

転移性脊椎腫瘍 —脂肪抑制 fast spin echo 法 T₂ 強調画像による評価—

門田 強, 堀之内隆, 黒田知純

大阪府立成人病センター放射線診断科

はじめに

近年, 悪性腫瘍の経過における脊椎骨転移の有無および進展範囲の診断は, 臨床的にその重要性を増してきている. 従来使用されてきた spin echo (SE) 法 T₂ 強調画像は, 矢状断像が容易に得られることもあり, 転移性脊椎腫瘍の診断に必須であるが, 撮像時間が長く, 静止体位の保持が困難であったり, 体動や脳脊髄液の脈動による motion artifact が無視できない等の問題点があった. これに対し fast spin echo (FSE) 法 T₂ 強調画像は, 通常の SE 法 T₂ 強調画像と比較して撮像時間が echo train 数に反比例して大幅に短縮でき, このため従来の T₂ 強調画像に替わるものとして急速に普及しつつある¹⁾が, 脂肪組織の信号強度が高いという欠点がある. 一方, 脊椎疾患では T₂ 強調画像において骨髄などの脂肪組織との信号強度の差が小さい事が多く, 脂肪の高輝度が病巣の明瞭な描出を妨げ, 検出が困難となることがしばしば経験され, 脂肪抑制画像が期待されてきた. 今回, 我々は FSE 法 T₂ 強調画像に脂肪抑制のためのパルスを組み込んだ脂肪抑制 fast spin echo (FS-FSE) 法による T₂ 強調画像を転移性脊椎腫瘍の診断に適用して, その有用性と問題点を検討した.

対象および方法

対象は, 1993 年 11 月から 1995 年 5 月の間に原発巣が判明しており, 転移性脊椎腫瘍が臨床症状や画像上疑われて, 当施設にて MRI を施行された 21 例 (男性 10 例, 女性 11 例), 年齢は 38-72 歳 (平均 55.8 歳) である. 原発は乳癌 8 例, 肺癌 6 例, 腎癌, 前立腺癌, 肝癌各 2 例, 十二指腸癌 1 例である. このうち経動脈塞栓術の施行された肝癌の 2 例を除いた 19 例には原発巣の手術による組織学的な検索がなされている. 2 例には手術により転移巣の組織学的な検索がなされている. また, 全例に MRI 施行前後 2 週間以内に骨シンチグラフィが施行されている. 使用機種は Magnetom H15 SP (Siemens, Erlangen, Germany) で, 脊椎用の表面コイルを使用した. 全例に造影前および造影後の SE T₁ 強調画像, FSE T₂ 強調画像および FS-FSE T₂ 強調画像を施行した. 5 例には造影前および造影後の脂肪抑制 T₁ 強調画像も得られている. T₁ 強調画像は繰り返し時間 TR=500 ms, エコー時間 TE=15 ms の SE 法により, 造影剤として Gd-DTPA 0.1 mmol/kg を静脈内投与した. FSE T₂ 強調画像としては TR=4000 ms, 実効 TE (TE_{eff}) =103 ms (最終 TE 165 ms), echo train 数 7,

キーワード MRI, metastatic spinal tumor, fat suppression, fast spin-echo T₂-weighted image

等エコー間隔 20.6 ms を用い, matrix size 256×256, field of view (FOV) 350 mm, スライス厚 4 mm, スライス数 7, スライス間隔 1 mm で撮像した. FSE パルス系列では長い TE の信号が画像構成に関与すると信号雑音比が悪くなるので, 最終 TE を短縮し分解能の低下を防いだ. この FSE パルス系列に脂肪抑制のため, 水共鳴周波数から脂肪の共鳴周波数側にずれた offset 周波数 300 Hz のガウス型 RF パルスを印加した. 脂肪抑制パルスと FSE パルス系列との間に spoiler を設定することで横磁化成分を飽和させて, 脂肪抑制効果がさらに良好になるようにした. FS-FSE 法 T₂ 強調画像のパルス系列の概要を Fig. 1 に示す. FS-FSE 法 T₂ 強調画像による信号収集時間は FSE 法 T₂ 強調画像と同じく 4 分 19 秒である. FSE 法 T₂ 強調画像に対して FS-FSE 法 T₂ 強調画像において, 病巣が有る場合, 正常骨髄に対する病巣部のコントラストの視覚的な上昇, および病巣の辺縁の明瞭化の両者共に認められたものを描出能の著明な向上, 両者のいずれか

が認められたものを描出能の向上とし, 病巣がない場合, FSE 法 T₂ 強調画像にて信号の異常が疑われるが FS-FSE 法 T₂ 強調画像にて等信号になり病巣を否定できるものを描出能の向上として両者を比較検討した. また全例において骨シンチグラフィとの比較もおこなった.

結 果

得られた主な結果を Table 1 に示す. FS-FSE T₂ 強調画像では 7 例 (33%) に描出能の著明な向上が, また 14 例 (67%) にコントラストの上昇による病巣の存在が明瞭となり, 3 例 (14%) では FSE T₂ 強調画像で高信号域が疑われたが, FS-FSE T₂ 強調画像で骨髄と等信号に描出され病変が否定された. 7 例 (33%) において正常骨髄と病巣部の境界がより明瞭になった. その結果, 9 例 (43%) において転移巣が新たに 12 病巣判明した. FSE T₂ 強調画像と比較して FS-FSE T₂ 強調画像において病巣部の描出能の向上が見られなかった

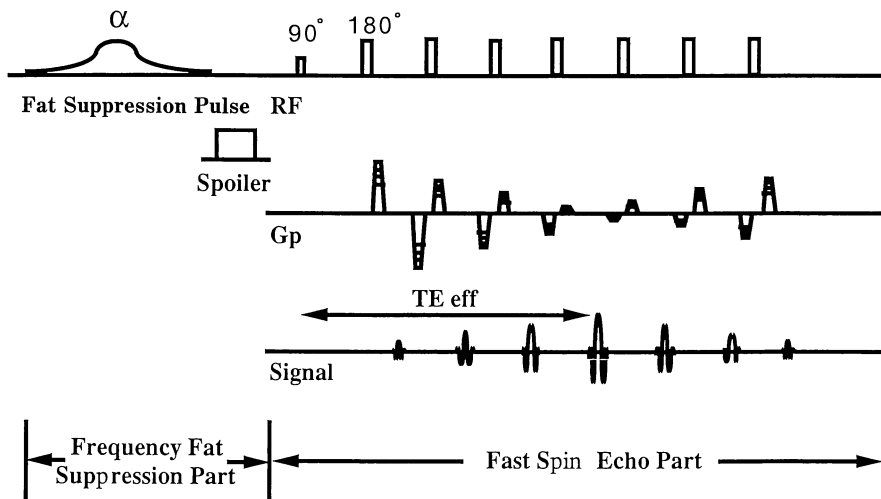


Fig. 1. Pulse sequence of fat-suppression fast spin echo T₂-weighted image.

Table 1. Comparison of T₂-Weighted Fast Spin-Echo Images with and without Fat Suppression in Patients with Metastatic Spinal Tumor

Patient	Age(y) /Sex	Primary Site	Lesions detected by Scintigraphy	Location	Overall Image Quality	No. of Detected Lesions	
						FS-FSE	FSE
1.*	52/F	Breast	L1	L1, Th11, 12	FS-FSE>>FSE	3	1
2.*	63/M	Lung	(-)	(-)	FS-FSE>FSE	0	0
3.*	68/M	Duodenum	Th7	Th7	FS-FSE>FSE	1	1
4.*#	44/F	Breast	Th12, L3, 4	Th12, L3, 4	FS-FSE=FSE	3	3
5.	70/M	Liver	(-)	Th8, L5	FS-FSE>FSE	2	1
6.*#	67/M	Kidney	(-)	Th12	FS-FSE>>FSE	1	1
7.*	58/F	Breast	L4	(-)	FS-FSE>FSE	0	0
8.*	35/F	Breast	C5, Th1	C5, 7, Th1	FS-FSE=FSE	3	3
9.*	66/M	Prostate	Multiple	Th12, L1-5	FS-FSE>>FSE	6	5
10.	72/M	Liver	Th8	Th3, 5,8	FS-FSE>>FSE	3	1
11.*	43/F	Breast	L3, 4	(-)	FS-FSE=FSE	0	0
12.*	41/M	Lung	L1	L1-4	FS-FSE>FSE	4	4
13.*	58/F	Lung	Multiple	L1-5, S1	FS-FSE>FSE	6	5
14.*	44/F	Breast	L2, 4, 5	L1, 3, 5	FS-FSE>>FSE	3	2
15.*	65/M	Prostate	Th12, S1	Th12, L2, 3, 5, S1	FS-FSE=FSE	5	5
16.*	68/M	Kidney	L5	L1, 5, S1	FS-FSE>FSE	3	2
17.*	42/M	Lung	(-)	L4	FS-FSE>FSE	1	1
18.*	71/F	Lung	L1, 2	L1-3	FS-FSE>>FSE	3	3
19.*	64/F	Lung	(-)	L4	FS-FSE>FSE	1	1
20.*	44/F	Breast	Th2, 4-7	Th2, 4-9	FS-FSE>>FSE	7	5
21.*	38/F	Breast	L1, 4	L1, 4, 5	FS-FSE>FSE	3	2

* Histological diagnosis of the primary lesion was performed by operation.

Histological diagnosis of the metastatic lesion was confirmed by operation.

>> indicates improvement of both contrast of the lesion and conspicuousness of the contour ; >, improvement of either contrast of the lesion or conspicuousness of the lesion contour, or denial of the ambiguous lesions ; =, equal quality of image.

ものが4例あった。このうち3例には脂肪抑制効果が見られず、残りの1例は motion artifact が著明なため脂肪抑制の効果の評価ができなかった。T₁ 強調画像では2例において微小病巣を指摘できず、3例においては低信号に描出され、病変が疑われた領域が T₂ 強調画像で高信号を示さず、造影 T₁ 強調画像で濃染されなかったため偽陽性と診断された。骨シンチグラフィとの比較では21例のうち18例において FS-FSE T₂ 強調画像で描出能の向上が見られた。4例では骨シンチグラフィは病巣部を描出しなかったが、FS-FSE T₂ 強調画像にて病巣部が指摘され偽陰性と診断され、また2

例では偽陽性と診断された。

代表的な症例を呈示する。

症例 1. 67 歳男性。

健診の超音波検査にて右腎に腫瘤を指摘された。骨シンチグラフィにて脊椎には異常を認めなかったが、腎腫瘤の精査のため施行した MRI にて脊椎骨転移を指摘された。造影前脂肪抑制 T₁ 強調画像 (Fig. 2a) で腫瘍は Th 12 椎体の大部分を占める高信号域として描出され、造影後の脂肪抑制 T₁ 強調画像 (Fig. 2b) では強い濃染を示した。FSE T₂ 強調画像 (Fig. 2c) では椎体の骨髄の脂肪成分のため病

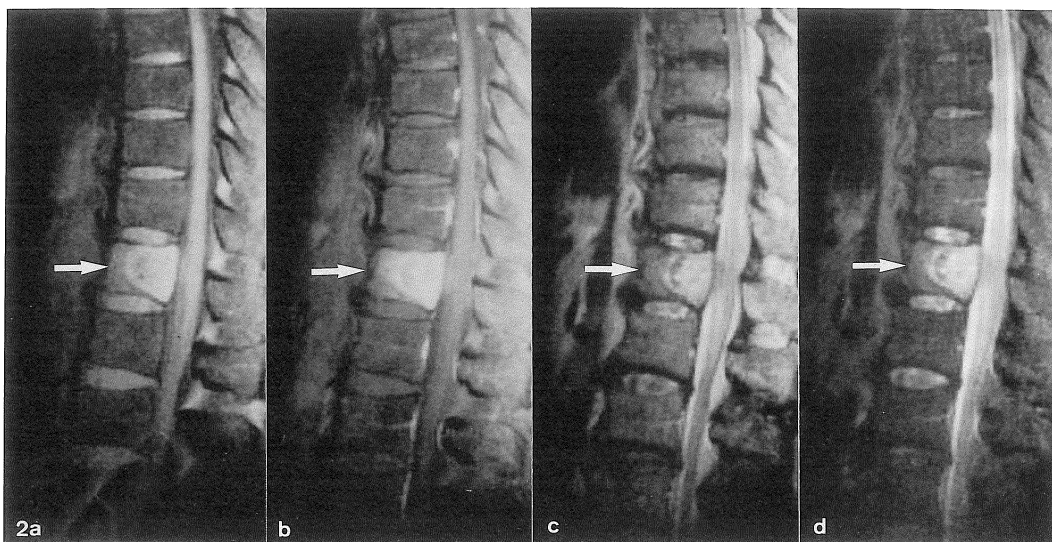


Fig. 2. Images of patient with a metastatic spinal tumor from a renal cell carcinoma. Fat-suppressed T₁-weighted images (a) before and (b) after contrast medium injection. The lesion in the Th 12 vertebral body shows high signal intensity and marked contrast enhancement (arrow). (c) FSE T₂-weighted image shows an ambiguous margin between the lesion and normal high signal intensity marrow fat. (d) Conspicuousness of the lesion in the Th 12 vertebral body is better on FS-FSE T₂-weighted image than on FSE T₂-weighted image (arrow).

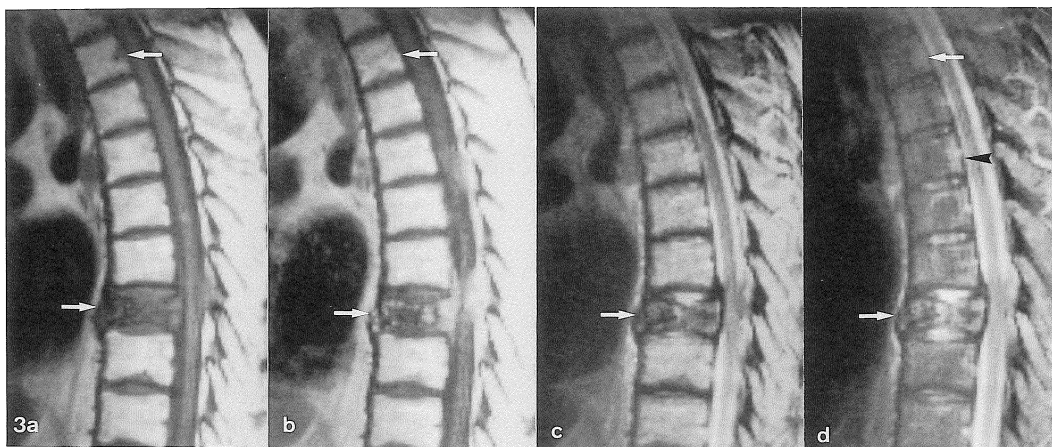


Fig. 3. Images of patients with multiple metastatic spinal tumors from a hepatocellular carcinoma. (a) Precontrast and (b) postcontrast SE T₁-weighted images show areas of low signal intensity and enhancement in the vertebral bodies of Th 3 and Th 8 (arrows). (c) FSE T₂-weighted image does not show the lesion in the vertebral body of Th 3. (d) FS-FSE T₂-weighted image demonstrates small areas of hyperintensity in the vertebral body of Th 5 (arrowhead), as well as the lesions in the vertebral bodies of Th 8 and Th 3.

巢のコントラストが不良であり、病巣部の境界は明瞭ではないが FS-FSE T₂ 強調画像 (Fig. 2d) では Th 12 椎体は全域にわたり高信号を示し、病変の進展範囲が明瞭に描出された。原発の右腎癌 (T₂N₀) の根治的摘出術と同時に罹患椎体の切除、および人工椎体置換術が施行された。転移巣の病理組織は、骨および周辺の結合織中に悪性細胞の増殖を認める clear cell, G₂, alveolar type の腎癌の脊椎転移であった。術後、Th 11-L1 の部位に 42 Gy の放射線照射がなされ、1 年 10 ヶ月後の現在、再発や新たな転移巣の兆候は見られていない。

症例 2. 72 歳男性。

肝細胞癌の診断にて 2 回経動脈塞栓術を施行されている。背部痛および下肢麻痺出現し、骨シンチグラフィにて Th 8 椎体に軽度の集積を認めたため脊椎骨転移が疑われ MRI を施行

した。造影前および造影後 SE T₁ 強調画像 (Fig. 3a, b) と FSE T₂ 強調画像 (Fig. 3c) では Th 8 椎体全域におよぶ病変が描出された。造影前後の T₁ 強調画像では Th 3 椎体背側部の小低信号域が濃染され、転移巣と考えられた。これに対し FS-FSE T₂ 強調画像 (Fig. 3d) では Th 8 および Th 3 椎体の他に Th 5 椎体背側部にも高信号域が認められ、転移巣と考えられた。Th 2-9 椎体に対する 30 Gy の放射線照射療法にて症状の改善をみるも、MRI 施行 2 ヶ月後、肺炎にて死亡した。

症例 3. 44 歳女性。

乳癌 (T_{1a}N₀M₀) の術後 8 年経過後、腰痛出現し、骨シンチグラフィにて L5 と L1 椎体に集積を指摘された。MRI の T₁ 強調画像 (Fig. 4a) で L5, L1 および L3 椎体に低信号域が認められた。FSE T₂ 強調画像 (Fig. 4b) で

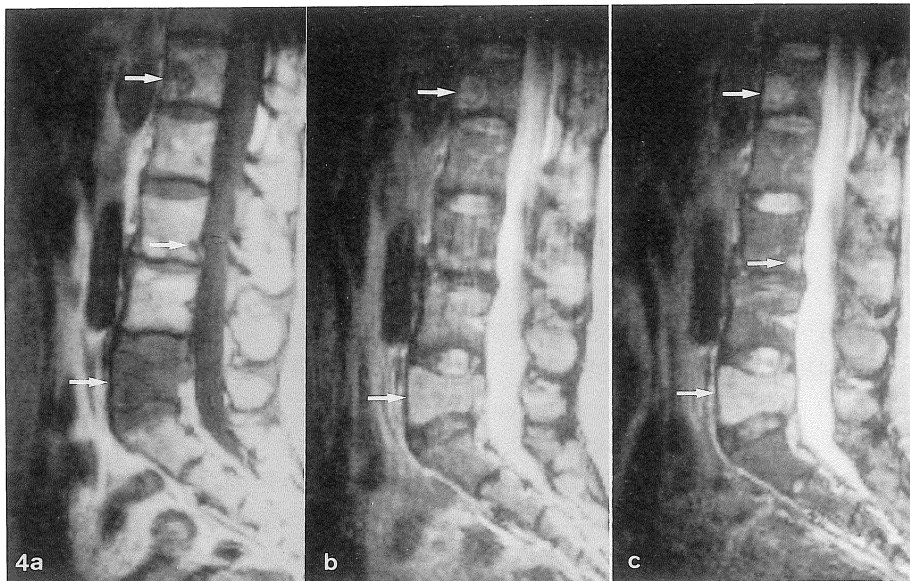


Fig. 4. Images of patients with multiple metastatic spinal tumors from a breast cancer. (a) Precontrast T₁-weighted image shows areas of low signal intensity in the vertebral bodies of L5, L1 and L3 (arrows). (b) FSE T₂-weighted image does not delineate any abnormalities in the L3 vertebral body, while it shows an ambiguous area of slight hyperintensity on L4 body. (c) FS-FSE T₂-weighted image demonstrates a small area of high signal intensity in the L3 body. Note that there is no abnormal signal intensity lesion in the L4 body on FS-FSE T₂-weighted image.

はL3椎体に病変を指摘できないが、FS-FSE T₂強調画像 (Fig. 4c) ではL3椎体背側下縁近傍に小さな高信号域を認めた。L4椎体ではFSE T₂強調画像にて高信号域があり、転移巣が疑われたが、FS-FSE T₂強調画像にて否定された。腰椎に対する36 Gyの放射線照射療法により症状は軽快した。1年3ヵ月後の現在、症状は消失している。

考 察

悪性腫瘍の治療方針の決定において転移性脊椎腫瘍の有無および進展範囲の診断は重要である。MRIは、転移性脊椎腫瘍の診断と治療法の選択に必須の情報を与え、“golden standard”となりつつあるが、その診断能と撮像法についての位置づけは必ずしも明確でない。通常のSE T₂強調画像においてはデータ収集時間が長く、体動や心大血管の血流や脳脊髄液の拍動性流動によるmotion artifactのため病変の輪郭が不鮮明になることがしばしばある。これに対しFSE T₂強調画像は撮像時間を大幅に短縮するが、脂肪組織が高信号を呈するという欠点があった²⁾。このため脊髄の脂肪組織の高輝度に囲まれた病変の描出が困難であったり、化学シフトのため本来の病変の評価が困難な事がしばしばあり、この克服がFSE法T₂強調画像の脊椎疾患への全面的な適用における課題であり、脂肪抑制画像が期待されてきた³⁾。

脂肪抑制の主な手法にはpresaturation pulse法に代表される、脂肪と軟部組織中の水の共鳴周波数の違いを利用して脂肪組織からの信号のみを選択的に抑制する方法とSTIR (Short TI inversion recovery)法に代表される両者の緩和時間の差を利用する方法がある。前者は脂肪と水との間の化学シフトを利用して、脂肪の共鳴周波数にのみ一致した周波数帯域幅の狭いRF波を印加し、信号の収集の前に脂肪のみを選択的に励起させ、引き続き印加される水の信号を得るためのパルス系列において信号

を抑制する。この方法はあらゆるパルス系列とも組み合わせることができるが、良好な画像を得るためには高磁場とその高均一性が必要である⁴⁾。一方後者は、低磁場から高磁場まで脂肪抑制効果が得られ、磁場の不均一性にも強い反面、信号雑音比 (S/N) が低く、撮像スライス枚数に強い制限が生じるなどの欠点がある⁵⁾。

腫瘍性病変では造影剤による濃染が質的診断に必要であり、このため、T₁強調画像に脂肪抑制画像が強く期待される。しかし、T₁強調画像では脂肪がきわめて強い信号であるため、脂肪の共鳴周波数に一致した帯域幅の狭いRF波を正確にかける必要があるが、現在の汎用機の磁場の均一性の程度からは困難であり、脂肪の共鳴周波数帯域からずれ易いだけでなく、ともすれば脂肪ではなく水の共鳴周波数帯域にかかり、腫瘍の信号強度を低下させる事もしばしばある。これに対しT₂強調画像では脂肪の信号強度は、軟部組織の信号強度と同程度であるため、比較的広い周波数帯域幅の選択励起パルスを水とは反対の方向で脂肪からもずらし、パルスの裾野で脂肪の信号を叩く事で効果が現われる。つまり、現在汎用されているMagnetom H15 SP程度の性能の機種ではT₂強調画像の方が安定した脂肪抑制の効果を得られやすいのである。しかし、T₂強調画像は撮像時間が長く、こうした精密な操作を試みにくい。このため、脂肪抑制画像を得る試みは多かったが、脊椎は腫瘍性病変に対する臨床的な有用性についての報告は殆ど見るべきものはなかった。

本報告は、T₂強調画像の短時間化を実現したFSE法T₂強調画像に技術的に安定した脂肪抑制法を組み入れる事により、脊椎骨転移の診断能が向上する事を明らかにした。診断能の向上の主要な理由としては転移巣と骨髄などの脂肪組織との間の濃度差がつき脂肪組織の信号強度が病巣の描出の障害にならない事があげられるが、motion artifactやchemical shift artifactの減少による辺縁の明瞭化も診断能の向

上に寄与していると考えられる。特に FSE T₂ 強調画像では骨髓内の脂肪沈着の強い部位が高信号域として描出され、病変と誤って診断されかねないが、こうした信号域は脂肪抑制画像では容易に転移巣と鑑別することができる。本報告でも FSE 法 T₂ 強調画像で高信号を示し転移が疑われたが、FS-FSE 法 T₂ 強調画像で骨髓と同程度に信号が抑制され、転移巣と考えられなかった症例があった。T₁ 強調画像については低信号の転移巣と高信号の骨髓の濃度差が大きく、病巣が明瞭に描出されるため、一定の大きさ以上の病巣部の検出に有用である。しかし高輝度に囲まれた低信号の小病変の識別能に劣ること、石灰化や嚢胞性病変との鑑別が困難なことなどの問題点がある。このうち後者については T₂ 強調画像や造影剤の投与により鑑別可能であり、前者については T₁ 強調画像で指摘できず、FS-FSE 法 T₂ 強調画像にて識別された小転移巣が本報告でも 2 例において見られ、T₁ 強調画像は FS-FSE 法 T₂ 強調画像に比較して小転移巣の描出能に劣ると考えられる。T₂ 強調画像においても嚢胞と転移巣の鑑別がつかない可能性はある。この意味で造影 T₁ 強調画像は必要である。従って現時点では転移性脊椎腫瘍の診断には脂肪抑制 T₂ 強調画像を軸にして造影前、および造影後の T₁ 強調画像を併用するのが最も適切と考えられる。

骨シンチグラフィは骨転移の広範囲にわたる検索が可能である。しかし、脊椎の骨転移に関して本報告においても 4 例で骨シンチグラフィは病変を描出しなかったが、FS-FSE T₂ 強調画像にて病変が指摘され偽陰性と診断され、また 2 例では偽陽性と診断されたことわかるように、その診断能は MRI に比較して劣る。従って骨シンチグラフィは広範囲にわたる

骨転移の screening としての意義はあるが、脊椎骨転移のより正確な存在診断および進展範囲の診断には MRI による検索が不可欠であると考えられる。

FS-FSE T₂ 強調画像の問題点としては頸部等空気と複雑に接する部位では局所磁場の不均一性の影響が強く現われ、脂肪抑制の程度に差が生じるため、良好な脂肪抑制画像が得られないことがあり、これらの克服は今後の課題である。

結論として FS-FSE 法 T₂ 強調画像は、脊椎領域においてコントラストの優れた画像を短時間で撮像することを可能にし、転移性脊椎腫瘍の存在診断や進展範囲の診断能に優れており、臨床的に有用な方法と考えられる。

本稿の要旨は平成 7 年 9 月、第 23 回日本磁気共鳴医学会大会（東京）で発表した。

文 献

- 1) Hennig J, Nauerth A, Friedburg H: RARE imaging: A fast imaging method for clinical MR. *Magn Reson Med*, 3: 823-833, 1986.
- 2) Henkelman RM, Hardy PA, Bishop JE, Poon CS, Plewes DB: Why fat is bright in RARE and fast spin-echo imaging. *JMRI*, 2: 533-540, 1992.
- 3) Tien RD, Olson EM, Zee CS: Diseases of the lumbar spine: Findings on fat-suppression MR imaging. *AJR*, 159: 95-99, 1992.
- 4) Haase A, Frahm J, Haenicke W, et al.: ¹H NMR chemical shift selective (CHESS) imaging. *Phys Med Biol*, 30: 341-344, 1985.
- 5) Byder GM, Young IR: MR imaging: Clinical use of the inversion recovery sequence. *J Comput Assist Tomogr*, 9: 659-675, 1985.

Metastatic Spinal Tumors: Evaluation with Fat-Suppression Fast Spin-Echo T₂-Weighted Images

Tsuyoshi KADOTA, Takashi HORINOUTI, Chikazumi KURODA

*Department of Diagnostic Radiology, The Center for Adult Diseases, Osaka
1-3-3 Nakamichi, Higashinari-ku, Osaka 537*

Fast spin-echo (FSE) T₂-weighted and fat-suppressed fast spin-echo (FS-FSE) T₂-weighted images from 21 patients with metastatic spinal tumor were compared. FS-FSE T₂-weighted images provided higher lesion detectability in 17 patients than FSE T₂-weighted images, while they have same quality in the remaining four patients. FS-FSE T₂-weighted images did allow identification of the more twelve lesions in nine patients than FSE T₂ weighted images. Our results suggest that compared with FSE T₂-weighted images, FS-FSE T₂-weighted images have an improved detectability of metastatic spinal tumors.