



Title	脊椎領域における転移性骨腫瘍のGd-DTPA subtraction MR imagingの有用性
Author(s)	安藤, 啓一; 村上, 昌雄; 黒田, 康正 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1993, 53(2), p. 155-162
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15842">https://hdl.handle.net/11094/15842</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 脊椎領域における転移性骨腫瘍の Gd-DTPA subtraction MR imaging の有用性

天理よろづ相談所病院放射線科<sup>1)</sup>，同 MR センター<sup>2)</sup>

安藤 啓一<sup>1)</sup> 村上 昌雄<sup>1)</sup> 黒田 康正<sup>1)</sup> 左野 明<sup>1)</sup>  
西澤 貞彦<sup>1)</sup> 正田 智也<sup>1)</sup> 宮本 信一<sup>1)</sup> 木上 裕輔<sup>1)</sup>  
松本 純明<sup>1)</sup> 小島 芳夫<sup>1)</sup> 松尾 導昌<sup>2)</sup>

（平成3年12月6日受付）

（平成4年6月17日最終原稿受付）

### Clinical Utility of Gd-DTPA subtraction MR imaging for Spinal Bone Metastasis

Keiichi Ando<sup>1)</sup>, Masao Murakami<sup>1)</sup>, Yasumasa Kuroda<sup>1)</sup>, Akira Sano<sup>1)</sup>, Sadahiko Nishizawa<sup>1)</sup>,  
Tomoya Masada<sup>1)</sup>, Shinichi Miyamoto<sup>1)</sup>, Yusuke Kigami<sup>1)</sup>, Sumiaki Matsumoto<sup>1)</sup>,  
Yoshio Kojima<sup>1)</sup> and Michimasa Matsuo<sup>2)</sup>

Department of Radiology<sup>1)</sup> and MR center<sup>2)</sup>, Tenri Hospital

---

Research Code No. : 505.9

---

Key Words : Bone metastasis, MR imaging, Gd-DTPA,  
Subtraction image

---

Based on reports that Gd-DTPA contributes to the detection of tumors, we used it in 31 cases (97 lesions) of spinal bone metastases. The result was that Gd-DTPA increased the intensity of tumors and the surrounding bone marrow to almost the same level in 53%. To show the metastases clearly, an existing subtraction command system was utilized. The technique included the pixel-by-pixel method, to obtain a Gd-DTPA T1-weighted image (T1WI) subtracted by the original T1WI. The detectability of the subtraction image was improved up to 96%, but was less than the original T1WI (99%). Because of the different imaging rationale between two methods, a means to assess the quality of diagnosis must be proposed. To check the normal background, the same kind of postprocessing was performed in 21 patients without malignancy. Gd-DTPA perfusion was highest in the paravertebral veins, moderate in muscles and epidural fat, and lowest in the spinal cord, intervertebral disk and bone cortex. Gd-DTPA enhanced subtraction MR imaging provides a new diagnostic tool to detect and to assess bone metastasis.

#### I. はじめに

転移性骨腫瘍の診断は臨床症状をもとに X 線写真，CT，骨シンチグラフィなどによって行われ，ほぼ確立された手法であるといえるが，最近では MRI の臨床応用の拡大も試みられつつある。これらの転移巣は T1強調像で概ね低信号を呈しており<sup>1)</sup>，他の画像と総合すれば診断的妥当性が認められるものである。ところが T1 および

T2 強調像だけでは診断が困難な転移巣が存在することも報告されている<sup>2)</sup>。Gd-DTPA 造影は転移巣の検出に有用であるが，造影後，転移巣が正常骨髄と同等の信号強度を呈するため検出能はかえって低下する<sup>3)</sup>。この問題点を解決するために subtraction 法を用い，その有用性を検討した。ここではこの画像法の技術的な面と，その画像の特徴を紹介しつつ臨床的意義を考察する。

## II. 対象と方法

対象は非担癌患者21例と担癌患者33例の2群に分けた。これは骨転移のない症例背景を年齢、性別、脊椎の部位の3点について把握するためである。

(第1群) 非担癌患者の脊椎疾患精査のためMRIを撮像された21例である。年齢は19歳から71歳(平均51.4歳)男性10例、女性11例で、撮像部位は頸椎13例、胸椎3例、腰椎5例であった。

(第2群) 担癌患者で骨転移の検索のために脊椎領域のMRIが撮像され、かつ他の画像法(骨シンチグラム、骨X線写真)でも明らかな骨転移巣であると診断された33症例である。従って、MRIのみで骨転移と診断された病変は含まれていない。また良悪の鑑別の困難な圧迫骨折の症例は検討対象から除外した。年齢は38歳から82歳(平均58.9歳)、男性18例、女性15例であった。原発巣の内訳は、肺癌15例、乳癌10例、原発不明腺癌2例、胃癌、喉頭癌、眼瞼癌、子宮平滑筋肉腫、膀胱癌、肝癌各1例で、すべて未治療例である。これらのうち、2例は体動のために良好なsubtraction像が得られず、最終的に31症例97病変を評価の対象とした。

MRI装置は1.0および1.5Tesla超伝導装置(シーメンス社製 Magnetom 10, 15)で、surface coil(シーメンス社製 ロングスバイン: FOV30 cm)を用い、スピンエコー法にてT1強調矢状断像(TE/TR: 400~600/15~20msec, 加算回数2回)、およびGd-DTPA造影T1強調矢状断像(Gd-MRI)を撮像した。Gd-MRIはGd-DTPA 0.1mmol/kgを静注後約5分で矢状断像を撮像したが、症例により横断像も追加撮像した。スライス厚は4~5 mmで、ギャップは0.8~1mm、マトリックスは256×256であった。subtraction像の作成は造影前後のT1強調像が同じslice position、画像パラメーターでとられたものであることを確認した後、本装置に内蔵されたsubtraction commandを用いGd-MRIからT1強調像をpixel-by-pixel法で差分した。smoothingあるいはpixel移動などの処理は行わなかった。

第1群の非担癌患者の検討では、明らかに正常

像を示す脊椎領域の各種構造物のGd-DTPAによる造影能を矢状断subtraction像から検討した。評価の対象は椎体の骨髄、椎体骨皮質、椎体静脈、硬膜外静脈叢、椎間板、脊髄、筋肉、硬膜外脂肪織の8カ所である。造影能の評価法は全く造影されないもの、わずかに造影されるもの、中等度造影されるもの、強く造影されるもの、の4段階で評価し、それぞれスコアを0~3とした。

第2群では、骨転移巣の信号強度を筋肉より明らかに低信号(LL)、ほぼ筋肉に等しい低信号(L)、骨髄と等信号(I)、骨髄より高信号(H)に分類し、T1強調像、Gd-MRIそれぞれの転移巣につき検出能を求め、その結果とsubtraction像による検出能を比較検討した。

## III. 結果

### ① 正常脊椎のsubtraction像の検討

Gd-DTPAによる脊椎領域の各種正常組織の造影能は組織に特徴的な順位がみられた(Table 1)。すなわちsubtraction像で最も造影能の高いものから椎体静脈、硬膜外静脈叢>筋肉≧骨髄≧硬膜外脂肪織>脊髄、椎間板、骨皮質の順であった。この順序は個別的にも全体的にも一定し、年齢差、性差も認められなかった。なお全ての症例で椎体静脈、硬膜外静脈叢はスコア3、骨髄はスコア1、椎間板と骨皮質はスコア0の造影能を示した。したがってsubtraction像はそれ自体でGd-DTPAによる正常組織の造影能を示す画像であるといえる。差分の処理は概ね円滑に行われており、21例中1例に画像位置の「ずれ」を認めた

Table 1 Gd-DTPA enhancement in/around the spine in patients without malignancy (n=21)

Anatomic site	Score of enhancement
basivertebral vein	2~3(3.0)
epidural plexus	2~3(3.0)
paraspinal muscle	1~2(1.2)
bone marrow	1(1.0)
epidural fat	1(1.0)
cortical bone	0(0)
intervertebral disk	0(0)
spinal cord	0(0)

Score 0: no enhancement, 1: faint, 2: moderate, 3: marked. (average score)

Table 2 Signal intensity of bone metastasis on T1WI and Gd-DTPA T1WI

Signal intensity	T1WI	Gd-DTPA T1WI
(LL)	1	1
(L)	95	37
(I)	1	50
(H)		9

Signal intensity (L): lower than bone marrow, and higher than normal skeletal muscles, (I): isointensity to bone marrow, (H): higher than bone marrow, and lower than fat, (LL): much lower than (L).

だけであった。これらの正常症例は、特別な偏りを防ぐため一定期間に subtraction 法を行った非担癌患者のすべてを収集して検討した。

### ② 骨転移巣の信号強度と検出能

31例97病変の骨転移の T1強調像, Gd-MRI の信号強度を Table 2 に示す。97病変中 1 病変は T1強調像で骨髄と等信号強度(I)を示し, Gd-MRI で骨髄より高信号(H)を示した。この 1 病変を除く 96病変は T1強調像で骨髄より低信号(L~LL)を呈していたため病変の指摘は容易であったが, Gd-MRI では50病変が(I)となり, 病変の検出能は T1強調像にむしろ劣る結果となった。

しかし subtraction 像の病変検出能は93/97(96%)と T1強調像とはほぼ同等であった。描出されなかった 4 病変の内訳は以下の通りである。  
①肺腺癌(56歳女性, Fig. 4)。第 3 腰椎に強い骨硬化性変化を認めた。T1, T2強調像とともに低信号を呈し, Gd 造影像でもほとんど造影されなかった。  
②肺腺癌(76歳男性)。第 4 頸椎と第 6 頸椎から第 5 胸椎まで連続して転移巣が認められた。第 7 頸椎および第 4 胸椎の転移巣は単純写真でも明らかで, T1強調像では低信号を呈していたが, サブトラクション像では検出されなかった。転移巣の造影能が弱かったためと思われる。  
③肺小細胞癌(53歳男性)。第 2 腰椎から第 5 腰椎まで連続して T1強調像で低信号を呈する病変を認めたが, 第 2 腰椎の病変のみサブトラクション像で描出されなかった。この病変は椎体の辺縁部に位置した比較的小さい病変であったため, わずかなずれのために検出できなかった可能性がある。一方, 大きさ別の検討では 2cm 未満の小さな病変も

Table 3 Detectability of bone metastasis in comparison among T1WI, Gd-T1WI and subtraction MRI

Level of spine (No.)	T1WI	Gd-T1WI	Subtraction MRI
cervical (5)	5(100%)	4(80%)	5(100%)
thoracic (29)	28 (97)	14(48)	28 (97)
lumbar/sacral (63)	63(100)	28(44)	60 (95)
-----			
Size: <2cm (18)	18(100)	5(28)	18(100)
≥2cm (79)	78 (99)	41(52)	75 (95)
-----			
Total (97)	89 (99)	46(47)	93 (96)

Table 4 Enhancement pattern of bone metastasis in relation to grade of intensity on T1WI, size and primary lesion

Enhancement pattern	solid	mottled	ring-shaped	non-enhancement
Intensity on T1WI:				
(LL)	1	—	—	—
(L)	76	14	1	4
(I)	1	—	—	—
-----				
Size: <2cm	18	—	—	—
≥2cm	60	14	1	4
-----				
Primary lesion:				
lung cancer	30	7	1	4
breast cancer	39	5	—	—
others	9	2	—	—

すべて検出された(Table 3)。なお, T1強調像で等信号, サブトラクションで造影された病変が 1 例(56歳女性, 乳癌)ある。この例では, 第 2, 3, 7, 9 胸椎に転移を認めたが, 第 9 胸椎は T1 強調像で等信号を呈し, 他の転移巣はすべて T1 強調像で低信号を呈した。

多くの病変は Gd-DTPA 投与前後の画像を比べると造影能の評価は容易であるが, Gd-DTPA 投与前後ともに(L)の評価を得た37病変のうち34病変が subtraction 法によって明らかに造影されていることがわかる。転移巣の存在する脊椎の部位別比較において, T1強調像, サブトラクション像では検出率の差はなかった。

### ③ 骨転移巣の subtraction 像の評価

Gd-DTPA による造影能と形態から次の 4 つに分類できた。

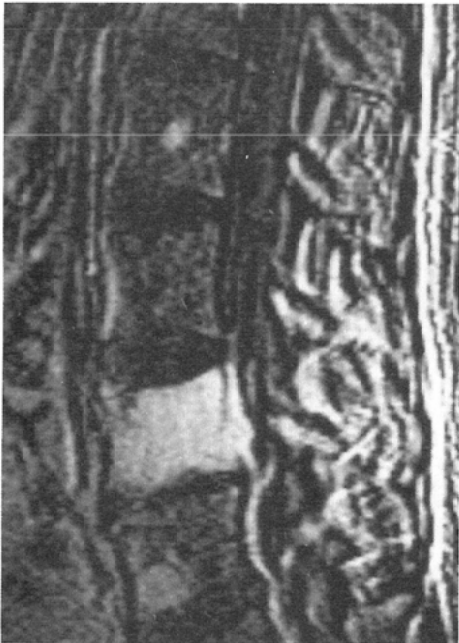
1) solid enhancement: 全体に均等に造影される (Fig. 1)



a)



b)



c)

Fig. 1 "Solid enhancement" A 43-year-old female with uterine leiomyosarcoma.

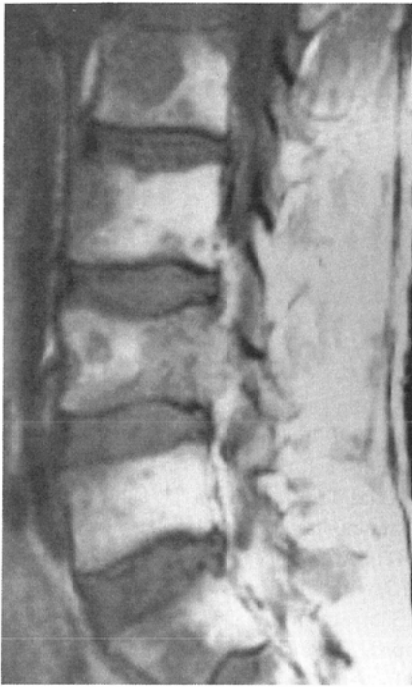
a) Sagittal T1WI shows areas of low intensity in L2, 4 and 5. b) Gd-DTPA enhancement causes L4 and L5 almost equal to normal vertebrae in intensity. c) Subtraction process makes clearer image homogeneous in intensity.

2) mottled enhancement : 全体が不均一に造影される (Fig. 2)

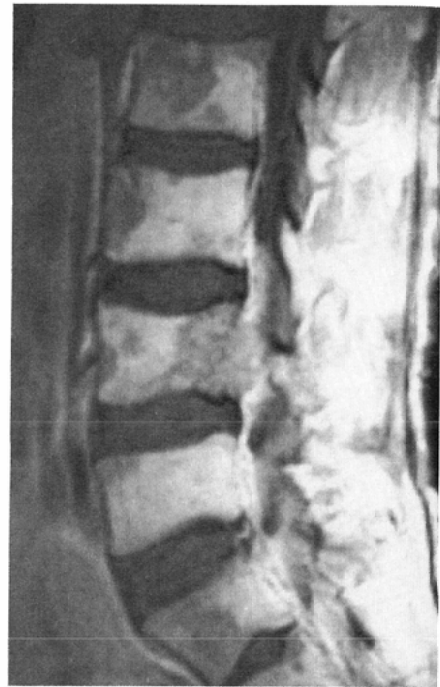
3) ring-shaped enhancement : 周辺部のみ造

影される (Fig. 3)

4) no enhancement : 造影効果がなかったもの (Fig. 4)



a)



b)



c)

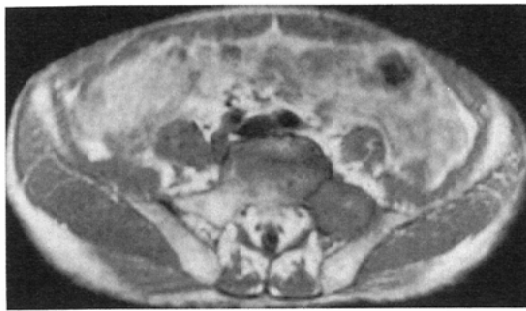
Fig. 2 "Mottled enhancement" A 38-year-old male with adenocarcinoma of unknown origin.

a) T1WI shows multiple areas of low intensity in lumbosacral vertebrae. b) Gd-DTPA enhancement causes inhomogeneous increase in intensity, but subtle. c) Subtraction image shows (mottled enhancement) in L2~S1.

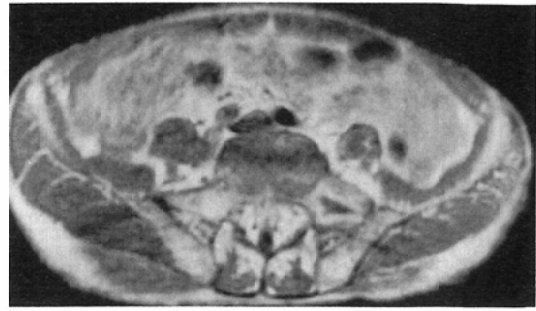
また、これらの症例の一覧表を Table 4 に示す。

#### IV. 考 察

悪性腫瘍の臨床において骨転移は患者の予後や



a)



b)



c)

Fig. 3 “Ring-shaped enhancement” A 66-year-old male with lung cancer (poorly differentiated squamous cell carcinoma)

a) Axial T1WI of the pelvis shows a large area of low intensity in left lateral portion of S1. b) Gd-DTPA enhancement sharply demarcates central low intensity area from surrounded tissues. c) Subtraction image shows marked (ring-shaped enhancement” despite misregistration artifacts.

quality of life に関連する問題である。MRI は従来の診断法と異なり、骨髄内に転移した腫瘍細胞がそこで発育増大した腫瘍そのものを捉えることが出来るといわれている<sup>14)</sup>。これらの画像の特徴は T1 強調像で低信号、T2 強調像で中～高信号と記載されているが、骨転移以外の非癌病変などとの鑑別上からは必ずしも特異的な所見ではない。

一方、Gd-DTPA は MRI 用の T1 短縮造影剤として知られ、その体内動態は水溶性のヨード造影剤とはほぼ同等であり、読影に際しては X 線 CT で得られた知識の流用が可能であるとされる<sup>5)</sup>。Breger ら<sup>6)</sup>や Stimac ら<sup>3)</sup>によれば脊髄領域の腫瘍に対する造影 T1 強調像では、腫瘍への血流と集積を現わすため、腫瘍の存在を明確にすると述べている。Gd-DTPA が血流に乗って腫瘍に集積し、かつ周囲の信号強度とのコントラストが著明な場合は、T1、T2 強調像で示唆された腫瘍の存在診断に加えて、造影 T1 強調像で信号強度の増加を認めれば強い傍証的価値があるといえよう。

骨転移の場合、Gd-DTPA 造影像のみでの検出能は造影前の T1 強調像に劣るとされる<sup>3)</sup>。われわ

れの検討でも 53% が造影後に検出できなくなった。その理由は、造影によって T1 強調像で低信号であった腫瘍部が腫瘍周囲の骨髄と同等の信号強度に達し、両者のコントラストが低下したためである。

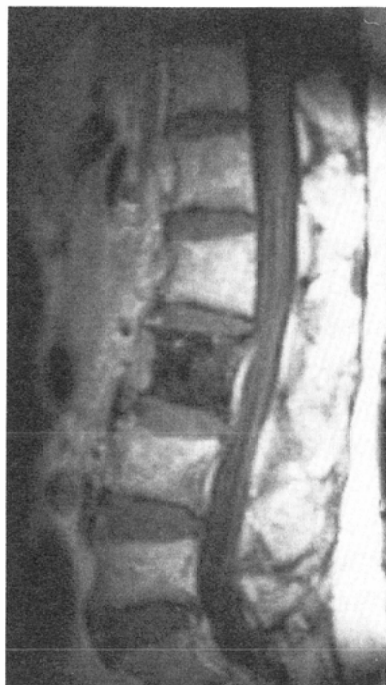
このように単に Gd-DTPA で造影を行うだけでは、かえって転移巣の検出能が低下するので、実際の造影効果を視覚的に明らかにするために subtraction 法が有用となる。われわれの結果からみると、subtraction 法は概ね円滑に行われたと思われるが 4% において不十分であった。その理由は、①体動による misregistration artifact の発生、②周囲の骨髄より乏しい造影能など腫瘍自体の問題などが挙げられる。以下 subtraction に伴う諸問題を述べる。

#### ① misregistration の問題

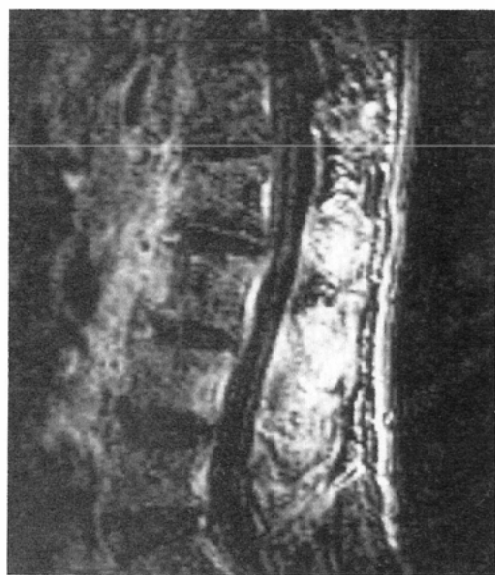
われわれの症例では 3/53 例 (6%) に撮像位置のずれが生じたが、わずかなずれの場合では pixel 移動を行った後に subtraction を行えば補正は可能であるといわれている<sup>7)</sup>。misregistration artifact は体動方向に垂直な高信号線条とし



a)



b)



c)

Fig. 4 "No enhancement" A 56-year-old female with lung cancer (adenocarcinoma)

a) T1WI shows an area of very low intensity (classified as LL) involving the entire L3. A semilunar area of low intensity (classified as L) is also seen in L4 posteriorly. b) Gd-DTPA enhancement fails to increase intensity in L3, but causes homogeneous increase in L4. c) Subtraction image shows "no enhancement" in L3, and solid or mottled in L4.

て検出される。従って硬膜外脂肪層や脊髄硬膜の異常濃染には subtraction に基づく artifact を十分考慮すべきである。

## ② 転移巣自体の性質の問題

subtraction が正確に行われても、結果で述べたような転移巣の造影能が弱い場合には診断が困難

なこともある。

## ③ 病巣以外に造影、差分される正常構造物の把握

subtraction 画像の診断をより正確にするために基本的ならびに実際的な検討が必要であるが、今回非癌症例で脊椎あるいはその周辺の既存構造



物がどのように造影されるかを別途に調査した。それによると、椎体静脈、硬膜外静脈叢が最も強く造影され、正常の骨髄は筋肉以下で、硬膜外脂肪織以上の造影能を有し、椎間板や骨皮質は造影を受けないことがわかった。この結果は Breger らの報告とほぼ同様であった<sup>6)</sup>。これら正常組織の濃染度の順序に関しては、無齢・性差はなく常に一定であった。このうち骨髄に関しては Heshiki ら<sup>8)</sup>の経年変化による赤色・黄色骨髄の分布を MRI で示した研究がある。赤色・黄色骨髄の分布は subtraction 像に影響を与えないと考えられるので、骨髄の信号強度が不均一な症例や、focal fatty marrow などの骨転移と鑑別困難な症例にはサブトラクション法は有用となろう。

転移性骨腫瘍の MR 診断における T1 強調像と、今回行った Gd-DTPA 造影後の subtraction 像と比較した場合、有意な検出率の改善はなかったが、少なくとも診断がより客観的に行えるようになった。すなわち、①実際の読影では造影前後の T1 強調像を比較しつつ診断し、両者の不足した情報を相補することができること、②前にも述べたが、Gd-DTPA subtraction 像は通常の T1、T2 強調像と違い血流と集積を示唆しており<sup>9)</sup>、画像成立の根拠と条件が異なる両者を対比できる利点が挙げられる。今回の検討対象で、subtraction 像で描出された中に T1 強調像では等信号を呈した病変があった。これは T1 強調像で検出されない転移巣の中にも subtraction 像で検出する病変が存在する可能性を示唆する。また subtraction 像は転移巣の数や造影能の視覚的認識を容易にし、かつ客観的な描写を可能にしたと考えている。以上の点で、本法が MRI による転移性骨腫瘍の診断において有用であることを指摘したい。

## V. おわりに

MRI において Gd-DTPA を用いた結果、正常組織と病変部が同程度の信号強度になる場合には、それぞれの血流と集積を視覚的に現わすためには subtraction 法が必要となる。脊椎領域の転移性骨腫瘍では、既存の正常構造物の濃染度や腫瘍の造影パターンを念頭におくことが肝要であり、本法が骨転移の診断において相補的な役割を果たすことを期待する。

## 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) Zimmer WD, Berquist TH, McLeod RA, et al: Bone tumors: Magnetic resonance imaging versus computed tomography. *Radiology* 155: 709-718, 1985
- 3) Stimac GK, Porter BA, Olson DO, et al: Gadolinium-DTPA-Enhanced MR imaging of spinal neoplasms: Preliminary investigation and comparison with unenhanced spin-echo and STIR sequences. *AJR* 151: 1185-1192, 1988
- 4) Algra PR, Bloem JL, Tissing H, et al: Detection of vertebral metastasis; comparison between MR imaging and bone scintigraphy. *Radiographics* 11: 219-232, 1991
- 5) Felix R, Schorner W, Laniado M, et al: Brain tumors: MR imaging with gadolinium-DTPA. *Radiology* 156: 681-688, 1985
- 6) Breger RK, Williams AL, Daniels DL, et al: Contrast enhancement in spinal MR imaging. *AJR* 10: 633-637, 1989
- 7) Hanna SL, Langston JW, Gronemeyer SA, et al: Subtraction technique for contrast-enhanced MR images of musculoskeletal tumors. *Magnetic Resonance Imaging* 8: 213-215, 1990
- 8) Heshiki A, Hiroshi I: Imaging of bone marrow MR in the healthy adult. *Radiology* 173(P): 141, 1989