

血液疾患に対する MRI の有用性 —脂肪抑制画像及び造影剤の併用—

歌 進 朝

広島大学医学部放射線医学講座 (主任: 伊藤勝陽教授)

受付 平成 12 年 4 月 19 日

受理 平成 12 年 8 月 21 日

近年, 磁気共鳴画像 (Magnetic Resonance Imaging, MRI) を用いた骨髄病変の研究が散見されるようになったが, 脂肪抑制 (Fat Sat) 及び造影剤を併用した報告は無く, また脊椎以外の骨髄について検討した報告は少ない。

今回筆者は, Fat Sat 法と造影剤を併用して撮像された骨髄の MRI について評価を行った。1.5 テスラ超伝導装置を用いて 9 例の成人患者の脊椎, 腸骨, 大腿骨の検査を行い, MR 画像を定性的に解析した。結果は以下の通りである。

1. 成人の骨髄病変は T1 強調画像 (T1WI), T2 強調画像 (T2WI) とともにそれぞれ 23/27, 20/27 の確率で低信号を示した。
2. 3 例の急性骨髄性白血病 (acute myelocytic leukemia, AML) 患者のうち, 輸血のみで経過観察されている 1 例のみ正常 MRI 像を示した。
3. 急性リンパ性白血病 (acute lymphocytic leukemia, ALL) 患者は骨髄の T1WI, T2WI とともに低信号を示したが, 造影効果は認められなかった。
4. 慢性骨髄性白血病 (chronic myelocytic leukemia, CML) 患者は骨髄の T1WI, T2WI とともに低信号を示したが, 造影効果は認められた。
5. 骨髄線維症 (myelofibrosis, MF) 患者の骨髄は T1WI において慢性の低信号を示し, Fat Sat 造影 MRI にて軽度の造影効果を示した。2 例中 1 例は T2WI にて高信号を示した。
6. 骨髄異形成症候群 (myelodysplastic syndrome, MDS) 患者においては脊椎と腸骨の骨髄は T1WI, T2WI とともに低信号を示し, 造影効果が認められたが, 大腿骨骨髄は T1WI, T2WI とともに正常信号を示し, 脂肪髄造影効果は認められなかった。

本研究の結果は, 骨髄における MRI の信号変化が, 血液疾患に対する治療の有効性を評価する指標となりうることを示唆するものである。

Key words : MRI, fat SAT, Bone marrow

血液疾患における骨髄病変の診断や病態の把握は, 主に骨髄穿刺や生検による組織学的検査によって行われ, これまで画像診断の果たす役割は少なかった。近年, MRI が骨髄病態を非侵襲的に画像化し解析できる手段として応用され¹⁵⁾, その有用性が報告されている^{1,4,7-9,12)}。ところがこれらの報告は脊椎を対象にする事が多く, また, 骨髄の検討は脂肪髓化した骨髄の検討となるため主に short T1 inversion recovery (STIR) 法が用いられてきた。STIR 法は組織の T1 時間の違いにより脂肪を検出するものであり, 脂肪特異

性に乏しく, また造影剤による T1 値の短縮は STIR 法の信号低下を生ずるので, 造影剤と併用することは困難である。また, 対象部位が脊椎のみでは骨髄の分布を評価する領域として十分ではない。

そこで, 今回脂肪に特異的なパルスを用いた Fat Sat 法及び造影剤の併用による骨髄 MRI の評価を試みた。対象部位は脊椎, 腸骨, 大腿骨頭とし, 骨髄疾患における MRI の骨髄内信号強度変化の生理的かつ臨床的意義について報告する。

対象と方法

1. 対象は1998年5月から2000年3月までの間に、広島大学附属病院でMRIを施行した血液疾患患者9例である。その内訳はFAB (French-American-British) グループによる分類²⁾ではAML 3例, ALL 1例, CML 2例, MF 2例, MDS 1例であり, 年齢は24歳から84歳 (平均64歳), 男性7例, 女性2例である。また, 各症例のMRI検査時の疾患の病期および治療歴をまとめたのがTable 1である。

2. 装置および撮像条件

装置は臨床MRI装置であるGE社製Horizon Hispeed (Milwaukee, Wisconsin), 静磁場強度1.5 Tを使用した。

撮像条件は以下の通りである:

T1WI: TR/TE=600/8 msec

T2WI: TR/TE=7500/114 msec

脂肪抑制造影画像 (Fat Sat T1WI):

TR/TE=588/12 msec なお撮像視野 (FOV) は40 cm, スライス厚は8 mm, matrix は256×256とした。

3. 方法

骨髄の撮像法としてはスピンエコー (SE) 法 T1WI 及び T2WI の主に横断像及び冠状断像, Fat Sat T1WI の横断像及び冠状断像とした。Fat Sat T1WI は, 水と脂肪の共鳴周波数の差 (化学シフト, chemical shift) を用いて, 脂肪の信号のみを抑制する方法である。造影剤はガドペンテト酸ジメグルミン (Gd-DTPA) を体重1 kgあたり0.1 mmol 静注した。これ等の画像から腰椎, 腸骨, 大腿骨の骨髄の信号強度及び造影効果を比較検討した。

骨髄のMRI所見については, T1WI, T2WIにて正常骨髄に比し異なる信号強度を呈し, Fat Sat T1WIにて異なる信号を示す領域を異常信号域とした。またその信号強度, 形態および広がりによって, 以下の3型に分類した。

Table 1. Patients list

Case No	Sex	Age	Diagnosis Stage	Treatment before MRI examination
1	M	44	AML (M1) CR	CAG (Ara-C + Aclarubicin + G-CSF), high dose MTX
2	F	52	AML (M2) refractory	CAG, Prednisolone + Melphalan + SPAC
3	F	79	AML (M5) relaps	MIT + Ara-C, THP-COPE, splenectomy
4	M	24	ALL refractory	PBSCT, Etoposide
5	M	61	CML AP	CHOP
6	M	23	CML AP-BP	Hydroxyurea, Interferon
7	M	41	secondary MF	Steroid pulse, supportive therapy including transfusion
8	M	84	primary MF	Supportive therapy including blood transfusion
9	M	64	MDS (CMMoL) stable	Supportive therapy

AP: accelerated phase, BP: blastic phase, MTX: methotrexate, SPAC: cytarabine ocfosfate, MIT: mitoxantron, THP-COPE: THP-Adriamycin + Cyclophosphamide + Vincristin + Prednisolon + Etoposide

Table 2. Signal intensities on fat-suppressed and contrast enhanced MRI in nine patients

Case No	Diagnosis	Vertebra		Pelvis		Femur		CE
		T1WI	T2WI	T1WI	T2WI	T1WI	T2WI	
1	AML (M1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	-
2	AML (M2)	Nor	Nor	Nor	Nor	Nor	Nor	-
3	AML (M5)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	-
4	ALL	L (1)	L (1)	L (2)	L (2)	L (3)	L (3)	-
5	CML	L (2)	L (2)	L (2)	L (2)	L (2)	L (2)	+
6	CML	L (2)	L (2)	L (2)	L (2)	L (2)	L (2)	+
7	MF	L (1)	H	L (1)	H	L (1)	H	+
8	MF	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	+
9	MDS	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	Nor	Nor	+

Nor: normal, H: high signal intensity, L (1): low intensity, diffuse spotty shadow,

L (2): low intensity, diffuse signal intensity change,

L (3): low intensity, irregular low intensity, CE: contrast enhancement

- (1) び慢性斑状影：腰椎骨，腸骨および大腿骨骨頭，近位骨幹部を中心に不均一な低信号を示したもの。
- (2) び慢性信号変化：腰椎骨，腸骨および大腿骨に広範なび慢性かつ均等な異常信号域が認められたもの。

- (3) 不整形陰影：腰椎骨，腸骨および大腿骨骨頭部の脂肪髄の中に単発ないし多発性の不整形の異常信号が認められたもの。

結 果

血液疾患における腰椎，腸骨，大腿骨骨髄の MRI 所見の結果をまとめたものが Table 2 である。

信号強度について症例 2 を除き，対象症例 9 例中 8 例は異常信号所見を示した。8 例の異常信号中 6 例は T1WI, T2WI ともに低信号となる領域が認められたが，MDS の 1 例では両側大腿骨骨頭骨髄は T1WI, T2WI で正常信号を呈し (Fig. 1)，MF の 1 例は T2WI で高信号を呈した。

信号形態については腰椎，腸骨，大腿骨骨髄で，び慢性斑状影 (L (1))，び慢性信号変化 (L (2))，不整形陰影信号型 (L (3)) の 3 型すべてのパターンが認められた。腰椎，腸骨，大腿骨骨髄で異常信号域を示したものが 9 症例中 8 例 (88.9%) で最も多かったが，異常信号がまったくみられないものが AML に 1 例，び慢性信号変化および不整形陰影を示したものが 1 例に認められた。



a)



b)



c)



d)

Fig. 1. 64-years old male with MDS (CMMoL).

a) T1WI, b) T2WI and c) T1WI of bone marrow. The vertebral bodies and pelvic bone marrow demonstrated diffuse hypointensity on both of T1WI and T2WI. But femurs were normal intensity on the T1WI and T2WI. d) fat-suppressed enhancement. The pelvic and vertebral bodies were enhanced on the T1WI.

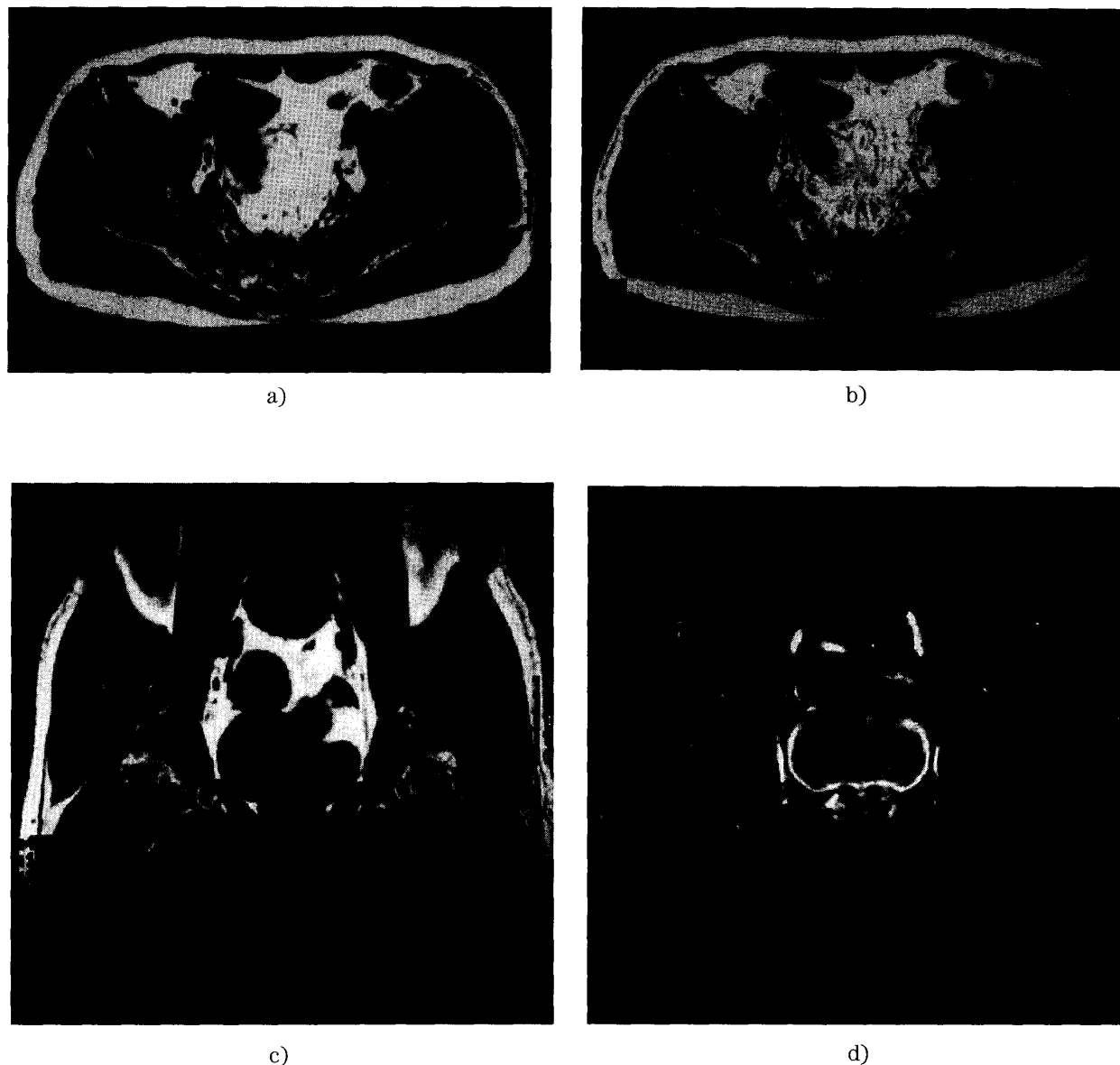


Fig. 2. 44-years old male with AML (M1).

a) T1WI, b) T2WI and c) T1WI of bone marrow. The vertebral bodies, pelvic and femoral bone marrow demonstrated diffuse hypointensity on both of T1WI and T2WI. d) fat-suppressed enhancement. They had no contrast enhancement on the T1WI.

疾患別についてみると、AML では3例中の2例にて T1WI, T2WI ともに腰椎、腸骨、大腿骨骨髓のいずれにおいてもび慢性斑状低信号域が認められた (Fig. 2)。しかし、FAB 分類にて M2 と診断され、輸血のみで経過観察中の患者の骨髓信号は正常であった (Fig. 3)。いずれの AML 症例においても造影効果は認められなかった。

ALL は腰椎及び腸骨ではび慢性型 (Fig. 4a)、大腿骨では不整形陰影型 (Fig. 4c) の低信号がみられたが、造影効果は認められなかった。

CML (Fig. 5) では T1WI, T2WI ともにいずれの骨髓

もび慢性信号変化を示し、Gd-DTPA によって骨髓には淡い造影効果が認められた。

MF の1例は T2WI で正常より高信号病変を示し (Fig. 6)、他の1例は T1WI, T2WI とも低信号を示したが、造影 MRI では2例ともに造影効果が認められた。MDS では腰椎と両側腸骨は T1WI, T2WI で低信号 (Fig. 1) を呈し、また造影効果が認められた。

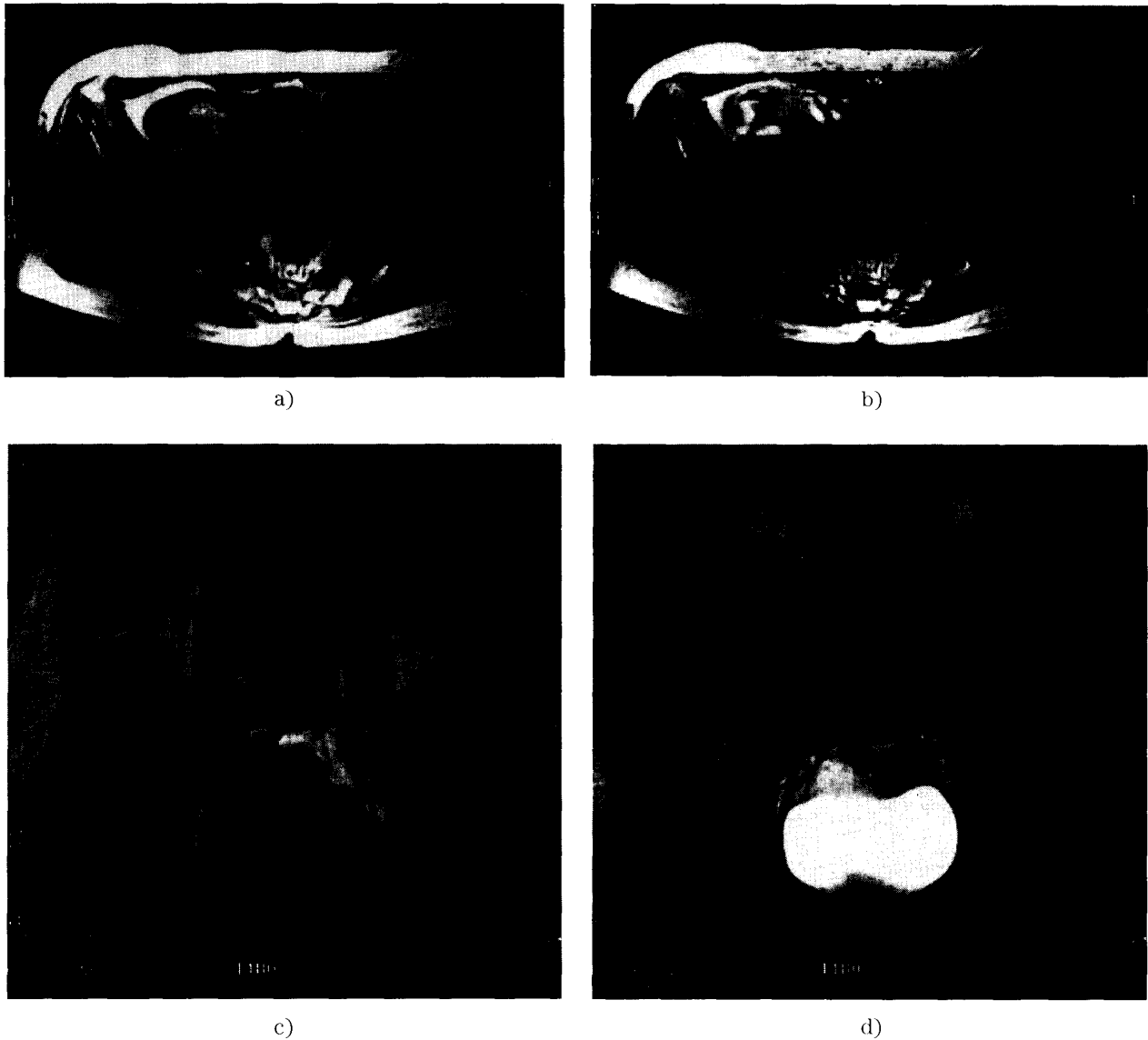


Fig. 3. 52-years old female with AML (M2).

a) T1WI, b) T2WI and c) T1WI of bone marrow. vertebral bodies, pelvic and femoral bone marrow showed normal MRI appearance. d) fat-suppressed enhancement. They had no contrast enhancement on the T1WI.

考 察

正常骨髄組織は赤色髄、脂肪髄、血管系や細網組織などを含む間質から成り、水分と脂肪成分が豊富である。また骨髄組成は部位、年齢で変化し、生下時の骨髄はほとんど赤色髄であるが、生後まもなく起こり始める赤色髄から黄色髄への生理的な転換による変化が正常骨髄MRIに反映される^{5,8,11)}。

骨髄の信号強度に関係する因子は、造血細胞、脂肪細胞、血液および細胞外液、貯蔵鉄、骨梁など多岐に及ぶ。MRIは、水と脂肪の緩和時間の違いによって、骨髄内の微妙な組織学的な変化を画像として鋭敏に捉えることができ、造血髄と脂肪髄の識別や骨髄病変の

検出にきわめて優れている。また、高磁場MRI装置を用いていても、空間分解能の良い画像を得ようとしてFOV (field of view) を小さくすると、1ピクセルの体積が小さくなり画像が劣化する。MRIに横断像及び冠状断像などの任意の断面を容易に撮像できるので、長管骨の骨髄病変の進展範囲を正確に評価することが可能である。

骨髄のMRIではT1WIの有用性が高く、一般に脂肪髄はT1WIで高信号に、T2WIで筋肉よりも高く水よりも低い信号を呈するが、高分解能のMRI像では骨梁も低信号の線状、網状構造として描出される。赤色髄はT1WIで低信号となるが、正常成人では、腰椎、腸骨、大腿骨骨髄は骨髄腔全体がT1WI SE像で均等

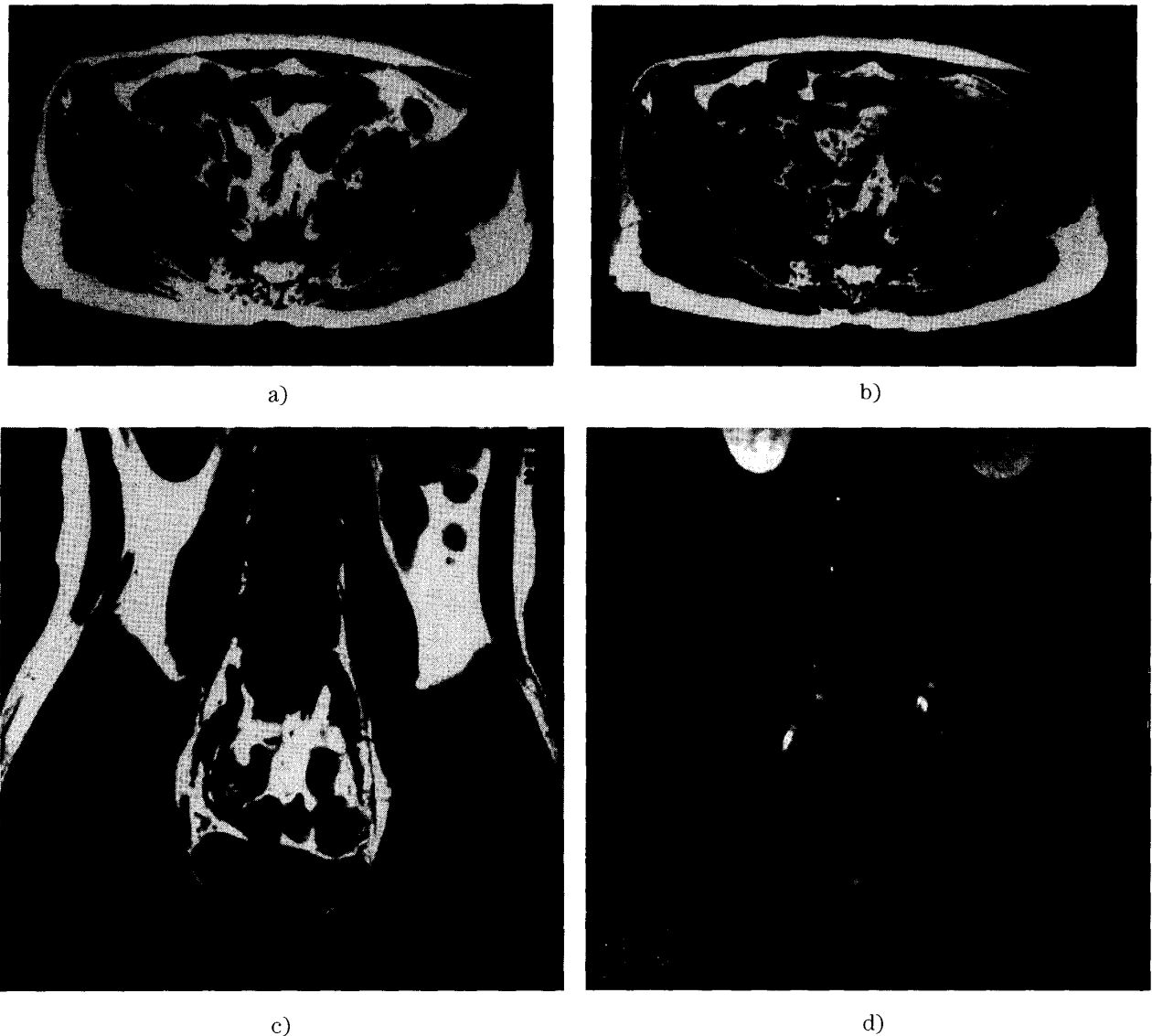


Fig. 4. 24-years old male with ALL.

a) T1WI, b) T2WI of bone marrow. They showed diffuse hypointensity. c) T1WI of femoral bone marrow showed irregular low intensity. d) fat-suppressed enhancement. They had no contrast enhancement on the T1WI.

な高信号, Fat sat T1WI 像で低信号を示すことが多く, 特に高齢者にその傾向がみられた。20~40歳代の青壮年期では, T1WI SE 像で淡い低信号, Fat sat T1WI 像で不均等な高信号を示す近位骨幹部に見られることがあるが, 大腿骨全長の1/2を超えることはなかった。また, 赤色髄が残る一部の領域を除いて, T1 が著明に短い脂肪組織の存在のために, 骨髓腔内は均一な高信号として描出される。一方骨髓病変は一般に T1 が延長していることが多く, T1WI では低信号域として認められ, 成人については高信号を示す正常骨髓とは明瞭なコントラストをなす。T2WI については, 正常骨髓と病変との間に有意の差がないことが多く, 骨髓疾患における T2WI の有用性は低い。

血液疾患および骨髓病変の検出に対する MRI の有用性についてはすでに報告があり^{1,6,9)}, 特に造影 MRI では, 造血巣の範囲を明瞭に描出することができる。しかし, Fat sat 併用の造影 MRI 像を詳細に検討した報告は少なく, また, これまでは骨髓の MRI 検査は脊椎を対象にすることが多かった。しかし, 脊椎は成人になっても造血髄が残存しているため, 正常でも T1WI で低信号, Fat sat 法で高信号を示す領域が見られることが多く, 異常骨髓との鑑別が困難な場合も少なくない。しかしながら成人の大腿骨と腸骨では脂肪髄化していることが多く, 血液疾患における脂肪髄から造血髄または異常骨髓への変化については, 脊椎よりも大きな所見の変化が観察される。田中らの白血病

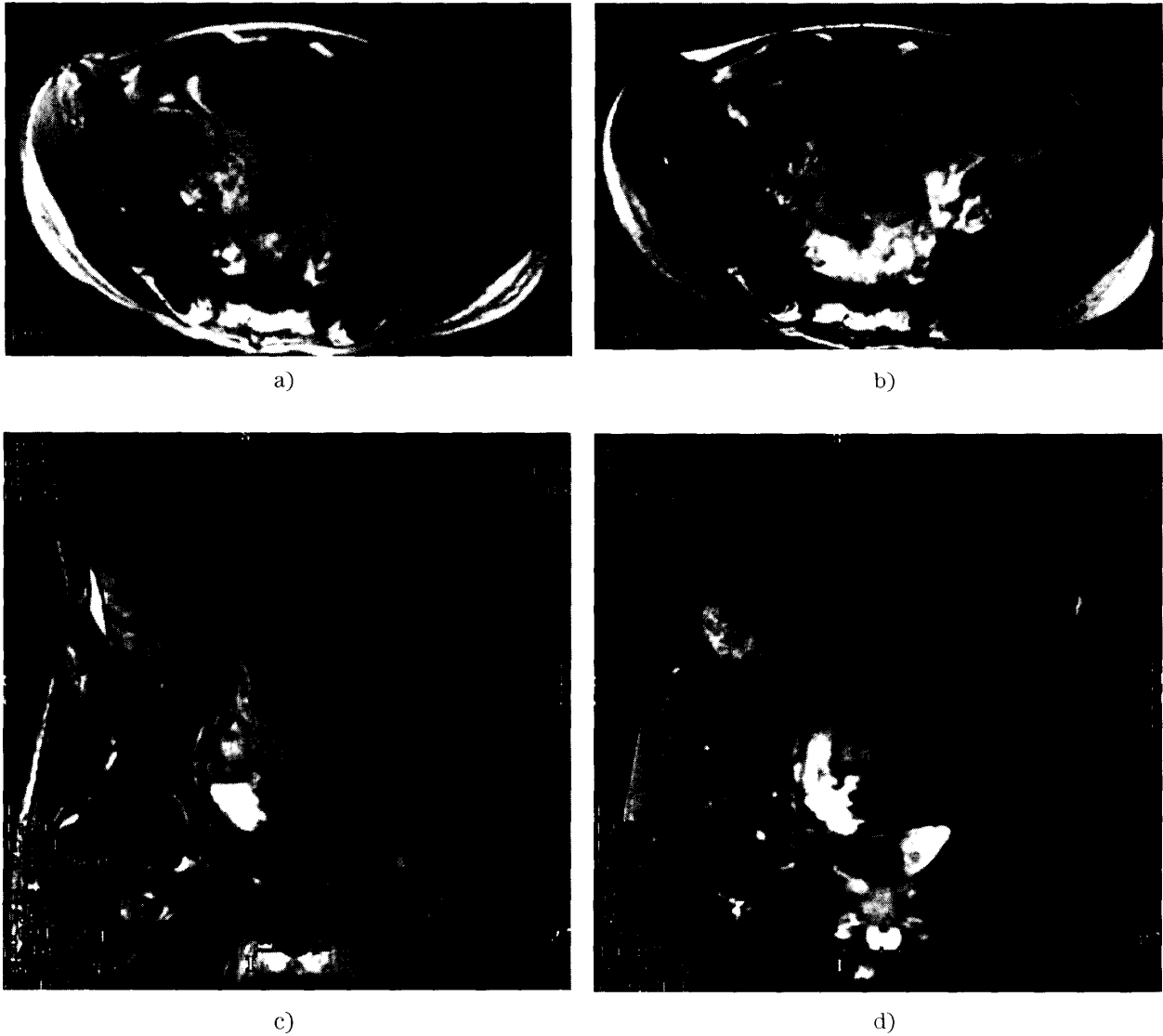


Fig. 5. 23-years old male with MF.

a) T1WI, b) T2WI, c) T1WI of vertebral bodies, pelvic bones and femoral bone marrow with diffuse hypointensity. d) fat-suppressed enhancement. The part of pelvic were slightly enhanced on T1WI. The femoral head showed a slight enhancement on T1WI.

と MDS を対象にした検討^{13,14)}でも、大腿骨の MRI の方が腰椎よりも、骨髄の病態を評価するうえで有用な場合が多いと報告している。

血液疾患に伴う骨髄病変の核医学検査もあるが、骨シンチグラフィーは、骨病変に対して鋭敏で、全身のスクリーニング検査としては効率的な検査法である。特に骨転移などの多発性病巣の検索にはきわめて有用となる。しかし、空間分解能が低いのが欠点であり、しかも RI の集積が非特異的であるため、骨病変の質的診断にはあまり役立たない。骨腫瘍の診断における MRI との比較では、骨シンチグラフィーは、sensitivity, specificity とともに劣っている。今回の検査は MRI だけ用いた。

血液疾患に伴う骨髄病変の MRI 所見については一般に非特異的であることが多く、疾患に特徴的な所見はないとされている。田中らはび慢性で均等な異常信号域の拡大が急性の白血病、悪性リンパ腫の骨髄浸潤の他に、MF や真性赤血球増加症などの骨髄増殖性疾患などでも認められると報告している¹⁰⁾。この他にも高度の骨髄過形成を伴った鉄欠乏性貧血や溶血性貧血でも、白血病と同様のび慢性の異常信号を呈する場合があります。MRI 所見から白血病と反応性造血髄を識別することも必ずしも容易ではない¹⁴⁾。

今回の検討では、AML の 1 例と MDS を除き、9 例中 7 例で骨髄の信号が T1WI にて低信号を示した。AML では大腿骨骨髄の MRI においてび慢浸潤を呈し



a)



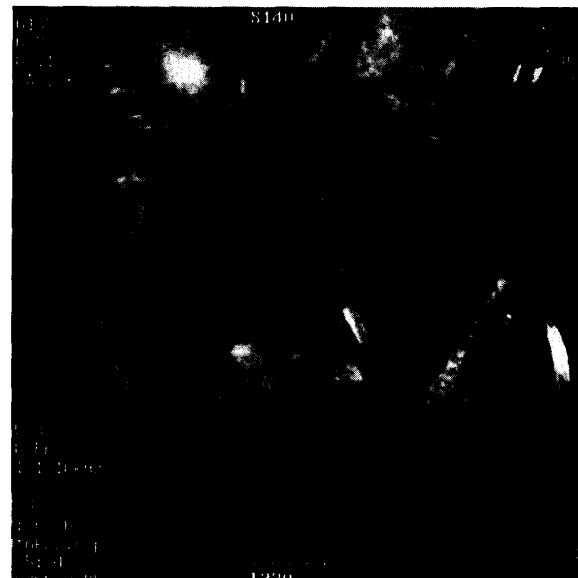
b)



c)



d)



e)

Fig. 6. 41-years old male with CML.

a) T1WI, b) T1WI, c) T2WI, d) T2WI. The vertebral bodies, pelvic bones and femoral bone marrow were diffuse hypointensity on the T1WI and high intensity on the T2WI. e) fat-suppressed enhancement. All bone marrow showed a slightly clear enhancement on the T1WI.

たのものが最も多いと報告されているが¹⁴⁾, 今回の検討でも3例のAMLのうち2例でT1WI, T2WIにて腰椎, 腸骨, 大腿骨にび慢性の斑状低信号域が認められ, ALL患者は腰椎にび慢性斑状影, 腸骨にび慢性低信号, 大腿骨に不整形低信号域が認められた。Fat Sat併用の造影T1WIでは造影効果が認められなかった。

画像上変化がみられない症例2では骨髄所見は寛解状態で, 輸血のみによって経過観察されており, 治療奏効した場合, 芽球の消失とともにMRI所見が改善すると推測される。この事よりMRIによる画像所見が治療に対する反応を判定する要素になりうるものと思われる。MRIにてAMLとALLを鑑別したり, FAB

分類の亜型を区別する事は不可能であるが、AML の治療効果と MRI 所見に相関のある事が示唆される。

CML の骨髓 MRI では、均等でび慢性の異常信号域が認められ、AML と比較すると、その進展範囲がより広範囲であることが多いとされている¹⁴⁾。今回の検討でも 2 例の CML は T1WI, T2WI にて腰椎、腸骨、大腿骨にび慢性低信号域が認められ、AML より広範囲であった。また、Gd-DTPA によって不均一な造影効果が認められたが、骨髓の造影効果の強弱は細胞成分の増加と赤色髓の回復過程及び腫瘍細胞の分布、骨髓の血流の増加が関与するとされ、MRI で描出される異常信号のすべてが白血病細胞が浸潤した領域とは限らず、また、反応性増殖した造血髄あるいは浮腫や線維化などの組織学的変化を示している可能性も考えられる。症例 4 については腰椎、腸骨と大腿骨の信号低下に乖離が認められるが、その理由は造血髄から脂肪髄への変化は遠位の骨から生じることと、白血病などの造血器腫瘍は造血髄が存在する躯幹骨の骨髓から腫瘍細胞の増殖が始まるため、分布にかたよりが生じた可能性が考えられる¹³⁾。造影効果には造血髄、脂肪髄および腫瘍細胞、骨髓の線維化の程度などが関与しており、その成因については不明である。ただ白血病の化学療法後に完全寛解に入った症例では、異常信号域の縮小とともに、信号強度の正常化が認められるとの報告もあり¹⁴⁾、白血病の経過中にみられる MRI での信号強度や進展範囲の変化は、臨床像をよく反映し、骨髓 MRI 検査は CML の経過観察や病態の把握にも有用であると考えられた。

今回の症例中 2 例の MF があったが、MF は全身の骨髓組織に広汎な線維化を来す疾患で、髓外造血による著明な脾腫と骨髓の線維化に伴う骨硬化を特徴とする。膠原線維はプロトン密度に乏しいために、線維組織に置換された骨髓腔は、骨髓 MRI では T1WI, T2WI ともに低信号を呈する。しかし、我々の経験した 2 例中 1 例は T2WI で高信号を呈した。これは MF に進展する前段階には血流の増加を伴った造血細胞の増殖が著しい時期があり、T2WI で高信号域として描出されると報告されており¹⁴⁾、本症例についてもそうであった可能性が高い。

MDS は、経過中に急性白血病を高頻度に発症する血液学的異常であるが、我々の経験した MDS は芽球の割合が高く CMM0L 型 (Chronic myelomonocytic leukemia) があった。MRI 画像では両側腸骨と腰椎は T1WI で低信号を呈し、造影にて増強されたものの両側大腿骨は正常であった。CMM0L 型では骨髓中の芽球が多いので T1WI で低信号、Fat Sat 画像で高信号

を示す領域が近位骨幹部を中心部に対称性に見られ、芽球の増加に伴って異常信号域が遠位側へ拡大する傾向が認められたとの報告もある¹³⁾。MDS で骨髓の異常信号部のすべてが異形成を伴った芽球の増加した造血組織とは限らず、浮腫や線維性変化などを見ている可能性も否定はできない。しかし、治療が奏効した場合、芽球の減少とともに比較的速やかに MRI 所見の改善が認められることから¹³⁾、異常信号域の大部分は芽球の増生を伴った造血組織を示していると考えられる。今回の症例でも異常低信号は腰椎及び腸骨にのみ認められており、芽球の分布に対応した変化が推測される。この事より MRI による MDS の臨床経過の判定にも応用できることが期待される。

血液疾患に伴う骨髓病変の診断において、骨髓穿刺や生検での骨髓組織像が診断の決め手になることは言うまでもない。しかし、穿刺や生検で得られる所見は、腸骨や胸骨などの検査部位のごく一部の骨髓組織の変化を見ているに過ぎず、全身の骨髓像を反映しているわけではない。血液疾患の全身性の病態を評価するうえで、従来の血液学的検査に加え、腰椎、腸骨、大腿骨骨髓の MRI を行うことにより、骨髓内で起こっている組織学的変化に関して、さらに多くの情報が付加されるものと考えられる。

ま と め

1. 成人血液疾患の AML, CML, ALL, MF および MDS を対象に骨髓の MRI 所見を検討した。
2. AML 3 例中 2 例では、骨髓内に T1WI, T2WI ともに低信号となる領域が出現した。1 例は輸血のみで経過観察中の患者であるが、骨髓信号は正常であった。
3. ALL と CML は骨髓の T1WI, T2WI で低信号域が認められ、ALL 患者の造影効果は認められなかったが、CML 患者の造影効果は認められた。
4. MDS では、腰椎、腸骨は T1WI で低信号病変を示し、造影効果が認められたが、両大腿骨骨頭は T1WI, T2WI で正常信号を呈し、脂肪髄造影効果は認められなかった。
5. MF では骨髓は T1WI でび慢性低信号となり、Fat Sat 併用の造影でやや強い造影効果を示していた。2 例中 1 例では T2WI にて高信号病変を呈した。
6. MRI における骨髓信号は臨床経過及び治療に対する反応の指標となる可能性が示唆された。

MRI の画像の信号変化と骨髓検査所見は一致しない時もあるが、MRI パターンとの関連については今後さらに経過を追って検討していきたい。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、御懇篤なご指導、ご校閲を賜りました広島大学医学部放射線医学教室伊藤勝陽教授に深甚なる感謝の意を表します。また、研究にあたり直接御指導御教授を賜りました同放射線医学教室梶間敏男博士に感謝の意を述べさせていただきます。

さらに本研究において数々の御支援、御助言を賜りました広島大学原医研内科並びに本学放射線医学教室員の諸先生方に心より深謝致します。

参 考 文 献

1. 天野康雄, 田辺義博, 宮下次広, 林 宏光, 堀内淳一, 野村武夫, 隅崎達夫 1994. Opposed phase T1 強調像および造影 MR imaging による骨髓造血状態の評価. 日本医放会誌 54 : 958-964.
2. Bennett, J. M., Catovsky, D., Daniel, M. T., Flandrin, G., Galton, D. A. G., Gralnick, H. R. and Sultan, C. 1976. Proposals for the classification of the acute leukaemias: French-American-British Co-operative Group. Br. J. Haematology 33 : 451-458.
3. Bennett, J. M., Catovsky, D., Daniel, M. T., Flandrin, G., Galton, D. A. G., Gralnick, H. R. and Sultan, C. 1982. Proposals for the classification of the myelodysplastic syndromes. Br. J. Haematology 51 : 189-199.
4. Gerard, E. L., Ferry, J. A., Amrein, P. C., Harmon, D. C., McKinstry, R. C., Hopprl, B. E. and Rosen, B. R. 1992. Compositional changes in vertebral bone marrow during treatment for acute leukemia: Assessment with quantitative chemical shift imaging. Radiology 183 : 39-46.
5. 石坂 浩, 栗原美貴子, 平敷淳子, 天沼 誠, 水野ひとみ, 富岡邦昭, 小林可奈子, 佐藤典子, 永井輝夫 1989. Short TI IR 法による骨髓病態評価—第一報—. 日本医放会誌 49 : 128-133.
6. 石坂 浩, 栗原美貴子, 平敷淳子, 天沼 誠, 水野ひとみ, 富岡邦昭, 小林可奈子, 佐藤典子, 永井輝夫 1989. Short TI IR 法による骨髓病態評価—第2報—. 日本医放会誌 49 : 134-138.
7. McKinstry, C. S., Steiner, R. E., Young, A. T., Jones, L., Swirsky, D. and Aber, V. 1987. Bone marrow in leukemia and aplastic anemia: MR imaging before, during, and after treatment. Radiology 162 : 701-707.
8. Mizuno, H., Mizuno, H., Heshiki, A., Kusumoto, S., Jinnai, I. and Hirashima, K. 1992. Evaluation of bone marrow disorders with the STIR sequence. JMRI 2 : 134.
9. Moore, S. G., Gooding, C. A., Brasch, R. C., Ehman, R. L., Ringertz, H. G., Ablin, A. R., Matthay, K. K. and Zoger, S. 1986. Bone marrow in children with acute lymphocytic leukemia: MR relaxation times. Radiology 160 : 237-240.
10. Kaplan, K. R., Mitchell, D. G., Steiner, R. M., Murphy, S., Vinitzki, S., Rao, V. M., Burk, D. L. and Rifkin, M. D. 1992. Polycythemia vera and myelofibrosis: Correlation of MR imaging, Clinical, and laboratory findings. Radiology 183 : 329-334.
11. Ricci, C., Cova, M., Kang, Y. S., Yang, A., Rahmouni, A., Scott, W. W. Jr. and Zerhouni, E. A. 1990. Normal age-related patterns of cellular and fatty bone marrow distribution in the axial skeleton: MR imaging study. Radiology 177 : 83-86.
12. Smith, S. R., Williams, C. E., Davies, J. M. and Edwards, R. H. T. 1989. Bone marrow disorders: Characterization with quantitative MR imaging. Radiology 172 : 805-810.
13. 田中 修, 高木省治郎, 松浦克彦, 市川珠紀, 小林泰之, 永井 純 1995. 骨髓異形成症候群における大腿骨骨髓の MRI imaging 所見の検討. 日本医放会誌 55 : 837-844.
14. 田中 修, 高木省治郎, 小林泰之, 市川珠紀, 松浦克彦, 永井 純 1995. 成人の急性白血病における大腿骨骨髓の MR imaging 所見の検討—FAB 分類および予後と関連について—. 日本医放会誌 56 : 967-973.
15. Vogler, J. B. and Murphy, W. A. 1998. Bone marrow imaging. Radiology 168 : 679-693.

MR Imaging of Bone Marrow Diseases: the usefulness of fat-suppressed combined with gadolinium-enhanced MR imaging

Jin Chao GENG

Department of Radiology, Hiroshima University School of Medicine
(Director: Prof. Katsuhide ITO)

Recently, some studies of bone marrow diseases using the MRI had been reported. However there was no report with the combination method of the fat-suppression and the contrast medium, and there were few reports about bone marrow other than the vertebral bodies.

In this study, I evaluated the MR imaging of the bone marrow with the combination method of the fat-suppression and the contrast enhancement. A 1.5 Tesla superconducting MRI system was used in this investigation. In 9 adult patients their vertebral bodies, pelvic bones, and femurs were examined. The MRI images were analyzed qualitatively.

The results were as follows:

- 1) The foci of the adult bone marrow diseases demonstrated low signal intensity on both of T1WI and T2WI with a rate of 23/27 and 20/27, respectively.
- 2) Among three patients with AML (acute myelocytic leukemia), only one case showed normal MRI appearances during the follow up period with only blood transfusion.
- 3) The patients with ALL (acute lymphocytic leukemia) demonstrated hypointensity on both of T1WI and T2WI of the bone marrow, but had no contrast enhancement.
- 4) The patients with CML (chronic myelocytic leukemia) demonstrated hypointensity on both of T1WI and T2WI of the bone marrow, but had contrast enhancement.
- 5) The T1WI of bone marrow with myelofibrosis displayed diffuse hypointensity while they showed a slight enhancement on the fat-suppressed enhancement MRI. One of the two cases demonstrated high intensity on the T2WI.
- 6) In patients of MDS (myelodysplastic syndrome), the MRI of the vertebral and pelvic bone marrow demonstrated low intensity on both of the T1WI and T2WI and had a contrast enhancement. However, in the femurs heads, the T1WI and T2WI normal intensity but fat-marrow showed no contrast enhancement.

The results of this study indicated that changes of MRI signal intensity in bone marrow might be a clinical index to evaluate the effectiveness of therapy for the patient of bone marrow diseases.