

腰椎 T₁強調画像における骨髄信号強度の 加齢変化および性差について

伊東久雄¹, 坂井豊彦¹, 郭 韻玉¹, 打田よしえ¹,
田中朋幸¹, 高橋光幸¹, 河村 正², 片岡正明²

¹松波総合病院放射線科

²愛媛大学医学部放射線科

はじめに

MRI は他の画像診断にはない優れた組織間コントラストをもつことより、転移性骨腫瘍¹⁾²⁾、白血病³⁾⁴⁾、再生不良性貧血⁵⁾等、骨髄に変化をもたらす疾患の診断に重要な役割を果たしている。骨髄はその脂肪化の程度に応じて脂肪細胞の多い黄色髄と造血細胞の多い赤色髄に分けられ、加齢とともに分布およびその割合には著しい変化が見られるが、T₁強調画像では、通常、比較的高信号域として描画される⁶⁾。骨髄の病的な状態の多くは T₁強調画像において低信号に描出されるが、白血病細胞の浸潤や広範な骨髄転移等、病変がび漫性に存在する場合にはその診断は必ずしも容易ではない。骨髄信号強度の異常を検出するためには、正常骨髄の信号強度を知る必要がある⁷⁾。今回、ルーチンの腰椎 MRI で T₁強調画像における骨髄と脂肪組織および脳脊髄液との信号強度比を測定して、健常者の性別および加齢による骨髄信号強度の変化を検討した。

対象および方法

平成2年9月より平成3年2月までの6ヶ月間に松波総合病院放射線科において腰椎のルー

チン MRI を施行した患者のうち、悪性腫瘍、血液疾患を有する症例および腰椎の著しい変形、圧迫骨折あるいは骨腫瘍を認めた症例を除く 325 例を対象とした。男性 178 例、女性 147 例で、年齢は 6 歳より 85 歳に分布した (Table 1)。MRI 装置は Signa (GE 社製) で、磁場強度は 1.5 T である。検出用コイルは 5 × 11 inch のサーフェスコイルを使用した。撮像パルス系列はスピンエコー (SE) 法を用い、腰椎矢状断の T₁強調画像として、TR/TE=400 ms/20 ms, FOV 24 cm, スライス厚 3 mm, 撮像マトリクス 256 × 256, 2 NEX とした。

検討方法は腰椎 T₁強調画像の正中矢状断像において、第3腰椎の骨髄、脊髄くも膜下腔の脳脊髄液および硬膜外脂肪組織の3ヶ所に関心領域 (ROI) を設定してそれぞれの信号強度を測定した (Fig.1)。骨髄の ROI の大きさは 10 mm × 10 mm とし、椎体の中央より前側に設定した。脳脊髄液の ROI は 10 mm × 3 mm とし、骨髄 ROI と同じ高さとした。硬膜外脂肪組織の ROI は大きさを 3 mm × 3 mm とし、数カ所で信号強度の測定を行ない、その最大値を脂肪組織の信号強度とした。

骨髄の信号強度を示す指標として次の2つの値を算出して、年齢および性別と比較した。

キーワード MR imaging, lumbar spine, bone marrow, normal study, signal intensity

Table 1. Age and sex distribution of the patient population

Age Range (y.o.)	Male	Female	Total
1-10	1	1	2
11-20	14	12	26
21-30	30	18	48
31-40	23	16	39
41-50	29	27	56
51-60	44	31	75
61-70	23	24	47
71-80	13	16	29
81-90	1	2	3
Total	178	147	325

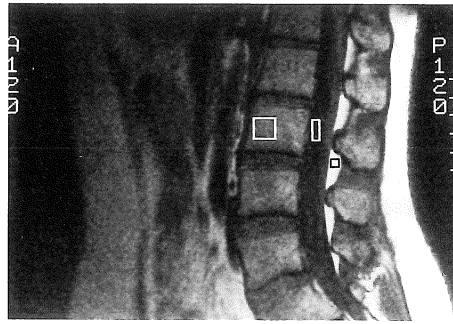


Fig. 1. Positions of regions of interest (ROI). Bone marrow of L3 (left), cerebrospinal fluid of intrathecal subarachnoid space (middle), and epidural fat (right).

- 1) 骨髄/脂肪組織 信号強度比 (BM/F 比)
- 2) 骨髄/脳脊髄液 信号強度比 (BM/CSF 比)

結 果

性別および年代別の信号強度比の平均値と標準偏差を Table 2 に示した。BM/F 比では男女

とも、年齢が上昇するにつれて増加が認められた。50 歳未満では男性は女性より大きく、また、50 歳以上では男性は女性より小さくなる傾向はあるものの統計学的有意差は認めなかった。BM/CSF 比においても年齢とともに増加がみられたが、いずれの年代においても有意な性差は認めなかった。増加の程度は BM/F 比、BM/CSF 比ともに 40 歳代と 50 歳代との間で大きい傾向を認めた。

Table 2. Signal intensity ratios of bone marrow according to patient age and sex

Age Range (y. o.)	BM/F SI Ratio		BM/CSF SI Ratio	
	male	female	male	female
	(mean ± s.d.)			
11-20	0.299 ± 0.043	0.312 ± 0.049	2.60 ± 0.45	2.39 ± 0.52
21-30	0.331 ± 0.046	0.317 ± 0.045	2.54 ± 0.44	2.48 ± 0.37
31-40	0.351 ± 0.046	0.336 ± 0.047	2.68 ± 0.42	2.73 ± 0.58
41-50	0.364 ± 0.046	0.364 ± 0.059	2.78 ± 0.49	2.81 ± 0.55
51-60	0.411 ± 0.063	0.427 ± 0.049	3.14 ± 0.50	3.24 ± 0.44
61-70	0.444 ± 0.061	0.455 ± 0.058	3.21 ± 0.56	3.53 ± 0.73
71-80	0.468 ± 0.055	0.493 ± 0.071	3.58 ± 0.58	3.77 ± 0.44

BM : bone marrow of L3 body, F : epidural fat, SI : signal intensity, CSF : intrathecal cerebrospinal fluid

1991年11月1日受理 1991年12月1日改訂

別刷請求先 〒501-61 岐阜県羽島郡笠松町田代185-1 松波総合病院放射線科 伊東久雄

BM/F 比の散布図を Fig.2 (男性) および Fig.3 (女性) に示した。

考 察

腰椎椎体の主な構成成分は骨組織および骨髄であり、骨髄はその脂肪化の程度によって赤色髄と黄色髄に分けられる。このうち、骨組織については各種の骨塩定量法による測定が可能と

なっており、各部の骨における加齢変化および性差等の検討がなされている^{8),9)}。腰椎の骨塩量は20歳から45歳までは男女ともにほぼ一定の同様の値をとるが、それ以後では年齢が上昇するにつれて骨塩量は低下する。特に女性では閉経期を境に男性と比較して急激に低下することが知られている。

骨髄は加齢とともにさまざまな影響、要因により徐々に進行的に赤色髄から黄色髄に変換し

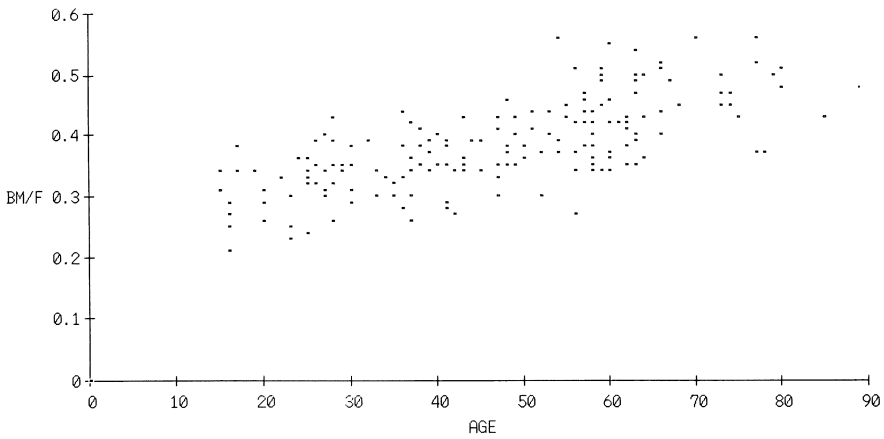


Fig. 2. A plot of age versus bone marrow/fat ratio (male).

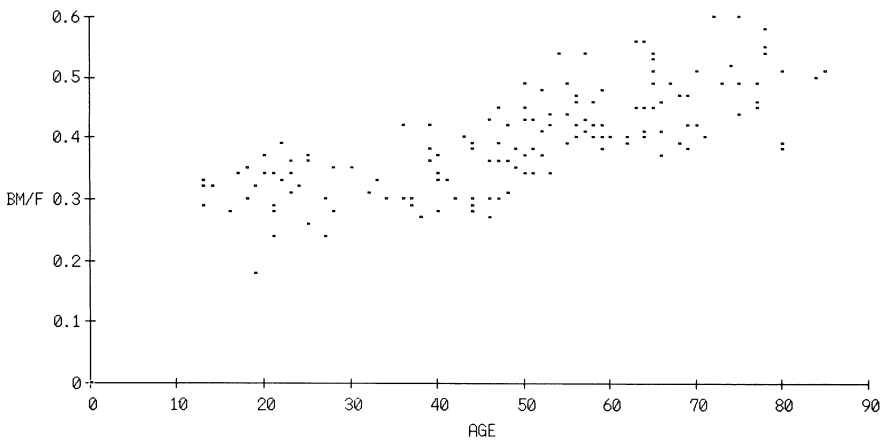


Fig. 3. A plot of age versus bone marrow/fat ratio (female).

ていくが、通常は、末梢部より始まって次第に中心部に移動する。その速度はそれぞれの骨によっても、また、同じ骨においても部位によって異なるが、25歳頃までには成人の骨髄分布となり、赤色髄が優位となる骨は椎骨、胸骨、肋骨、骨盤骨、頭蓋骨および上腕骨、大腿骨の近位に限られる。これ以後は比較的ゆっくりと赤色髄と黄色髄の割合は変化していく。しかしながら、造血細胞の多い赤色髄においても豊富な脂肪組織を含んでおり、成人ではその40%以上は脂肪といわれている。また、脂肪化の割合は加齢により漸次増加しているものと考えられている⁹⁾。骨髄のMRIでは脂肪組織は短いT₁値を持つことより、T₁強調像で著しい高信号として描出されるが、一方、造血細胞は水分に富み比較的low信号に描出されるため、T₁強調像における信号強度は脂肪化の割合をある程度反映していると推測される¹⁰⁾。

腰椎骨髄の加齢による組成の変化を組織学的に検討した報告では、赤色髄の割合は年齢とともに次第に減少し、10歳以下では約60%であったものが80歳代では約30%となるとし、また、黄色髄の割合は赤色髄の減少に対応して増加が見られるが、各年齢において有意な性差は認められないとしている¹¹⁾。腰椎骨髄のT₁強調像の信号強度比による今回の検討では、20歳以下の症例が比較的少なく、骨髄の組成に大きな変動のある時期のデータは不十分であるが、年齢が上昇するにつれてBM/F比、BM/CSF比ともに増加を認めており、また、有意な性差を認めなかったことも組織学的な検討の結果と一致する。

腰椎骨髄のT₁値およびT₂値の測定を行ったDoomsらの報告では、T₁値とT₂値は加齢により男女とも短縮がみられ、50歳以下では性差は認められなかったが、50歳を越えた年齢層では女性は男性に比較してT₁値、T₂値ともに有意に延長していたとしている¹²⁾。性差がみられた要因として、この年齢層では骨髄に含まれる骨塩量の低下が女性においてより急速に起こることを挙げている。しかしながら、前述の組織学的な

検討によると、年齢の上昇に対する赤色髄の減少を上回る黄色髄の増加が観察され、その理由として加齢による骨髄における骨梁容積の減少分も黄色髄により置換されているのではないかと述べられており¹¹⁾、女性が男性に比較してT₁値およびT₂値が有意に延長する原因となるとは考え難い。今回の我々の検討はT₁強調像における信号強度比についての報告であるが、50歳代以降では統計学的に有意差はないものの、男性に比較して女性で信号強度比はやや大きい傾向を示しており、それに対応してT₁値は逆に短縮傾向を持つものと考えられる。このことは骨髄の加齢による組成変化の検討結果と特に矛盾しないと思われる。また、信号強度比の増加の程度が40歳代と50歳代の間で特に女性で大きい傾向のあったことについても、この時期に骨塩量の急速な減少があることと関係しているのかもしれない。

正常骨髄の信号強度の加齢および性差による影響を知ることは、骨髄病変による骨髄信号強度の変化を捉える上で重要であり、特にび慢性の信号強度の変化をきたす白血病や悪性腫瘍の広範な細胞浸潤、造血細胞の増殖性の変化、ヘモジデロージス、あるいは放射線照射後の脂肪髄化の進行等の病態の検出に際して基準値としての価値がある。T₁強調像の信号強度比による骨髄信号強度の評価は腰椎ルーチンMRI検査時に、撮影時間を延長することなく簡便に施行することが可能であり、臨床的に有用な評価法のひとつとなり得ると思われる。

ま と め

325例の腰椎T₁強調像における第3腰椎骨髄の信号強度の加齢変化および性差を検討した。

年齢が上昇するにつれて、BM/F比およびBM/CSF比とともに増加する傾向を認めた。

いずれの年代においても、BM/F比およびBM/CSF比ともに性別による統計学的有意差は認めなかった。

本稿の要旨は第18回日本磁気共鳴学会大会(熊本)にて発表した。

文 献

- 1) Daffner RH, Lupetin AR, Dash N, et al. : MRI in the detection of malignant infiltration of bone marrow. *AJR*, 146 : 353-358, 1986.
- 2) Yuh WT, Zachar CX, Barloon TJ, et al. : Vertebral compression fractures : Distinction between benign and malignant causes with MR imaging. *Radiology*, 172 : 215-218, 1989.
- 3) Smith SR, Williams CE, Davjes JM, et al. : Bone marrow disorders : Characterization with quantitative MR imaging. *Radiology*, 172 : 805-810, 1989.
- 4) 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.
- 5) Kaplan PA, Asleson RJ, Klassen LW, et al. : Bone marrow patterns in aplastic anemia : Observation with 1.5-T MR imaging. *Radiology*, 164 : 441-444, 1987.
- 6) Vogler JB, Murphy WA : Bone marrow imaging. *Radiology*, 168 : 679-693, 1988.
- 7) Weinreb JC : MR imaging of bone marrow : A map could help. *Radiology*, 177 : 23-24, 1990.
- 8) 伊東昌子, 林 邦昭, 山田直之 : Dual Energy Quantitative CT (DEQCT) を用いた Bone Mineral Density (BMD) 測定法の実験的, 臨床的検討. *日本医放会誌*, 49 : 999-1008, 1989.
- 9) 福永仁夫, 友光達志, 森田陸司 : 骨塩定量の意義 DEXA 法. *臨放*, 35 : 41-48, 1990.
- 10) Moore SG, Dawson KL : Red and yellow marrow in the femur : Age-related changes in appearance at MR imaging. *Radiology*, 175 : 219-223, 1990.
- 11) Dunnill MS, Anderson JA, Whitehead R : Quantitative histological studies on age changes in bone. *J Pathol Bact*, 94 : 275-291, 1967.
- 12) Dooks GC, Fisher MR, Hricak H, et al. : Bone marrow imaging : Magnetic resonance studies related to age and sex. *Radiology*, 155 : 429-432, 1985.

Bone Marrow Signal Intensity on T₁-Weighted Image of the Lumbar Spine Related to Age and Sex

Hisao ITOH¹, Toyohiko SAKAI¹, Yun-Yu GUO¹,
Yoshie UCHIDA¹, Tomoyuki TANAKA¹, Mitsuyuki TAKAHASHI¹,
Masashi KAWAMURA², Masaaki KATAOKA²

¹*Department of Radiology, Matsunami General Hospital
185-1 Dendai, Kasamatsu-cho, Hashima-gun, Gifu 501-61*

²*Department of Radiology, Ehime University Hospital*

Measurements of signal intensity ratios of bone marrow/fat (BM/F) and bone marrow/cerebrospinal fluid (BM/CSF) on T₁-weighted sagittal image of the lumbar spine at 1.5-T were performed in 325 patients. The results were compared with the patients' age and sex. The regions of interest of bone marrow, fat, and cerebrospinal fluid were settled on L3 body, epidural fat, and intrathecal subarachnoid space, respectively. BM/F and BM/CSF ratios showed a progressive increase with age for both sexes and no sex difference in the ratios was noticed in any age groups. The progressive decrease in the hematopoietic marrow with replacement by fatty marrow would explain the increase in bone marrow signal intensity ratios. These normal values of BM/F and BM/CSF ratios may provide a base line for the evaluation of diseases involving the bone marrow of the lumbar spine diffusely.