소견과 골부종은 구별하기가 어려워 추적검사가 필요한데 대개 골부종은 수개월 후 저절로 소실된다.

## Pitfalls

골수에 병적 침윤이 미만성으로 있는 경우 특히 병적조직의 T1 및 T2이완시간이 정상골수가 비슷한 경우 이들을 정상조혈골수가 구별하기가 상당히 어렵다. 이때 MR spectroscopy 나 조영제 주입등이 도움이 되긴하나 아직까지 그역할이 분명하지 않아 이런 경우 결국은 조직검사가 필요하게된다. 또한 지방 및 조혈골수의 분포가 예측되는 범위를 벗어난 경우, 또는 적혈구생산을 촉진시키는 여러 가지원인에 의해 국소적으로 조혈골수의 재생이 있는 경우 이들을 정상변이로 또는 병적인 현상으로 보아야 할지 어려움이 따른다.

## 참고문헌

1. Vogler JB, Murphy WA. Bone marrow imaging. *Radiology* 1988;168:679-693
2. Steiner RM, Mitchell DG, Rao VM, Schweitzer. Magnetic resonance imaging of diffuse bone marrow disease. *Radiol Clin North Am* 1993;31:383-409
3. Olson DO, Shields AF, Scheurich CJ, Porter BA, Moss AA. Magnetic resonance imaging of the bone marrow in patients with leukemia, aplastic anemia and lymphoma. *Invest Radiol* 1986;21:540-546
4. McKinstry CS, Steiner RE, Young AT, Jones L, Swirsky D, Aber V. Bone marrow in leukemia and aplastic anemia : MRI imaging before, during, and after treatment. *Radiology* 1987;162-701-707
5. Hoane BR, Shields AF, Porter BA, Shulman HM. Detection of lymphomatous bone marrow involvement with magnetic resonance imaging. *Blood* 1991;78:728-738
6. Westerman MP. Bone marrow needle biopsy : an evaluation and critique. *Semin Hematol* 1981;18:293-300
7. 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
8. Hartsock RJ, Smith EB, Petty CS. Normal variations with aging of the amounts of hematopoietic tissue in bone marrow from the out. iliac crest. *Am J Clin Pathol* 1965;43:326-331
9. Moore SG, Dawson KL : Red and yellow marrow in the femur : Age related changes in appearance at MR imaging. *Radiology* 1990;175:219-223
10. Moore SG, Bisset GS III, Siegel MJ, Donaldson JS.

- Pediatric musculoskeletal MR imaging. *Radiology* 1991;179:345-360
11. Guckel F, Brix G, Semmler W, et al. Systemic bone marrow disorders :characterization with proton chemical shift imaging. *J Comput Assit Tomogr* 1990;14:954-959
  12. Mirowitz SA, Apicella R, Reinus WR, Hammerman AM. MR imaging of bone marrow lesions : relative conspicuousness on T1-weighted, fat-suppressed T2-weighted and STIR images. *AJR* 1994;162:215-221
  13. Sebag GH, Moore SG. Effect of trabecular bone on the appearance of marrow in gradient echo imaging of the appendicular skeleton. *Radiology* 1990;174:855-859
  14. Rosenthal H, Thulborn, KR, Rosenthal DI, Kim SH, Rosen BR. Magnetic susceptibility effects of trabecular bone on magnetic resonance image of bone marrow. *Invest Radiol* 1990;25:173-178
  15. Tardivon AA, vanel D, Munck JN,. Boso J. Magnetic resonance imaging of bone marrow in lymphoma & and leukemia. *Leukemia and Lymphoma* 1997;25:55-68
  16. Stevens, S. K., Morre, S.G, and Kaplan, I.D Early and late bone-marrow changes after irradiation. *AJR* 1990;154:745-750
  17. Stevens SK, Moore SG, Amylong MD. Repopulation of marrow after transplantation : MR imaging with pathologic correlation. *Radiology* 1990;175:213-218
  18. Bloem JL : Transient osteoporosis of the hip : MR imaging. *Radiology* 1988;167:753-755
  19. Mitchell DG, Rao VM, Dalinka MK, et al : Femoral head avascular necrosis:correlation of MR imaging, radiographic staging, radionuclide imaging, and clinical findings. *Radiology* 1987;162:709-715