대한방사선의학회지 1999;41:769-776

골수이식후 골수의 자기공명영상 소견[1]

박정미 · 이재문 · 이종욱[2] · 김춘추[2]

목적: 골수이식후 MR 영상에서 골수 신호강도의 변화를 분석하고자 하였다.
대상및 방법: 골수이식을 받은 18명(남녀비 14:4, 평균연령 27.2세)의 MR영상을 후향적으로 분석하였다. 이중 14명은 동종이식(allogeneic transplantation)을 시행하였고 3명은 비혈연간 이식(unrelated transplantation), 1명은 말초혈액 자가조혈모세포이식(autologous peripheral blood stem cell transplantation)을 시행하였다. 중증 재생불량성 빈혈 환자가 8명, 백혈병 환자가 10명이었고 골수이식후 MR검사사이의 기간은 평균 22.7주이었다. 0.5T (Gyrosan T5, Phillips, Netherlands) 초전도기종을 이용하여 스핀에코기법으로 요추의 T1강조 시상영상, short tau inversion recovery (STIR) 시상영상 및 골반부위의 T1 강조 관상영상을 얻어 척추와 골반부위 골수의 신호강도를 인접 근육의 신호강도와 비교하였다.
결과: 성공적으로 이식편의 생착이 일어난 9예는 T1 강조영상에서 골수가 인접근육과 비슷하거나 약간 높은 정도의 신호강도를 보였으며 STIR 영상에서는 근육과 비슷하거나 조금 낮은 신호강도를 나타내었다. 이식편의 생착상태가 불안정하였던 6예와 재발이 되었던 2예는 T1 강조영상에서 요추 골수의 신호강도는 대부분 인접 근육의 신호강도보다 높게 보였으며 다양하게 분포하는 저신호강도를 포함하고 있어 전반적인 골수의 신호강도는 불균질하였고 STIR 영상에서는 다양한 신호강도를 보였다. 특히 STIR 영상에서 근육보다 높은 신호강도를 보이는 부위가 있는 경우 원발병소의 재발을 의심할 수 있었다. 거부반응이 있었던 1예에서는 T1 강조영상에서 균질한 고신호강도로 STIR영상에서는 저신호강도로 관찰되었다.
T1 강조영상에서 골반부위의 골수 신호강도는 성공적으로 이식이 일어난 경우나 또는 여러가지 부작용이 있거나 큰 차이가 없이 모두 불균질하게 인접 근육의 신호강도에 비해 골수 신호강도가 증가되어 보였고 척추의 골수보다 신호강도가 증가되어 있는 부위가 많았다.
결론: 골수이식후의 골수상태를 평가하기 위한 요추 골수 MR영상은 이식의 성공여부를 판정하는데 유용하였으며 골반골수에서의 생착은 척추에서보다 늦게 일어나는 것으로 생각된다.

1950년대 중반이래 여러가지 혈액종양 즉 급성 및 만성 백혈병,임파종,다발성 골수암과, 재생불량성빈혈, 및 유방암,폐암,고환암등의 몇가지 고형암의 완치적 요법으로 골수이식(bone marrow transplantation,BMT)이 시행되고 있다(1-4).

이식후 대개 말초혈액검사 및 장골 골수조직의 흡입 및 생검을 통하여 조혈세포들을 구별하므로써 조혈기능의 재정립(reconstitution) 및 생착(engraftment)을 확인하지만 골수생검 및 흡입은 침습적이고 또 통증을 동반하는 검사방법이며 이때 얻은 골수 조직은 국소의 일부분만의 골수조직이므로 전조혈기구의 상태를 반영치 못하는 단점이 있다(5,6).

여러 가지 혈액질환의 진단, 병기결정 및 치료에대한 반응을 평가하기위해 자기공명(MR)영상이 시행되고 있으며 MR 영상은 많은 부위의 골수를 비침습적으로 평가할 수 있기 때문에 골수이식후 환자의 상태를 평가하기 위해 그 이용이 증가되고 있다(7-16).

골수의 상태 및 그 구성성분은 유도항암치료(induction chemotherapy), 고용량항암치료(high dose chemotherapy) 또는 전신방사선조사(total body irradiation)등의 골수이식을 위한 전처치 및 골수이식 또 그 이후에 주입하는 조혈자극 요소(hematopoietic stimulating factor)투여등에 의해 심한 변화를 일으키므로 골수의 MR 영상 검사를 하였을때 이들 치료에 의한 신호강도의 변화를 잘 알아야 할 필요가 있다.

이 연구의 목적은 골수이식후의 MR영상에서 골수 신호강도의 변화를 후향적으로 분석하고자 함이다.

[1]가톨릭대학교 의과대학 성모병원 진단방사선과학교실
[2]가톨릭대학교 의과대학 성모병원 내과학교실
이 논문은 1999년 3월 5일 접수하여 1999년 7월 30일에 채택되었음.

대상 및 방법

골수이식을 받은 18명환자(중증 재생불량성 빈혈 8명, 백혈병 10명) 에서 MR영상을 시행하였다. 이중 14명은 동종이식(allogeneic transplantation)이 시행되었고 3명은 비혈연간이식(unrelated transplantation), 1명은 말초혈액자가조혈모세포이식(autologous peripheral blood stem cell transplantation)을 시행하였다.

남자환자가 14명 여자환자는 4명이었고 이들의 평균연령은 27.2세이었다. BMT후 MR검사 사이의 기간은 9주에서 62주 사이로 평균 22.7주이었다.

이식후 말초혈액상과 골수흡인 및 생검등을 통하여 임상경과를 평가하였다. 9명은 성공적인 생착을 보였는데 생착 판정의 기준은 이식후 말초혈액검사에서 지속적으로 세포가 증가되고 21일째 골수검사에서 3계열 즉 적혈구계, 백혁구계, 및 혈소판계의 전구세포들이 관찰되는 것으로 하였다. 또한 이식후 환자의 말초혈액에서 실시한 finger print PCR(polymeraze chain reaction) 검사에서 공여자 유전자로 바뀌었는지, 성별 불일치이식인 경우 Y염색체 FISH(fluoroscent in situ hybridization) 검사로 생착을 확인하였다. 6명은 성공적인 생착이 일어났다가 이식후 약 100일 전후로 범혈구감소증(pancytopenia)이 다시 생기는 불안정 생착상태(labile engraftment syndrome)였다. 2예는 범혈구 감소증과 말초혈액에서 백혈병 세포가 재출현하여 골수검사에서도 재발로 판명되었다. 이식직후부터 말초혈액에서 범혈구감소증이 지속되고 3주후에 실시한 골수생검에서도 세포가 거의 없으며, DNA finger print PCR검사에서도 수혈자(recipient)의 유전자만 검출되어 거부반응으로 진단된 예가 1예 있었다.

사용한 기기는 0.5T (Gyroscan T5, Phillips, Nether-lands) 초전도기종이었다.

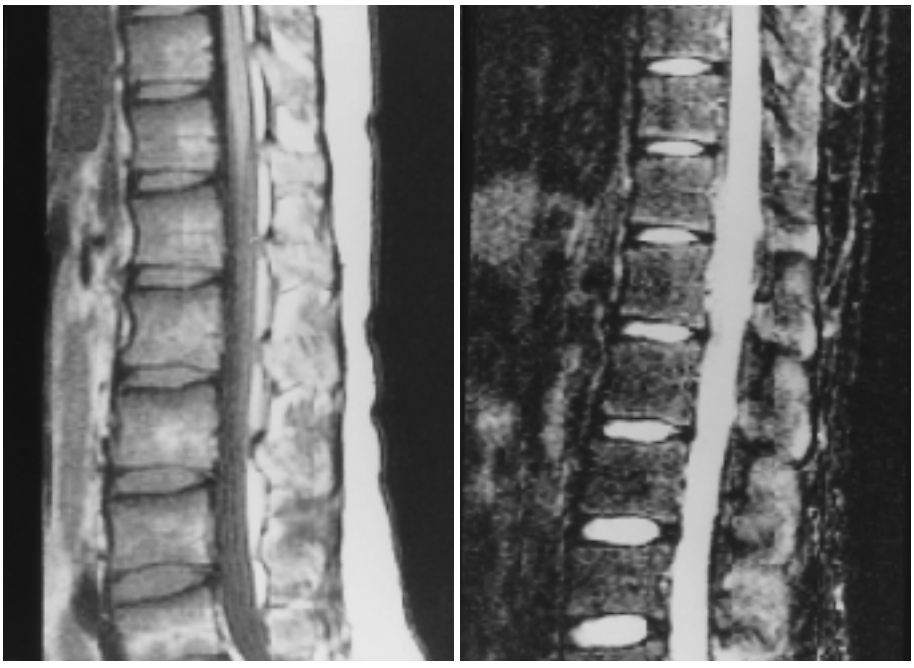
스핀에코기법으로 하부흉추와 요추의 T1 강조 시상영상(TR/TE=560/30msec), short tau inversion recovery (STIR) 시상영상(TR/TI/TE = 1400/120/30msec) 및 골반부위의 T1 강조 관상영상 (TR/TE = 525/25msec)을 얻었다. Matrix 수는 205×256, FOV는 320mm, 절편두께는 5.0 mm 또는 7.0mm로 하였고 절편사이의 간격은 0.5mm 또는 1.4mm 이었다.

MR 영상에서 척추와 골반부위 골수의 신호강도를 척추측방에 위치하는 인접 근육 즉 erector spinae muscle 의 신호강도와 비교하였다. T1 강조영상에서 골수의 신호강도가 근육과 같거나 조금 낮게 보이면 저신호강도로, 근육보다 희게보이면 고신호강도로 분류하였고, STIR영상에서도 골수의 신호강도가 근육보다 같은지,더 낮은지 또는 높은지에 따라, 등(isointense), 저 (low) 또는 고(high) 신호강도로 분류하여 MR 소견을 분석하였다. 이때 골수의 신호강도가 근육과 비슷하거나 약간 높으면서 부분적으로 고신호강도를 포함하면 T1 강조영상에서는 low to high signal로 분류하였고 STIR 영상에서는 iso to low signal로 관찰되었다. 저신호강도와 고신호강도가 혼재되어서 신호강도가 불균질한 경우 고신호강도부위가 많으면 high+low signal 로, 저신호강도부위가 더 많으면 low+ high signal 로 분류하였다.

결 과

골수이식을 시행한 18명 환자의 임상상태와 자기공명영상 소견은 Table 1에 요약하였다.

성공적으로 이식편의 생착이 일어난 9예의 경우 T1 강조영상에서 골수는 인접근육과 비슷하거나 약간 높은 정도의 신



A B

Fig. 1. A 24-year-old man(patient No.3) with successful engraftment after allogeneic transplantation for severe aplastic anemia. Signal intensity of bone marrow is low to slightly high on sagittal T1-weighted image(A, 560/30)of the lumbar spine, and iso to low on STIR image(B, 1,400/30/120).

호강도를 보였으며 STIR 영상에서는 근육과 비슷하거나 조금 낮은 중등도의 신호강도를 나타내었다 (Fig. 1). T1강조 영상에서 척추체 중심부는 고신호강도로 척추체의 주변 즉 종판근처의 골수는 저신호강도로, STIR 영상에서는 그신호강도가 거꾸로 되는 띠모양(band pattern)의 골수 신호강도의 형태는 5예에서 관찰되었다.

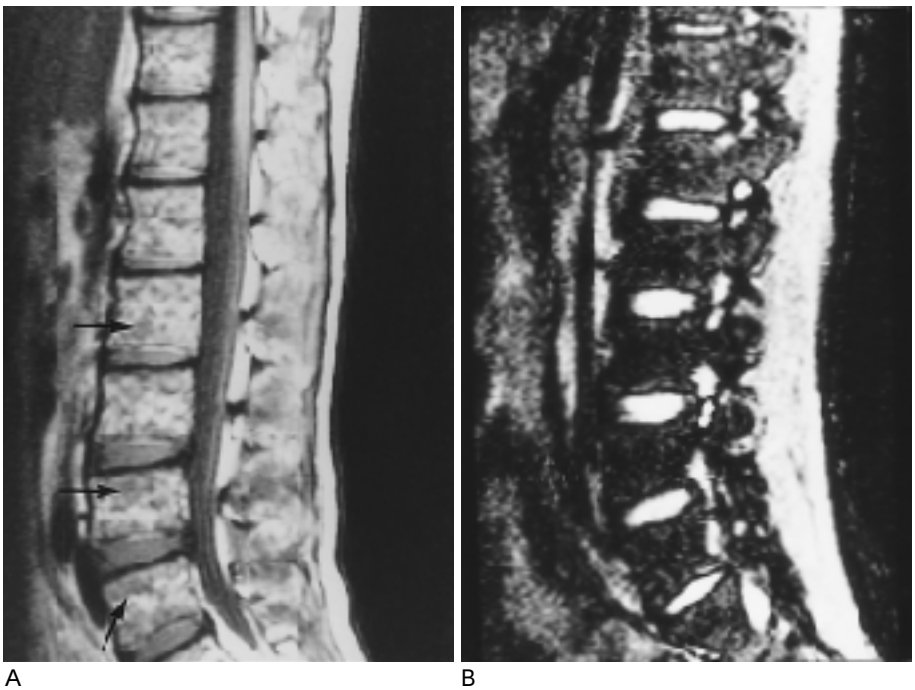
불안정 생착 상태를 보인 6예의 경우 골수의 신호강도는 상당히 불균질하여 T1 강조영상에서 골수의 신호강도는 인접 근육의 신호강도보다 높은 부위가 많으면서 다양하게 분포하는 저신호강도를 포함하고 있었다. T1 강조영상에서 보이던 저신호강도가 STIR 영상에서는 그 신호강도가 그리 증가되지않고 골수의 신호강도는 대부분 인접근육의 신호강도보다 낮았다 (Fig. 2).

재발로 판명된 2예의 경우에도 상당히 신호강도가 불균질

Table 1. Clinical Features and MR Imaging Findings after Bone Marrow Transplantation

Patient No. Age/Sex	Underlying disease	Conditioning regimen	BMT type	Interval from BMT to MRI(wks)	Post BMT status	MR Signal intensity		
						Spine		Pelvis
						T1WI	STIR	
1. 31/M	SAA	ATG + PCZ + Cy	Allogeneic	47	CR	Low to High	Iso to Low	High + Low
2. 19/M	SAA	ATG + PCZ + Cy	Allogeneic	24	CR	Low to High	Iso to Low	High + Low
3. 24/M	SAA	ATG + PCZ + Cy	Allogeneic	9	CR	Low to High	Iso to Low	High + Low
4. 36/M	SAA	ATG + PCZ + Cy	Allogeneic	12	CR	Low to High	Iso to Low	High + Low
5. 23/F	SAA	ATG + PCZ + Cy	Allogeneic	52	CR	Low + High	Iso to Low	High + Low
6. 31/F	SAA	ATG + PCZ + Cy	Allogeneic	21	CR	Low to High	Iso to Low	High + Low
7. 28/F	CML	Bu + Cy	Allogeneic	31	CR	Low to High	Iso to Low	High
8. 31/M	AML	TBI + Cy	Allogeneic	26	CR	Low to High	Intermediate	High + Low
9. 31/M	AML	TBI + Cy	Allogeneic	40	CR	Low to High	Intermediate	High + Low
10. 23/M	SAA	PCZ + ATG + Cy	Allogeneic	35	Labile graft	High + Low	Low	High + low
11. 19/M	SAA	PCZ + ATG + Cy	Allogeneic	11	Labile graft	Low + High	Low	High + low
12. 24/F	CML	TBI + Cy	Unrelated	10	Labile graft	Low + High	Low	Low + High
13. 30/M	CML	TBI + Bu	Unrelated	11	Labile graft	Low + high	Iso to low	High + Low
14. 28/M	AML	TBI + Cy	Unrelated	12	Labile graft	High + Low	Low	High
15. 27/M	AML	TBI + Cy	Allogeneic	16	Labile graft	High + Low	Low	High
16. 39/M	AML	ARA + MPL + TBI	PBSCT	19	Relapse	High + Low	Iso + High	High + Low
17. 15/M	AML	TBI + Cy	Allogeneic	19	Relapse	High + Low	Iso + High	High + Low
18. 31/M	CML	TBI + Bu	Allogeneic	13	Rejection	High	Low	High

AA : severe aplastic anemia, AML : acute myelocytic leukemia, CML : chronic myelocytic leukemiaBMT : bone marrow transplantation, ATG : antithymocyte globulin, PCZ : Procarbazine, Cy : cyclophosphamideBu : Busulfan , TBI : total body irradiation, PBSCT : peripheral blood stem cell transplantation CR : complete recovery, Ara : Arabinoside, MPL : melpharan



A B

Fig. 2. A 27-year-old man(patient No.15) with labile engraftment syndrome after allogeneic transplantation for acute myelocytic leukemia. Signal intensity of bone marrow is inhomogeneously high with faint low signal intensity areas(arrows) on sagittal T1-weighted image(A, 560/30) of the lumbar spine and low on STIR image(B, 1,200/30/120).

하였다. 1예는 T1 강조영상에서는 전반적으로 고신호강도를 보이는 골수내에 불균질한 결절모양의 저신호강도가 혼재되어 있었고 STIR 영상에서는 인접근육보다 낮은 신호강도를 보이는 골수내에 부분적으로 근육과 비슷하게 높은 신호강도를 보이는 부위를 포함하고 있었다(Fig. 3). 재발된 다른 1예는 띠 모양의 신호강도를 보이는 골수내에 T1 강조영상에서는 저신호강도, STIR영상에서는 고신호강도의 결절이 혼재되어 있어 재생된 골수내에 백혈병 세포의 침윤이 의심되었다.

거부반응이 있었던 1예에서는 T1 강조영상에서는 균질하게 고신호강도로 STIR 영상에서는 저신호강도로 관찰되었다. 이는 전골수가 지방으로 대치되고 이식편의 생착이 전혀 일어나지 않았음을 의미하였다.

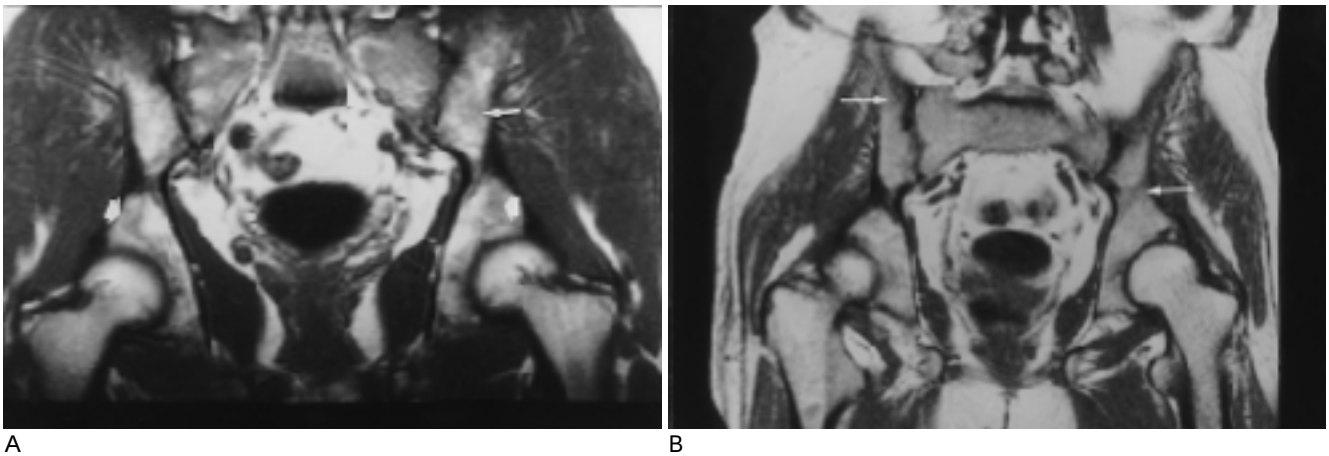
골반부위의 골수 신호강도는 성공적으로 이식이 일어난 경우나 또는 여러가지 부작용이 있거나 큰 차이가 없이 T1강조영상에서 불균질하게 인접 근육의 신호강도에 비해 골수 신호강도가 증가되어 보였다(Fig. 4). 또한 척추골수의 신호강도보다 골반골수의 신호강도가 증가되어 있었다.

고 찰

MR 영상은 골수의 상태를 평가하는 안전한 비침습적인 검사방법으로서 여러가지 골수질환의 진단 및 경과관찰에 이용되어 왔다(7-11). 비록 골수 MR영상이 조직검사보다 특이도가 낮기는 하나 간접적으로 조직구성을 예측할 수 있는 진단방법이며 장골능 생검보다는 좀더 넓은 부위의 골수상태를 반영할 수 있다고 생각된다.

A B

Fig. 3. A 39-year-old man (patient No.16) with relapse after peripheral blood stem cell transplantation for acute myelocytic leukemia. Signal intensity of bone marrow is inhomogeneously high with small low signal nodules (arrow heads) on sagittal T1-weighted image(A, 560/30) and reversed low with high signal nodules(arrows) on STIR image(B, 1,200/30/120).



A B

Fig. 4. Pelvic bone marrow on coronal T1-weighted MR image (525/25) reveals diffusely inhomogeneous high signal intensity with scattered low signal intensity nodules or areas(arrows) on both successful(A) or complicated engraftment(B).

이식편의 질, 조직 적합성 (histocompatibility)의 차이, 항원, 이식후 감염등에 의해 골수 이식후 그 경과가 결정되는데 골수이식후의 부작용을 적절히 치료하고 감시키 위해서는 골수이식후에 일어나는 조혈 기능 및 면역체계의 재정립에 관하여 정확히 알아야 할 필요가 있다. 이식받는 골수는 이식을 위한 전처치 및 이식에 따른 여러가지 특별한 스트레스하에 놓인다. 먼저 피이식자의 면역기능을 저하시키고, 남아있는 암세포를 가능한한 모두 제거시키기 위해 또 이식골수가 들어가서 자리잡을 공간을 마련하기 위해 이식을 위한 전처치로서 고용량의 항암요법 및 전신방사선조사등을 시행한다. 그 뒤를 이어 바로 골수세포를 정맥주사하면 조혈 모세포 (stem cell)는 일시적으로 폐나 비장에 머물렀다가 결국은 골수강내로 자리를 찾아가서 생착이 일어나 이식후 약 3-4주후에는 말초혈액에 과립성 백혈구 (granulocyte)가 출현하게 된다(2,4,12). 골수 이식을 위한 전처치로 고용량의 화학요법 또는 전신방사선조사를 시행하면 골수내 세포괴사,부종, 출혈 등으로 인해 물성분이 증가한 까닭에 이때 시행한 MR 영상을 보면 T1강조영상에서는 골수의 신호강도가 감소되고 T2 강조영상 또는 STIR 영상에서는 신호강도가 증가되고 또한 T1 이완시간도 증가된다(9,10, 12,15-17). 이어서 골수부종은 사라지고 골수간질내로 모세포가 이동하면서 세포충실도가 증가된다. MR 영상에서는 생착이 조기에 잘 일어난 경우 T1 강조영상에서 골수는 저신호강도로 보이며 선택적 물 화학적 변이영상(water selective chemical shift image)에서도 신호강도가 증가된다. 반면 생착이 지연된 경우 지방세포의 침착이 제거되지 않은 상태로 남아 T1 강조영상 및 선택적 지방 영상(fat selective image)에서 고신호강도를 보인다(12-16,18).

이식후 6-8주 뒤 골수가 재정비된 후 골수내에 부분적으로 지방침착이 일어나고 혈철소(hemosiderin)와같은 상자성(paramagnetic)물질의 침착이나 섬유화(fibrosis)등으로 인해 골수의 신호강도는 불균질하게 보이므로 T1 강조영상에서 보이는 이들 조혈골수에의한 저신호강도를 원발암이 재발한 것과 구별하기 어려울 수 있으나 STIR 영상에서 신호강도가 그리 증가하지 않는 점으로 감별할 수 있다. 또 T1 강조영상에서 신호강도가 감소된 골수내에 부분적으로 지방침착이 일어나 정상인과 비교하였을 때 T1 강조영상에서 신호강도가 증가되고 특히 척추체의 중심부에서 T1 이완 시간이 증가된다(15,16,18). 이식후 3개월 이내에 척추골수는 T1강조영상에서 척추체의 주변 즉 종판(end plate) 근처의 골수는 저신호강도로, 중심부위는 고신호강도로 보이고, STIR 영상에서는 그 신호강도가 역전되는 특징적인 띠모양의 신호강도를 보인다(12). 저자들의 증례에서도 성공적으로 이식이 된 9예중 5예에서 띠모양의 골수가 보였다. 또한 본 연구에서도 이식후 골수의 신호강도는 상당히 불균질하였으며 특히 부작용이 있던 경우 T1 강조영상에서 보이는 저신호강도를 생착이 일어난 정상 조혈골수인지 또는 재발된 암에 의한 침윤인지 구별하기가 어려웠다. 이때 STIR 영상에서 그 신호강도가 인접 근육과 비슷하거나 조금이라도 높은 부위가 있다던가 또는 띠모양의 골수유형이 파괴되고 중심부위에서 복잡한 결절형태의 신호강도를 보이는 경우 재발된 것을 의심할수 있었다. 그러나 불안정 생착상태의 경우에는 STIR영상에서 신호강도가 그리 증가되지 않았으며 이 경우 추가적으로 골수를 추가주입하거나 면역억제제나 항생제 투여등으로 이식편의 생착을 강화시켰다.

한편 골수의 MR 영상소견은 사용한 박동연쇄 (pulse sequence)에 따라 그 양상이 상당히 다르므로 물과 지방성분 또 조영제사용등에 따라 병변을 쉽게 진단할 수 있는 기법을 사용해야 한다. 혈액질환을 가진 환자를 검사하기 위한 여러가지 MR검사 방법이 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 신호대잡음 비율이 높음으로 쉽게 병변을 찾을 수 있게 된다. T2 강조영상에서 지방은 다소 저신호강도로 물은 고신호강도로 그 대조도가 바뀌는데 신호대 잡음비가 낮아 골수검사에는 큰 이점이 없다. 그러나 소아에서는 오히려 T1 강조영상에서 병변과 정상 조혈골수간에 대조도가 낮으므로 T2 강조영상이 유용하게 이용된다(13,19-21).

화학적 변이영상 즉 Dixon의 스핀에코기법이나 탈위상(out of phase) 경사에코영상(gradient echo image)으로는 물과 지방의 신호를 어느정도 분리하여서 영상을 얻으므로 골수의 지방은 검게 보이며 정상 조혈골수는 신호강도가 약간 증가되나 병변이 침습된 경우는 신호강도가 상당히 증가되어 나타난다. 따라서 조혈골수와 지방골수사이의 대조 뿐 아니라 정상과 병변이 있는 골수사이의 대조가 뚜렷해진다. 또한 지방분획(fat fraction)도 정량화할 수 있다(20,22-24).

지방의 신호강도를 억제시키는 영상기법으로 대표적인 STIR 영상은 지방이 검게 보일 수 있는 역전시간 (inversion time)을 선택하므로써 정상조혈골수는 신호강도가 약간 증가되는 반면 병변이 있는 골수는 상당히 신호강도가 증가케 되어 병변의 대조도가 증강된다(20,25). 최근에 이용되는 MR기기는 대개 지방을 전포화(pre saturation)를 하므로써 지방신호를 억제시키는 방법이 장착되어 있어 지방포화영상이 많이 이용되는데 이 경우 자장이 아주 균질해야 한다.

경사에코기법은 자장 감수성(magnetic susceptibility)에 예민하여 골수와 골소주(trabecular bone)가 함께 있는 골에서 골소주는 신호를 내지 않아 국소적으로 신호강도가 감소되어 이런 인공물(artifact)은 골용해를 진단하는데 도움이 되다. 탈위상 영상에서 골소주에 의한 불균질한 상태와 지방과 물의 감산(substraction)등에 의해 정상골수는 저신호강도를 보이는 반면 악성 골침윤이 있으면 국소적인 지방감소로 인한 감산이 줄어들고 골소주의 파괴로 인해 골수의 신호강도는 상당히 증가된다(26,27).

골수이식후 골수의 생착이 일어나 세포충실도가 높아지면 조혈세포내의 물성분때문에 재생이 일어난 골수는 물부분이 증가되는 반면 세포충실도가 낮은 골수는 대개 지방세포로 구성되어 있고 물성분이 현저히 감소되어 있으므로 골수이식

후 그 경과를 평가하기 위해서는 조혈골수내의 물과 지방을 구별해내고 정량화할 필요가 있다. 따라서 T1 강조영상에서 골수가 주로 지방으로 구성된 경우 고신호강도로 보이는 반면 T1 강조영상에서 골수가 저신호강도로 보이면 이는 조혈골수내에 지방이 적다는 것을 의미하나 꼭 물양자가 많다는 것은 의미하지는 않는다. 즉 섬유화가 있을때도 물성분은 많지 않으면서 T1 강조영상에서 저신호강도로 보일 수 있으므로 선택적 물 화학적 변이영상이나 STIR 영상 등이 골수의 세포 충실도를 더 잘 반영할 것으로 여겨진다(13,15,20).

골수이식후 재생골수에 자기공명분광법을 시행해보면 척추체로부터의 물신호는 혈액세포가 얼마나 재생되었는가에 따라 달라 스펙트럼상 물신호강도는 장골능골수생검에서 얻은 세포충실도와 아주 잘 연관되었다. 반면 골수이식후 생착이 지연된 경우, 그 스펙트럼상 주로 지방신호가 우세한 반면 물신호세기는 정상이하로 관찰된다(28-30). 때론 골수이식후 스펙트럼이 매우 넓어지는데 이는 골수내에 상자성물질인 혈철소가 침착하게 되어 자장이 비균질해지는 까닭이며 따라서 골수이식 전후의 여러가지 치료에 의한 대사과정을 자기분광법으로 알 수 있다(30).

골수의 지방 전환(conversion)은 먼저 사지말단골에서 시작되어 점차 척추나 골반의 체간골로 이동되며 조혈골수로의 재전환(reconversion)은 그 반대방향으로 일어난다고 알려져 있다(7,20). 그런데 척추와 골반부위중 어느부위에서 먼저 골수의 지방전환과 조혈골수로의 재전환이 일어나는지에 관하여는 명확히 알려져 있지 않다. 저자들의 증례에서 보는바로는 골수이식후 척추체에서 먼저 생착이 일어나서 골수신호강도의 변화가 척추체에서 좀더 뚜렷한 반면 골반에서의 골수신호강도는 T1 강조영상에서 지방 침착에의한 고신호 강도가 대부분을 차지하여 골수가 재생되는 경과나 그 부작용에 관계없이 이식편의 생착이 척추체보다 지연되어 있었다.

본연구는 이식 전의 골수 MR영상을 시행하지 못하여 이식전후의 골수상태를 MR 영상으로 비교할 수 없었고 또 골수이식후 일정한 기간을 두고 검사한 것이 아니어서 골수상태의 변화를 체계적으로 파악 할 수 없었다.

골수이식후 대개 말초혈액검사나 침습적인 장골 골수 생검들에 의해 그 이식상태를 평가하는데 이 두가지는 각종 조혈세포를 구별하므로써 재발 또는 골수 형성부전등을 감별해낼 수 있는 방법이다. 그러나 말초혈액상이 때론 골수의 세포충실도나 구성성분을 대변하지 못할수도 있고 불균질한 분포를 보이는 골수질환에서 골수 생검을 하였을 때 정상부위를 흡인할 위험이 있다(31,32). 따라서 골수 생검이 조혈골수 재정립의 실제 상태를 반영하지 못할 수도 있으며 골수생검은 침습적이고 또 조혈골수의 극히 일부분만을 검사하는 것이며 또 골수가 재정립되는 것도 때론 모든 부위에서 균일하게 일어나는 것은 아니므로 전체 골수의 상태를 반영하지 못할수도 있다. 비록 MR 영상이 골수의 조직학적 검사나 세포학적인 분석을 대치할 수는 없으나 비침습적으로 골수의 분포나 성분에 관한 부가적인 정보를 제공할 수는 있을것이며 MR은 골수의 세포충실도뿐 아니라 골수이식전 항암치료나 면역기능의 변화에 의한 골수대사상태의 변화를 평가하는데에 이용될 수 있을 것으로 여겨진다.

결론적으로 골수이식후의 상태를 평가하기 위한 골수의 MR영상에서 척추의 신호강도의 변화는 이식의 성공여부를 판정하는데 유용하였으며 골반 골수에서의 생착은 척추보다 늦게 일어남을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Thomas ED, Storb R, Clift RA, et al. Bone marrow transplantation. *N Engl J Med* 1975;292:832-843, 895-902
2. Thomas ED. Bone marrow transplantation : past experiences and future prospects. *Semin Oncol* 1992;19(Suppl 7):3-6
3. Crouch MA, Ross JA. Current concepts in autologous bone marrow transplantation. *Semin Oncol Nurs* 1994;10:12-19
4. Patzik SB, Smith C, Kubicka RA, Kaizer H. Bone marrow transplantation : clinical and radiologic aspects. *RadioGraphics* 1991;11:601-610
5. Westerman MP. Bone marrow needle biopsy : an evaluation and critique. *Semin Hematol* 1981;18:293-300
6. Hartsock RJ, Smith EB, Petty CS. Normal variations with aging of the amounts of hematopoietic tissue in bone marrow from the anterior iliac crest. *Am J Clin Pathol* 1965;43:326-331
7. Vogler JB. Murphy WA. Bone marrow imaging. *Radiology* 1988;168:679-693
8. Daffner RH, Lupetin AR, Dash N, Deeb ZL, Sefczek RJ, Schapiro RL. MRI in the detection of malignant infiltration of bone marrow. *AJR* 1986;146:353-358
9. 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
10. 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
11. Hoane BR, Shields AF, Porter BA, Shulman HM. Detection of lymphomatous bone marrow involvement with magnetic resonance imaging. *Blood* 1991;78:728-738
12. Stevens SK, Moore SG, Amylong MD. Repopulation of marrow after transplantation : MR imaging with pathologic correlation. *Radiology* 1990;175:213-218
13. Schick F, Einsele H, Weiss B, Jung WI, Lutz O, Claussen CD. Characterization of bone marrow after transplantation by means of magnetic resonance. *Ann Hematol* 1995;70:3-13
14. Schick F, Einsele H, Weiss B, et al. Assessment of the composition of bone marrow prior to and following autologous BMT and PB-SCT by magnetic resonance. *Ann Hematol* 1996;72:361-370
15. Altehoefer C, Laubenberger J, Lange W, et al. Prospective evaluation of bone marrow signal changes on magnetic resonance tomography during high dose chemotherapy and peripheral blood stem cell transplantation in patients with breast cancer. *Invest Radiol* 1997;32:613-620
16. Tanner SF, Clarke J, Leach MO, et al. MRI in the evaluation of late bone marrow changes following bone marrow transplantation. *Br J Radiol* 1996;69:1145-1151
17. Stevens SK, Morre SG, Kaplan ID. Early and late bone-marrow changes after irradiation. *AJR* 1990;154:745-750
18. Kauczor HU, Brix G, Dietl B, Jarosch K, Knopp MV, van Kaick G. Bone marrow after autologous blood stem cell transplantation and total body irradiation : magnetic resonance and chemical shift imaging. *Magn Reson Imaging* 1993;11:965-975

19. Linden A, Zankovich R, Theissen P, Diehl V, Schicha H. Malignant lymphoma : bone marrow imaging versus biopsy. *Radiology* 1989;173:335-339
20. Tardivon AA, Vanel D, Munck JN,. Bosq J. Magnetic resonance imaging of bone marrow in lymphomas and leukemias. *Leuk Lymphoma* 1997;25:55-68
21. Moore SG, Bisset GS III, Siegel MJ, Donaldson JS. Pediatric musculoskeletal MR imaging. *Radiology* 1991;179:345-360
22. Dixon WT. Simple proton spectroscopic imaging. *Radiology* 1984;53:189-194
23. Guckel F, Brix G, Semmler W, et al. Systemic bone marrow disorders : characterization with proton chemical shift imaging. *J Comput Assist Tomogr* 1990;14:633-642
24. Schick F, Bongers H, Aicher K, Jung WI, Duda S, Lutz O. Subtle bone marrow edema assessed by frequency-selective chemical shift NMR imaging. *J Comput Assist Tomogr* 1992;16:454-460
25. Mirowitz SA, Apicella P, 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
26. 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
27. 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
28. Schick F, Bongers H, Jung WI, Skalej M, Lutz O, Claussen CD. Volume-selective proton MRS in vertebral bodies. *Magn Reson Med* 1992;26:207-217
29. Schick F, Einsele H, Kost R, et al. Hematopoietic reconstitution after bone marrow transplantation : assessment with MR imaging and H-1 localized spectroscopy. *J Magn Reson Imaging* 1994;4:71-78
30. Wehrli FW, Ford JC, Attie M, Kressel HY, Kaplan FS. Trabecular structure; preliminary application of MR interferometry. *Radiology* 1991;179:615-621
31. Coller BS, Chabner BA, Gralnick HR. Frequencies and patterns of bone marrow involvement in non-Hodgkin lymphomas: observations on the value of bilateral biopsies *Am J Hematol* 1977;3:105-119
32. Brunning RD, Bloomfield CD, McKenna RW, Peterson LA. Bilateral trephine bone marrow biopsies in lymphoma and other neoplastic diseases. *Ann Int Med* 1975;82:365-366

J Korean Radiol Soc 1999;41:769- 776

MR Imaging Findings of Bone Marrow Following Bone Marrow Transplantation[1]

Jeong Mi Park, M.D., Jae Mun Lee, M.D., Jong Wook Lee, M.D.[2], Chun Choo Kim, M.D.[2]

[1]*Department of Radiology, St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea*
[2]*Department of Internal Medicine, St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea*

Purpose: To evaluate the features of magnetic resonance(MR) imaging of bone marrow (BM) following bone marrow transplantation (BMT).

Materials and Methods: Eighteen BMT recipients (8 severe aplastic anemia and 10 leukemia patients) underwent MR imaging. Fourteen were males and four were females, and their mean age was 27.2 years. Allogeneic transplantation was performed in 14 patients, unrelated transplantation in three, and peripheral blood stem cell transplantation in one. The mean interval between BMT and MR examination was 22.7 weeks.

MR imaging was performed using a 0.5 T superconducting MR unit(Gyroscan T5, Phillips, Netherlands). Signal intensity(SI) on T1 weighted (T1WI) and short tau inversion recovery(STIR) images of lumbar vertebral BM, and on T1WI of pelvic BM, was analyzed with respect to that of muscle.

Results: In nine patients in whom BMT was successful, the SI of lumbar vertebral BM was low to slightly high on T1WI and iso to low on STIR images. Six patients with labile engraftment syndrome and two relapsed patients showed inhomogeneous high SI with scattered low signal areas on T1WI and variable SI on STIR images. In particular, in patients who had relapsed, the SI seen on STIR images was high. One patient in whom rejection had occurred showed homogeneous high SI on T1WI and low SI on STIR images of lumbar vertebral BM.

The SI of pelvic BM, as seen on T1WI, was inhomogeneously high, irrespective of engraftment status. The SI of pelvic BM showed a larger high-signal portion than did lumbar vertebral BM seen on T1WI.

Conclusion: MR imaging of lumbar vertebral BM was useful for the evaluation of BM status after BMT. Engraftment of the pelvis might be delayed compared to that of the lumbar vertebrae.

Index words : Bone marrow,transplantation
Bone marrow, MR

Address reprint requests to : Jeongmi Park, M.D., Department of Radiology, St. Mary's Hospital, College of Medicine
The Catholic University of Korea #62, Youido-dong, Yongdungpo-gu, Seoul 150-010, Korea.
Tel. 82-2-3779-1271 Fax. 82-2-783-5288 E-mail : jmpark@cmc.cuk.ac.kr