

Title	びまん性骨髄病変における骨髄の緩和時間の検討-白血病と反応性造血髄の鑑別について-
Author(s)	田中, 修; 市川, 珠紀; 小林, 泰之 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1996, 56(8), p. 539-545
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17307
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

びまん性骨髄病変における骨髄の緩和時間の検討

—白血病と反応性造血髄の鑑別について—

田中 修¹⁾ 市川 珠紀¹⁾ 小林 泰之¹⁾
松浦 克彦¹⁾ 永井 純¹⁾ 高木省治郎²⁾

1)自治医科大学大宮医療センター放射線科

2)自治医科大学大宮医療センター血液科

MR Relaxation Times in Diffuse Bone Marrow Disorders : Evaluation of their clinical usefulness in differentiation between Leukemia and Anemia

Osamu Tanaka¹⁾, Tamaki Ichikawa¹⁾,
Yasuyuki Kobayashi¹⁾, Katsuhiko Matsuura¹⁾,
Jun Nagai¹⁾ and Shojiro Takagi²⁾

T1 and T2 relaxation time measurements of the femoral marrow were performed in 20 patients with acute myeloid leukemia (AML) and 9 patients with iron deficiency or other severe anemia who had shown diffuse abnormal signals on MR imaging of the femoral marrow. The ability of T1 and T2 values to differentiate between leukemic infiltration and hyperplastic hematopoietic marrow was evaluated. T1 and T2 ratios (T1 abnormal marrow/T1 normal marrow and T2 abnormal/T2 normal) were calculated, and the ratios of T1 to T2 (T1/T2) and of the T1 ratio to the T2 ratio (T1 ratio / T2 ratio) were also analyzed.

Diffuse infiltrative marrows revealed prolonged T1 relaxation times in all patients with AML and other severe anemia, and it was not possible to distinguish the two groups of diseases on the basis of T1 values. The T2 relaxation times varied widely in AML, but the mean T2 value of the AML group was not statistically significantly different from that of the anemia group. There were also no significant differences in the T1 ratio, T2 ratio, T1/T2, and the T1 ratio / T2 ratio between leukemic infiltration and hyperplastic hematopoietic marrow.

We concluded that measurement of T1 and T2 relaxation times was of limited clinical importance for the histological characterization of diffuse bone marrow disorders.

Research Code No. : 509.9

Key words : Bone marrow, Relaxation time, Leukemia, Anemia, MR

Received Jun. 20, 1995; revision accepted Sep. 6, 1995

1) Department of Radiology

2) Department of Hematology

Jichi Medical School Omiya Medical Center

はじめに

MRIは造血髄と脂肪髄の分布を画像として直接描出することができ、骨髄病変の検出に優れているため、骨髄に対して最も有用な画像診断法といえる¹⁾⁻³⁾。また、冠状断や矢状断などの任意の断面を容易に撮像できるMRIは、長管骨の異常骨髄の進展範囲を正確に評価することが可能である²⁾。しかし、血液疾患に伴う骨髄病変のMRI所見は一般に非特異的であることが多く、その優れたsensitivityに比べ、specificityは低いといわれている³⁾。

今回われわれは、骨髄由来の腫瘍性疾患の代表である急性骨髄性白血病 acute myeloid leukemia (以下、AMLと略す)と高度の骨髄過形成を来した重症の貧血症例を対象に、大腿骨骨髄のT1値とT2値を測定し、緩和時間による白血球と反応性造血髄の鑑別の可能性について検討した。

対象および方法

対象は、大腿骨骨髄のMRIにてびまん性の異常信号を呈し、緩和時間(T1値, T2値)を測定し得たAML20症例(男性11例, 女性9例)ならびに鉄欠乏性貧血などの貧血患者9症例(男性2例, 女性7例)である(Table 1)。T1強調SE像で低信号, STIR像で高信号を示す領域を異常信号と考え、びまん性で均等な異常信号域が大腿骨の近位骨幹部を越えて遠位側へ進展しているものを対象に選んだ。骨髄異形成症候群からAMLへ移行した3例に輸血歴があったが、他には

Table 1 Materials

Dx.	No. of cases
Acute myeloid leukemia (AML)	20
Anemia	9
Iron deficiency anemia	4
Autoimmune hemolytic anemia (AIHA)	3
Pernicious anemia	2

Table 2 T1 and T2 relaxation times and relaxation time ratios in AML

Patient No.	Age/Sex	T1 Relaxation Time			T2 Relaxation Time			T1/T2	T1 Ratio /T2 Ratio
		Lesion	Normal	T1 Ratio	Lesion	Normal	T2 Ratio		
1	52 M	1149	313	3.67	41.4	45.9	0.90	27.8	4.07
2	41 F	1292	362	3.57	29.5	41.1	0.72	43.8	4.97
3	64 M	1381	312	4.43	39.3	47.8	0.82	35.1	5.38
4	29 M	544	346	1.57	45.1	45.4	0.99	12.1	1.58
5	72 F	1089	299	3.64	46.7	44.7	1.04	23.3	3.49
6	20 F	1333	355	3.75	47.1	45.1	1.04	28.3	3.60
7	70 M	1485	326	4.56	40.2	41.5	0.97	36.9	4.70
8	61 M	573	298	1.92	49.3	46.2	1.07	11.6	1.80
9	75 M	1092	331	3.30	38.5	43.1	0.89	28.4	3.69
10	51 F	1617	344	4.70	108.0	42.3	2.55	15.0	1.84
11	64 M	1166	332	3.51	55.5	46.3	1.20	21.0	2.93
12	46 F	1269	318	3.99	46.9	47.0	1.00	27.1	4.00
13	67 M	706	299	2.36	50.7	45.3	1.12	13.9	2.11
14	21 M	687	338	2.03	47.4	45.5	1.04	14.5	1.95
15	48 F	1140	341	3.34	80.3	48.6	1.65	14.2	2.02
16	55 F	1536	383	4.01	42.2	43.6	0.97	36.4	4.14
17	53 F	835	409	2.04	35.2	41.9	0.84	23.7	2.43
18	74 M	995	329	3.02	38.0	40.5	0.94	26.2	3.22
19	46 F	1025	320	3.20	40.4	45.7	0.88	25.4	3.62
20	53 M	1432	323	4.43	25.6	43.6	0.59	55.9	7.55
Mean±S.D.		1117±318	334±28	3.35±0.94	47.4±18.0	44.6±2.3	1.06±0.41	26.0±11.5	3.46±1.49

MRI検査以前に輸血は行われていない。また、骨髄抑制を来す化学療法が検査前に施行された症例は、対象から除外した。AML例の年齢分布は20～75歳(平均53.1歳)で、貧血例では27～72歳(平均46.8歳)であった。

使用したMRI装置は東芝製MRT-200FX/II(静磁場強度1.5 Tesla)で、撮像法はT1強調SE法400/20/2(TR/TE/excitations)とSTIR法1500/150/20/1(TR/TI/TE/excitations)を用い、大腿骨の長軸に沿った冠状断像を撮像した。また、プロトン密度強調SE像1600/20/1(TR/TE/excitations)とT2強調SE像1600/80/1(TR/TE/excitations)を追加し、T1強調とプロトン密度強調SE像からT1計算画像を、プロトン密度とT2強調SE像からT2計算画像を再構成した。受信コイルにはbody coilを使用し、スライス厚10mm, matrixは256×256, field of view(FOV)は40cmとした。

緩和時間T1値とT2値は、T1およびT2のそれぞれの計算画像上で、近位骨幹部の異常信号部にpixel数300～550の楕円形の関心領域(ROI; region of interest)を設定して測定した。また、対照として、遠位骨幹または骨幹端部の正常脂肪髄のT1値とT2値も測り、緩和時間の解析に用いた。測定は両側の大腿骨髄で行い、左右の平均値をその患者のT1, T2値とした。

個体差を有する骨髄の緩和時間を対象間で正規化するために、異常信号部のT1値とT2値を脂肪髄部のT1, T2値でそれぞれ除して、T1 ratioおよびT2 ratioとした。また、異常

信号部のT1値とT2値の比(T1/T2), さらにT1 ratioとT2 ratioの比(T1 ratio/T2 ratio)についても検討を加えた。

測定および計算によって得られたT1値, T2値, T1 ratio, T2 ratio, T1/T2ならびにT1ratio/ T2 ratioの各数値をAML群と貧血群で比較したが、まずF検定によって両者の分散が等しいことを確認した。次いで、Studentのt検定を用いて統計学的な解析を行い、危険率5%で $P < 0.05$ の場合に、2群間に有意差があると判定した。

なお、今回の測定法によるT1値およびT2値の精度については、Smithら⁴⁾の方法に従い、硫酸銅水溶液のファントムにて彼らと同程度の測定値のばらつきと再現性が確認されている。したがって、得られたT1値, T2値を評価材料とすることは、臨床レベルでは特に差し支えないと考えられる。

結 果

大腿骨髄のMRIにてびまん性の異常信号を呈したAMLおよび重症貧血の各症例のT1値, T2値, T1 ratio, T2 ratio, T1/T2, T1 ratio/ T2 ratioの一覧をそれぞれTable 2と3に示す。また、緩和時間に関する各数値の散布図をFig.1～6に呈示する。

AML群の異常骨髄部のT1値は544から1,617msecの間に分布し、平均±S.D.は1,117±318msecで、正常脂肪髄部と比

Table 3 T1 and T2 relaxation times and relaxation time ratios in anemia

Patient No.	Age/Sex	Dx.	T1 Relaxation Time			T2 Relaxation Time			T1/T2	T1 Ratio /T2 Ratio
			Lesion	Normal	T1 Ratio	Lesion	Normal	T2 Ratio		
21	48 F	Iron	1032	319	3.24	57.5	47.3	1.22	17.9	2.66
22	50 F	Iron	534	311	1.72	52.8	44.0	1.20	10.1	1.43
23	27 M	Iron	865	331	2.61	52.2	43.9	1.19	16.6	2.20
24	51 F	Iron	1438	338	4.25	58.4	41.1	1.42	24.6	2.99
25	31 F	AIHA	737	291	2.53	43.9	38.3	1.15	16.8	2.21
26	35 F	AIHA	1196	331	3.61	45.8	45.9	1.00	26.1	3.62
27	41 F	AIHA	1253	342	3.66	55.3	45.1	1.23	22.7	2.99
28	72 M	P.A.	556	314	1.77	43.1	43.5	0.99	12.7	1.76
29	66 F	P.A.	967	309	3.13	64.6	49.6	1.30	15.0	2.40
Mean±S.D.			953±312	321±16	2.95±0.86	52.6±7.3	44.3±3.3	1.19±0.14	18.1±5.4	2.48±0.67

Iron : Iron deficiency anemia AIHA : Autoimmune hemolytic anemia P.A. : Pernicious anemia

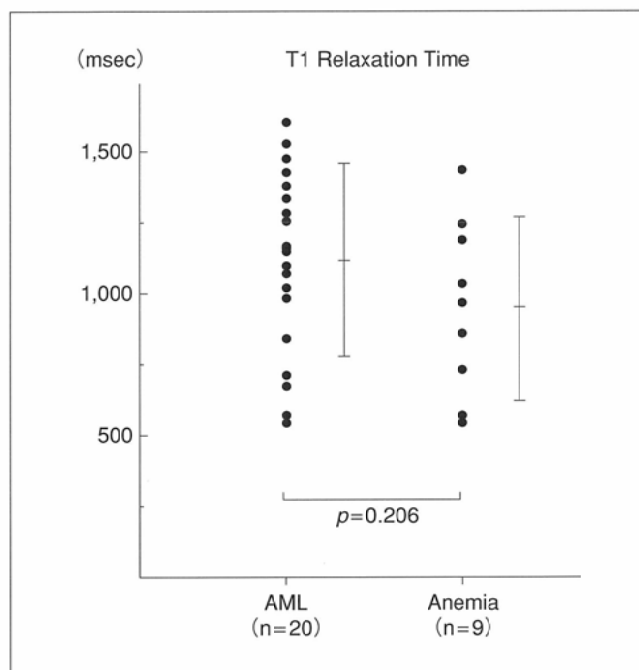


Fig.1 T1 relaxation times in AML and anemia. The T1 relaxation times of the proximal femoral marrow are prolonged in all patients with AML and severe anemia. There are no significant differences in the mean T1 values between leukemic infiltration and hyperplastic hematopoietic marrow associated with anemia ($p = 0.206$).

べ、著明なT1値の延長が認められた。貧血に伴う反応性造血部のT1値は534～1,438msec、平均±S.D.は953±312msecであり、AMLと同様の延長を示した。AML群と貧血群の比較では、両者のT1値に統計学的な有意差は認められなかった($P = 0.206$)。異常信号部のT1値を脂肪髄のそれを除いたT1 ratioの平均値は、AML群が 3.35 ± 0.94 、貧血群では 2.95 ± 0.86 で、T1値単独の時と同様に有意の差はみられなかった($P = 0.280$)。

AML例のT2値は25.6～108.0msecの広い範囲に分布した

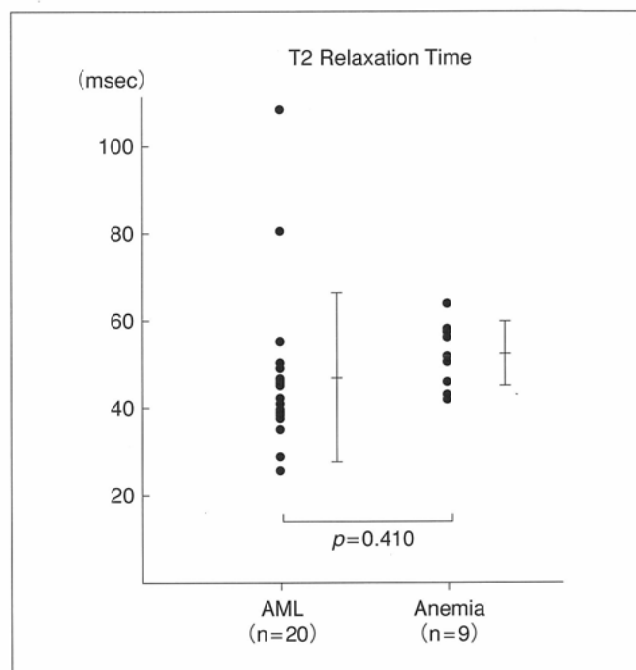


Fig.2 T2 relaxation times in AML and anemia. The T2 relaxation times are widely ranged between 25.6 and 108.0 msec in AML, but the mean T2 values of the AML group are not statistically different from those of the anemia group ($p = 0.410$).

が、平均±S.D.は 47.4 ± 18.0 msecであり、貧血例では $43.1 \sim 64.6$ msec、平均±S.D.は 52.6 ± 7.3 msecであった。AMLでは、病変部のT2値が正常部より低値を示す例が多くみられ、30msec以下に著明に短縮したものが2例あった(Patient No.2と20)。逆に、100msec以上の異常に高いT2値を呈した症例が1例認められた(Patient No.10)。統計学的な解析では、T2値においても、AMLと貧血の間に有意の差は認められなかった($P = 0.410$)。また、T1 ratioと同様の方法で算出したT2 ratioも、AML群が 1.06 ± 0.41 、貧血群が 1.19 ± 0.14

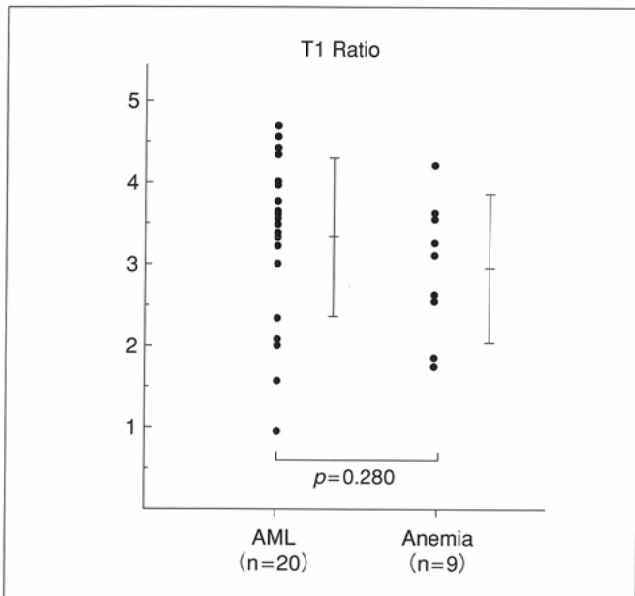


Fig.3 T1 ratios in AML and anemia.

The T1 ratios, which are created by T1 relaxation time of the abnormal marrow divided by that of the normal fatty marrow, are not significantly different between the AML and anemia groups ($p = 0.280$).

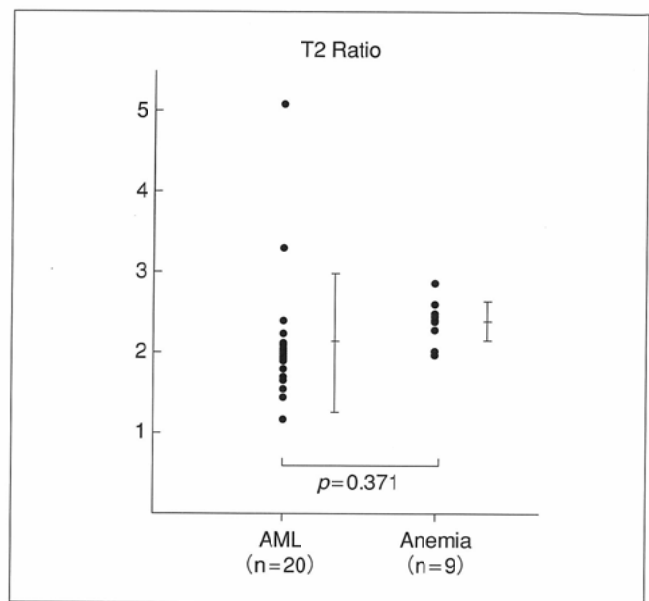


Fig.4 T2 ratios in AML and anemia.

There are no statistical differences in the T2 ratios, T2 relaxation time of the abnormal marrow/that of the normal marrow, between leukemic infiltration and hyperplastic hematopoiesis ($p = 0.371$).

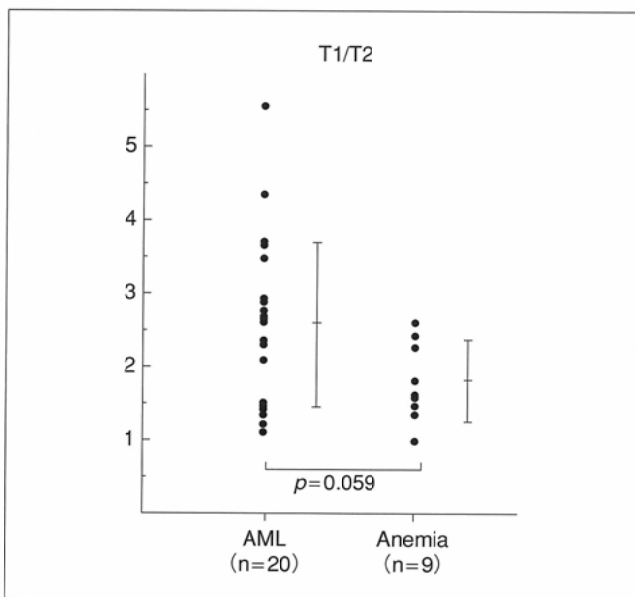


Fig.5 T1 relaxation time/T2 relaxation time (T1/T2) in AML and anemia.

The AML group shows higher T1/T2 values than the anemia group, but the mean values of these two groups show no statistical difference ($p = 0.059$).

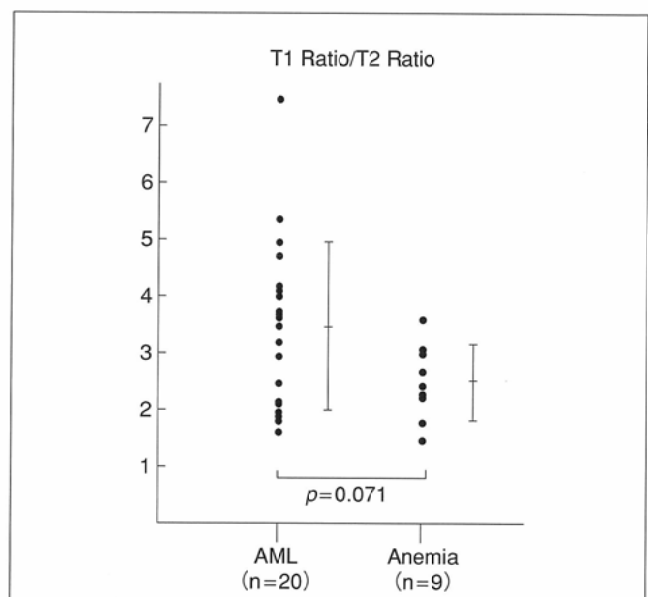


Fig.6 T1 ratio/T2 ratio in AML and anemia.

The T1 ratio / T2 ratio values of the AML group are higher than those of the anemia group, but there is no significant difference between leukemic infiltrative marrow and hyperplastic hematopoietic marrow ($p = 0.071$).

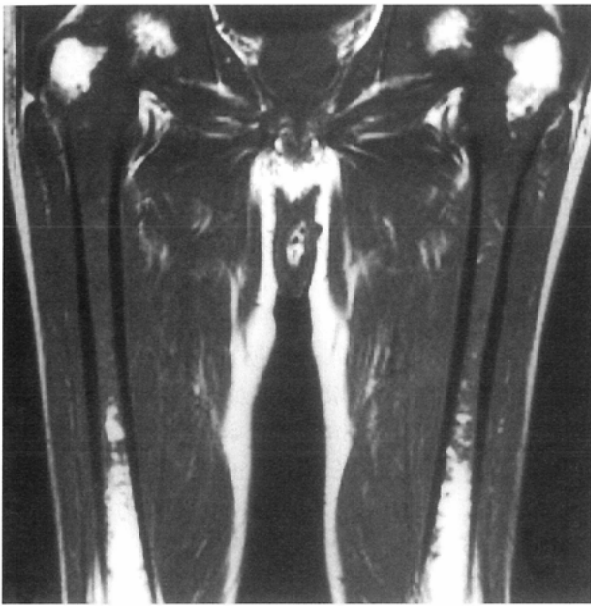
であり、有意差はなかった($P = 0.371$)。

大腿骨骨髄の異常信号部のT1値をT2値で除したT1/T2は、AML群が 26.0 ± 11.5 であったのに対して、貧血群では 18.1 ± 5.4 と低値を示したが、5%の危険率で2群間に有意の差はみられなかった($P = 0.059$)。さらに、T1 ratioとT2 ratioの比(T1 ratio/T2 ratio)についても、AML群が 3.46 ± 1.49 で、 2.48 ± 0.67 の貧血群よりも高値であったが、両者の間に有意差は認められなかった($P = 0.071$)。

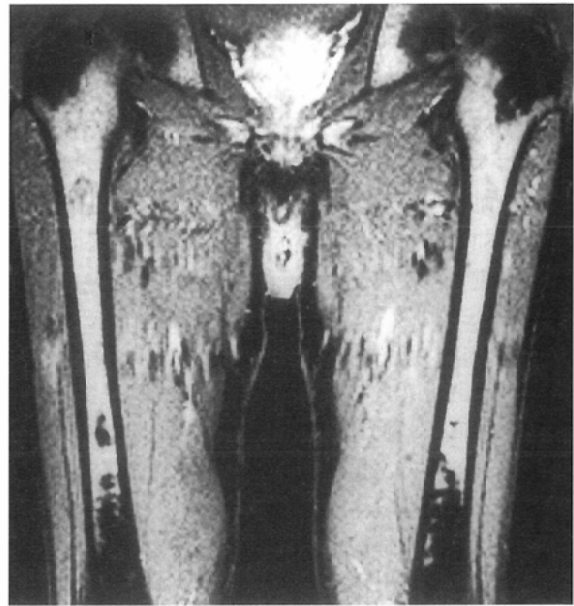
症 例

症例 1 (Patient No.7) (Fig.7)

70歳、男性のAML症例。大腿骨骨髄のMRIにて、両側の近位骨幹部を中心にT1強調SE像で低信号、STIR像では高信号を示す均等な異常信号域が認められ、その範囲は大腿骨近位1/2を越えて下方へ進展していた。両側の異常信号部の平均のT1値は1,485msec、T2値は40.2msecで、正常脂肪髄部のT1値は326msec、T2値は41.5msecであった。異常骨髄部



(A)



(B)

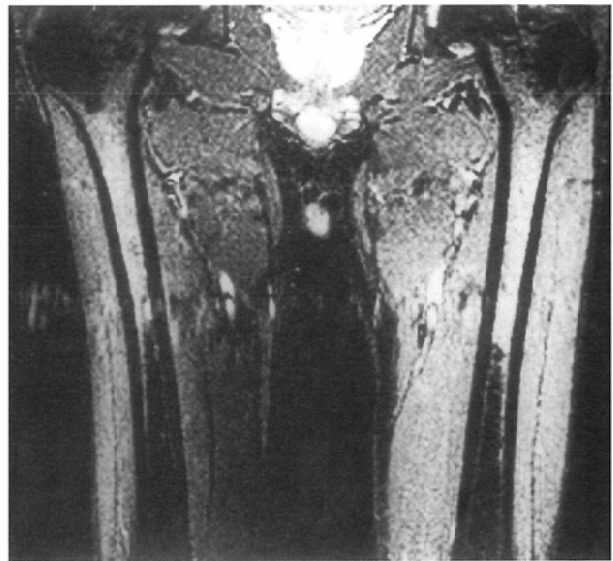
Fig.7 Case 1. 70-year-old male with AML (Patient No. 7).

(A) T1-weighted SE image (400/20). (B) STIR image (1500/150/20).

The MRI of the femoral marrow shows a uniformly high signal intensity on T1-weighted SE image and a low signal on STIR image in the proximal diaphysis symmetrically. The mean T1 relaxation time of the abnormal marrow is 1,485 msec, and the T2 value is 40.2 msec.



(A)



(B)

Fig.8 Case 2. 27-year-old male with iron deficiency anemia (Patient No. 23).

(A) T1-weighted SE image (400/20). (B) STIR image (1500/150/20).

A diffuse cellular infiltration pattern is noted in the proximal femoral marrow on both T1-weighted SE and STIR images, and the MRI pattern is similar to that of AML. The calculated T1 relaxation time of the abnormal marrow is 865 msec, and the T2 value is 52.2 msec.

のT1値は脂肪髄と比べ著明に延長していたのに対し、T2値はわずかに短縮していた。T1 ratioは4.56, T2 ratioは0.97, T1/T2は36.9, T1 ratio/T2 ratioは4.70であった。

症例 2 (Patient No.23) (Fig.8)

27歳, 男性の鉄欠乏性貧血症例。初診時の血中Hbが3.8g/dlの小球性低色素性貧血で, 骨髓穿刺にて骨髓は高度の過形成を示し, 赤芽球の増加が認められた。大腿骨骨髓のMRIでは, びまん性で均等な異常信号域が近位骨幹部を中心に

左右対称性に見られ, AMLと同様の所見を呈していた。異常信号部のT1値は865msec, T2値は52.2msec, 正常脂肪髄部のT1値は331msec, T2値は43.9msecであり, 病変部のT1値の延長とともに, T2値の延長も見られた。T1 ratioは2.61, T2 ratioは1.19, T1/T2は16.6, T1 ratio/T2 ratioは2.20であった。

考 察

白血病などの血液疾患におけるMRIの有用性についてはすでに多くの報告があるが⁵⁾⁻¹⁰⁾、従来、骨髄のMRI検査は脊椎を対象にすることが多かった。しかし、脊椎では成人になっても造血髄が残存しているため、正常でもT1強調SE像で低信号、STIR像で高信号を示す領域が見られることが多く、異常骨髄との鑑別が困難な場合も少なくない。これに対して、成人の大腿骨ではほとんど脂肪髄化しているため、血液疾患では、脂肪髄から造血髄または異常骨髄へと変化し、脊椎よりも大きなMRI所見の変化が観察される。われわれの白血病と骨髄異形成症候群を対象にした検討¹¹⁾では、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く認められている。白血病や骨髄過形成性疾患の大腿骨骨髄では、造血髄が残存する近位骨幹部にまず異常信号が出現し、病変の進行に伴って、遠位側へ向かって両側対称性に拡大する傾向がみられる。

骨髄病変のMRI所見は一般に非特異的であることが多く、結節性増殖を特徴とする多発性骨髄腫などの一部の疾患を除いて、各血液疾患に特異的な所見はない¹²⁾。びまん性で均等な異常信号域の拡大も、急性・慢性の白血病、悪性リンパ腫の骨髄浸潤の他に、骨髄線維症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^{10), 12)}。また、高度の骨髄過形成を伴った鉄欠乏性や溶血性の貧血でも、白血病と同様のびまん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は必ずしも容易ではない。もちろん、白血病や貧血のすべての患者で、大腿骨のMRIにてびまん性の骨髄浸潤像を認めるわけではない。今回対象にしたびまん性の異常信号を示すAMLは、われわれの施設で過去5年間に大腿骨骨髄のMRIを行った46症例中の20例(43.5%)であり、高度の骨髄過形成を来した貧血症例は、いずれもHbが6 g/dl以下に低下した慢性で重症の貧血患者であった。

1971年、Damadian¹³⁾が悪性腫瘍におけるT1値の延長を報告して以来、緩和時間を測定して、腫瘍の良・悪性の鑑別や組織型を診断しようとする試みがあるが、現在のところ臨床的にあまり有用な方法ではないようである¹⁴⁾。白血病、悪性リンパ腫、他の骨髄増殖性疾患などの骨髄のT1値が有意に延長していることはよく知られているが、T1値に疾患特異性はない⁴⁾。また、T1値と骨髄の細胞数との間には正の相関関係があるといわれているが¹⁵⁾、血液疾患でみられる骨髄のT1値の短縮や延長は、単に脂肪分画の増減を反映したものとの意見もある¹⁶⁾。今回の検討では、重症の貧血症例においても、反応性造血髄部のT1値が著明に延長している場合があり、緩和時間を測定しても、白血病などとの鑑別は困難であることが明らかとなった。T1値と細胞数の相関については検討していないが、T1値の延長は、骨髄中の細胞成分の増加に伴う脂肪組織の減少をみているものと考えられる。白血病細胞自体が正常の造血細胞よりもT1値が長い可能性もあり得るが、Kagimotoら¹⁷⁾による*in vitro*の測定結

果からは、造血細胞の未熟性によるT1値への関与は少ないと推測される。

造血器腫瘍のT2値も一般に延長していることが多いが、血液疾患の評価における骨髄のT2値の臨床的意義は低いとされている⁴⁾。これは、脂肪髄と造血髄、さらに腫瘍との間のT2値に大きな差がなく、それぞれを明確に識別することが困難なためである。今回の検討で興味深いことは、AML例で異常信号部のT2値が正常脂肪髄より低値を示すものが多く認められた点である。T2短縮の原因は明らかではないが、細胞密度の増加に伴う細胞外液の減少や血流の低下、線維組織の増生、鉄の増加などがその原因として挙げられる^{18), 19)}。大腿骨骨幹部は元来骨梁に乏しく、白血病細胞の浸潤部では、骨梁によるsusceptibilityの影響はほとんどないと思われる。30msec以下の著明なT2値の短縮を示したものが2例あったが、1例は赤芽球系細胞が増殖した赤白血病(AMLのFAB分類²⁰⁾でM6)であり、T2値の低下に鉄が関与している可能性が示唆される。また、他の1例は、MRI検査前に頻回の輸血が行われており、骨髄中へのヘモジデリンの沈着がその原因と考えられる。AML群の中には、逆に、100 msec以上の著明に高いT2値を示した症例もあったが、T2値の延長は、間質の浮腫性変化や血流の増加、または静脈洞の拡張などに伴う細胞外液の増加を意味していると思われる。

杉村ら^{21), 22)}は、緩和時間による転移性脊椎腫瘍と非腫瘍性病変の鑑別に関して、病変部のT1、T2値を正常部のそれと除したT1 ratioとT2 ratioを求めて、検討している。また、T1値とT2値の比(T1/T2)やT1 ratioとT2 ratioの比(T1 ratio/T2 ratio)を算出することにより、悪性と良性病変の間に有意の差を認め、鑑別に有用であると述べている。T1 ratioとT2 ratioは、ばらつきを示すT1、T2値から個体差を除外するのが目的であり、T1/T2とT1 ratio/T2 ratioを求めたのは、T1やT2値単独では出なかった有意差を証明するためである。悪性群のT1/T2およびT1 ratio/T2 ratioが良性群よりも有意の高値を示したのは、悪性腫瘍では自由水の割合が多く、T1値の延長がT2値の延長よりも大きいことが理由であると説明されている。

今回われわれも、T1 ratio、T2 ratio、T1/T2ならびにT1 ratio/T2 ratioを求め、白血病と反応性造血髄の鑑別の可能性について検討した。しかし、AML群でT1/T2およびT1 ratio/T2 ratioが貧血群よりも高値であったものの、統計学的には有意の差は証明できなかった。未熟な白血病細胞と正常の造血細胞のT1、T2値に大きな違いはなく¹⁷⁾、MRIで認められる異常信号は、骨髄中の細胞増加に伴う脂肪分画の減少をみているに過ぎない。貧血群のT1/T2とT1 ratio/T2 ratioがAML群より低値であったのは、反応性造血髄では、残存する脂肪組織が白血病細胞の浸潤部よりも多いためと思われる。しかし、高度の過形成を来した骨髄では、脂肪組織が完全に失われてAMLと同様のびまん性の細胞髄となり、T1値の著明な延長を示すことも稀ではない。したがって、大腿骨骨髄のMRIでびまん性の異常信号を呈する例に

において、たとえ緩和時間を測定しても、その疾患特異性は低く、白血病と反応性造血髄の鑑別には限界があると考えられる。

骨髄のMRIでは、網内系細胞に取り込まれる超常磁性の酸化第二鉄微粒子を用いた新しい造影剤が試みられつつあり²³⁾、白血病細胞の浸潤部と造血髄とを明確に識別するために、今後はそうした造影剤の臨床応用が期待される。

結 語

1. 大腿骨骨髄のMRIにてびまん性の異常信号を呈した急性骨髄性白血病(AML)と重症貧血症例を対象に、緩和時間による白血病と反応性造血髄の鑑別の可能性について検討した。

2. AMLでは異常骨髄部のT1値は著明に延長していたが、高度の骨髄過形成を来した重症貧血症例でもAMLと同様のT1値の延長がみられ、両群のT1値に有意差は認められなかった。

3. AMLと反応性造血部のT2値の平均値にも有意の差はなかった。AMLでは異常信号部のT2値が脂肪髄より低値を示す例が多くみられたが、著明に延長しているものもあり、広い範囲に分布して認められた。

4. AML群のT1/T2, T1 ratio/T2 ratioは貧血群よりも高値を示したが、統計学的な有意差は証明できず、T1 ratio, T2 ratioについても有意の差は認められなかった。

5. びまん性の骨髄浸潤像を来したAMLと重症貧血症例において、緩和時間による白血病と反応性造血髄との鑑別には限界があると考えられた。

文 献

- Olson DO, Shields AF, Scheurich CJ, et al : Magnetic resonance imaging of the bone marrow in patients with leukemia, aplastic anemia, and lymphoma. *Invest Radiol* 21 : 540-546, 1986
- Daffner RH, Lupetin AR, Dash N, et al : MRI in the detection of malignant infiltration of bone marrow. *AJR* 146 : 353-358, 1986
- Vogler JB III, Murphy WA : Bone marrow imaging. *Radiology* 168 : 679-693, 1988
- Smith SR, Williams CE, Davies JM, et al : Bone marrow disorders : Characterization with quantitative MR imaging. *Radiology* 172 : 805-810, 1989
- Moore SG, Gooding CA, Brasch RC, et al : Bone marrow in children with acute lymphocytic leukemia : MR relaxation times. *Radiology* 160 : 237-240, 1986
- McKinstry CS, Steiner RE, Young AT, et al : Bone marrow in leukemia and aplastic anemia : MR imaging before, during, and after treatment. *Radiology* 162 : 701-707, 1987
- Kaplan PA, Asleson RJ, Klassen LW, et al : Bone marrow patterns in aplastic anemia : Observations with 1.5-T MR imaging. *Radiology* 164 : 441-444, 1987
- Linden A, Zankovich R, Theissen P, et al : Malignant lymphoma : Bone marrow imaging versus biopsy. *Radiology* 173 : 335-339, 1989
- Moulopoulos LA, Varma DGK, Dimopoulos MA, et al : Multiple myeloma : Spinal MR imaging in patients with untreated newly diagnosed disease. *Radiology* 185 : 833-840, 1992
- Kaplan KR, Mitchell DG, Steiner RM, et al : Polycythemia vera and myelofibrosis : Correlation of MR imaging, clinical, and laboratory findings. *Radiology* 183 : 329-334, 1992
- 田中 修, 小林泰之, 市川珠紀, 他 : 骨髄性白血病および骨髄異形成症候群のMRI - 腰椎椎体と大腿骨骨髄の比較 -. *画像医学誌* 14 : 49-61, 1995
- 田中 修, 高木省治郎, 永井 純 : 血液および造血器疾患の画像診断 : 血液疾患の骨髄 MRI. *画像診断* 15 : 124-132, 1995
- Damadjan R : Tumor detection by nuclear magnetic resonance. *Science* 171 : 1151-1153, 1971
- Pettersson H, Slone RM, Spanier S, et al : Musculoskeletal tumors : T1 and T2 relaxation times. *Radiology* 167 : 783-785, 1988
- Nyman R, Rehn S, Glimelius B, et al : Magnetic resonance imaging in diffuse malignant bone marrow diseases. *Acta Radiologica* 28 : 199-205, 1987
- Rosen BR, Fleming DM, Kushner DC, et al : Hematologic bone marrow disorders : Quantitative chemical shift MR imaging. *Radiology* 169 : 799-804, 1988
- Kagimoto T, Yamasaki M, Morino Y, et al : Nuclear magnetic resonance study of human bone marrows from patients with leukemia, anemia, and myeloma and from normal donors. *J Natl Cancer Inst* 59 : 335-337, 1977
- 今村哲夫 : 骨および血管の変化, 島峰徹郎 編 : 骨髄組織病理アトラス, 107-113, 1984, 文光堂, 東京
- 石坂 浩, 栗原美貴子, 平敷淳子, 他 : Short TI IR法による骨髄病態の評価 - 第2報 -. *日本医放会誌* 49 : 134-138, 1989
- Bennett JM, Catovsky D, Daniel MT, et al : Proposals for the classification of the acute leukaemias : French-American-British co-operative group. *Br J Haematol* 33 : 451-458, 1976
- 杉村和朗, 山崎克人, 北垣 一, 他 : 椎体病変におけるMRIの有用性 - 緩和時間による鑑別について -. *日本医放会誌* 47 : 714-721, 1987
- Sugimura K, Yamasaki K, Kitagaki H, et al : Bone marrow diseases of the spine : Differentiation with T1 and T2 relaxation times in MR imaging. *Radiology* 165 : 541-544, 1987
- Senéterre E, Weissleder R, Jaramillo D, et al : Bone marrow : Ultrasmall superparamagnetic iron oxide for MR imaging. *Radiology* 179 : 529-533, 1991