

原 著

T₂* 強調 Gradient Field Echo 法による軟部腫瘍の MRI

藤 本 肇¹, 村 上 康 二¹, 市 川 智 章¹
田 内 美 喜 雄¹, 望 月 茂¹, 松 原 保²
圓 井 芳 晴², 増 田 純 男², 寺 内 雅 美³
小 澤 弘 侑⁴, 有 水 昇⁵

¹沼津市立病院放射線科

²沼津市立病院整形外科

³沼津市立病院形成外科

⁴沼津市立病院外科

⁵千葉大学放射線科

1 はじめに

MRI は、軟部組織腫瘍性病変の描出に極めて有用な手法であり、spin echo (SE) 法による T₁ および T₂ 強調像が主に用いられてきている^{1)~11)}。最近、gradient field echo (FE) 法による撮像が可能になり、脳・脊髄や腹部等で主に利用されている^{12)~13)}。我々は、種々の軟部腫瘍に対し MRI を施行し、SE 法による T₂ 強調画像と、FE 法による T₂* 強調像とを比較検討したので報告する。

2 対象と方法

対象は、四肢または躯幹に軟部腫瘍を有する 22 症例 24 病変である。内訳は、良性腫瘍 16 例、悪性腫瘍 3 例、膿瘍 2 例、筋挫傷 2 例、血腫 1 例である。男性 10 例 (11 病変)、女性 12 例 (13 病変) であり、年齢は 16~78 歳であった。詳細を Table 1 に示す。

使用機種は東芝製 0.5 T 超伝導装置 (MRT-50 A) で、スライス厚 7.5 または 10 mm, 256×256 のマトリクスにて、撮像を行った。部位に応じて surface coil または body coil を用い、主に

キーワード soft-tissue mass, T₂*-weighted images, gradient field echo

Table 1 Histology of Soft-Tissue Masses Evaluated

Histology	Number of patients
Benign Lesions	
Hemangioma	6
Lipoma	2
Schwannoma	2
Neurofibroma	1
GCT of tendon sheath	1
Fibromatosis	1
Lymphangioma	1
Epidermoid inclusion cyst	1
Baker's cyst	1
muscle strain	2
Hematoma	1
Abscess	2
Malignant lesions	
Synovial sarcoma	1
Clear cell sarcoma	1
Metastatic SCC	1
Total	24

Note.— GCT : Giant cell tumor,
 SCC : Squamous cell carcinoma

transverse または coronal sections を撮像した。使用した pulse sequences は、 T_1 強調 SE 像として $TR/TE=500/20\sim40$ (msec), 平均加算回数 (NEX)=2, 撮像時間 4'16" を、 T_2 強調 SE 像として、 $TR/TE=2000/80$ (msec), NEX=2, 撮像時間 17'4" を用いた。さらに、TR を 300 msec, TE を 22 msec, flip angle を 20 度に設定した gradient field echo 法による撮像を行った。NEX=4 または 8 とし、撮像時間は 5'7" ないし 10'14" であった。この FE 像は、TR を比較的長く、flip angle を小さく設定してあるため、SE 法における T_2 強調像に類似した、いわゆる T_2^* -weighted image になる^{12),13)}。これらの画像

のうち、従来からの SE 法による T_2 強調像(以下 T_2 SE 像と略)と、FE 法による T_2^* 強調像(以下 T_2^* FE 像と略)とを比較検討した。検討内容は、次の如くである。

まず第一に、病巣の主たる部位の信号強度であり、一般に T_2 SE 像にて high intensity に描出される軟部腫瘍が、 T_2^* FE 像にて high intensity mass として描出されるかである。個々の病巣について、 T_2 SE 像では、脂肪と同じ位か、より高信号のものを very high, 筋と脂肪の中間の信号強度のものを high として記載した。一方、 T_2^* FE 像においては、血管内腔と同じ位か、より高信号のものを very high, 筋や脂肪より高信号で、血管内腔より低信号のものを high, 筋や脂肪と概ね等信号のものを iso として記載した。また、病巣全体として高信号と低信号が混在する場合は mixed として記載した。

次いで、例えば壊死巣や隔壁等の腫瘍の内部構造の描出、腫瘍と筋肉との境界、および腫瘍と脂肪組織の境界の描出能について、両者を比較検討した。検討は 3 名の放射線科医により視覚的に行われ、両者の描出能が同等、 T_2 SE 像のほうが優れている、 T_2^* FE 像のほうが優れている、の 3 つに分類した。

3 結 果

(1) それぞれの画像において、腫瘍全体の intensity がどのように描出されたかを Table 2 に示す。 T_2 SE 像で very high に描出された 20 病巣中 18 病巣は、 T_2^* FE 像でも very high に描出された。他の 2 例は、それぞれ high および iso に描出された。また、 T_2 SE 像で high であった 4 病巣については、 T_2^* FE 像にて 2 例が high,

Table 2 Signal intensity of the masses

	T ₂ SE		
T ₂ * FE	very high	high	iso or mixed
very high	18	1	0
high	1	2	0
iso or mixed	1	1	0

1例が very high, 1例が mixed となった。
 (2) 内部構造の描出, 腫瘍と筋肉との境界,
 および腫瘍と脂肪組織の境界の描出について,

Table 3 Comparison of T₂* FE and T₂ SE according to morphologic criteria

	T ₂ * FE better	T ₂ SE better	Equal	Not applicable
Internal architecture	2	2	20	0
Mass-muscle delineation	2	1	18	3
Mass-fat delineation	10	2	10	2

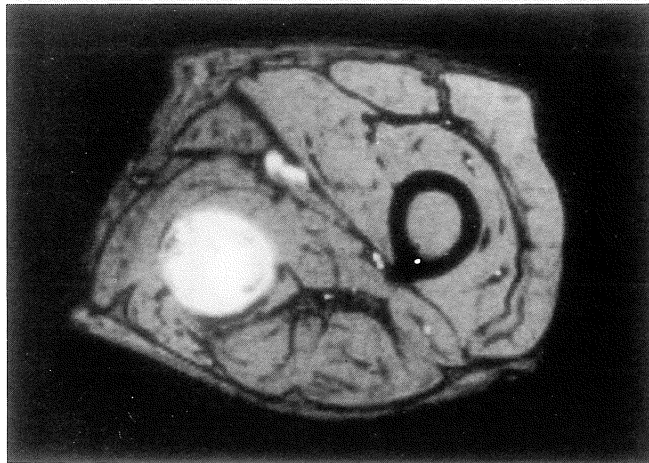
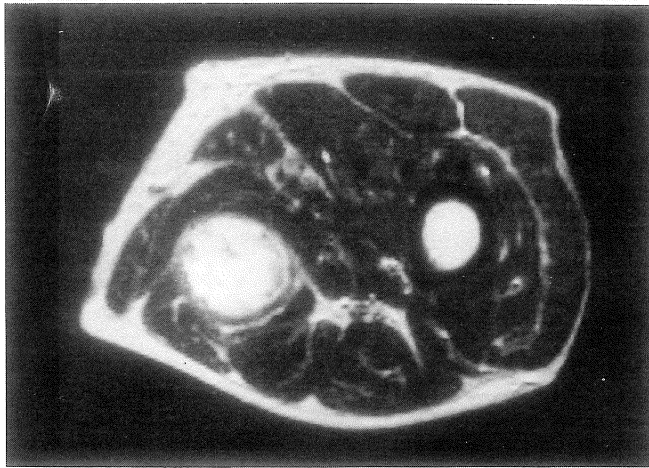


Figure 1 症例 1 70 歳男性, 神経線維腫
 大腿の筋層間に発生した腫瘍(矢印)は,
 T₂ SE 像 (Fig. 1 a), T₂* FE 像 (Fig. 1

b) いずれにても不均一な高信号域として描出される。

両者を比較したものを Table 3 に示す。内部構造の描出、および腫瘍と筋との境界については、概ね、両者の描出能は同等であった。また、腫瘍と脂肪の境界の描出については、両者の描出能は同等か、 T_2^* FE 像のほうが優れている傾向にあった。

症例を供覧する。

(症例 1) 70 歳, 男性。大腿の筋層間に発生した神経線維腫である (Figure 1)。腫瘍は、 T_2 SE

像 (Fig. 1 a), T_2^* FE 像 (Fig. 1 b) いずれにても不均一な内部構造を有する高信号域として描出され、筋とのコントラストが良好である。

(症例 2) 21 歳, 女性。下腿の筋肉内に発生した血管腫である (Figure 2)。 T_2 SE 像 (Fig. 2 a), T_2^* FE 像 (Fig. 2 b) いずれにても、腫瘍はきわめて高信号に描出される。腫瘍と脂肪組織とのコントラストは、 T_2^* FE 像においてより明瞭となる。

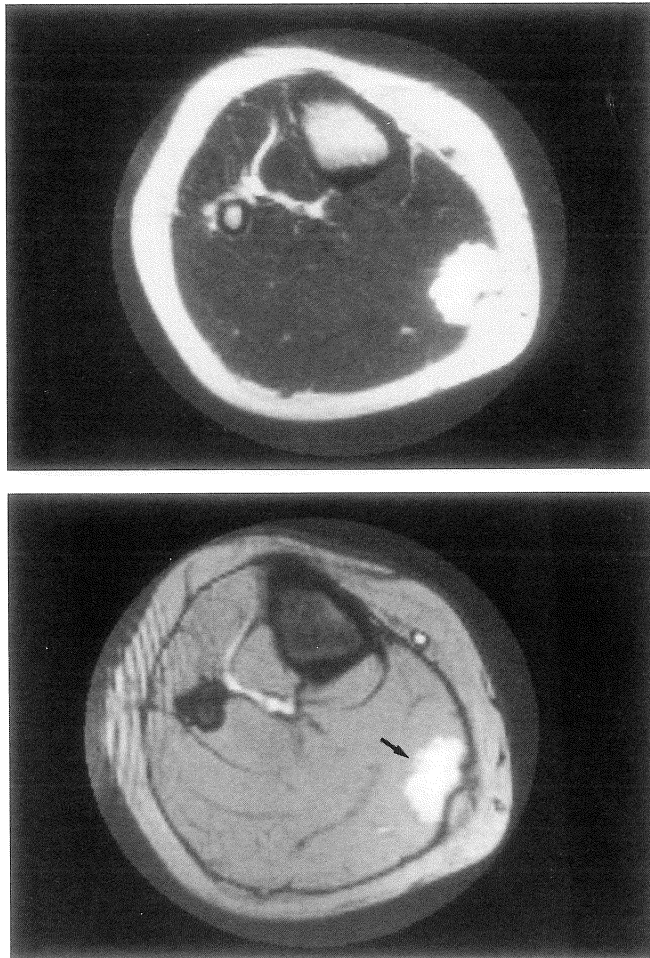


Figure 2 症例 2 21 歳女性, 血管腫
腓腹筋内側頭に存在する腫瘍 (矢印) は、 T_2 SE 像 (Fig. 2 a), T_2^* FE 像 (Fig. 2

b) いずれにても非常に高信号に描出される。 T_2^* FE にて、腫瘍と周囲脂肪との境界がより明瞭となる。

(症例 3) 42 歳, 女性。右上腕皮下の血管腫である (Figure 3)。T₁ 強調 SE 像 (Fig. 3 a) にて, 腫瘍は皮下の小低信号域として描出される。T₂* FE 像 (Fig. 3 b) にては, 著しい高信号を呈し, その存在が明瞭となる。しかし, T₂ SE 像 (Fig. 3 c) では, 皮下脂肪との良好なコントラストが得られず, 描出が困難であった。

(症例 4) 24 歳, 女性。下腿に発生した腱鞘巨細胞腫である (Figure 4)。CT にて, 右腓腹筋内側頭を被覆するようにして紡錘型の腫瘍が見られる (Fig. 4 a)。T₂ SE 像 (Fig. 4 b) では, 腫瘍は全体として筋より高信号であるが, 境界はやや不鮮明である。T₂* FE 像 (Fig. 4 c) では, 腫瘍の辺縁がより明瞭となった。また, 内部に非常に低信号の斑が見られた。切除標本では, 腫瘍内に著しいヘモジデリンの沈着が見られ,

それによる susceptibility artifact のために, このような低信号斑が描出されたと考えられた。

4 考 察

軟部腫瘍の診断において, MRI は重要な役割を果たす。これは, MRI が, 軟部組織における優れたコントラスト分解能を有するからである^{1)~5)}。病変の検出のみならず, その進展範囲や, 周囲臓器との関係の把握には, MRI が不可欠であり^{1)~10)}, CT と同等もしくはこれを凌駕するという報告もある^{2)~7)}。また, 治療後の経過観察にも有用である¹¹⁾。軟部腫瘍に対して MRI を施行する場合, SE 法による T₁ 強調像および T₂ 強調像が撮られるのが一般的である。多くの軟部腫瘍や膿瘍は, T₂ SE 像において高信号となり,

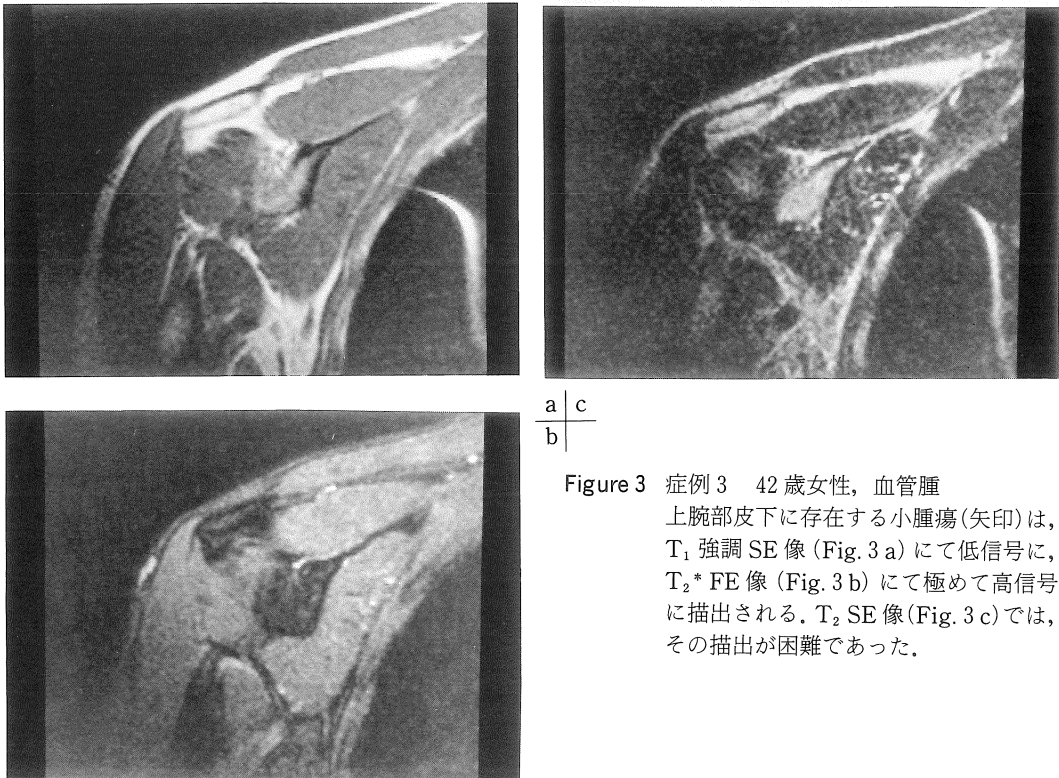
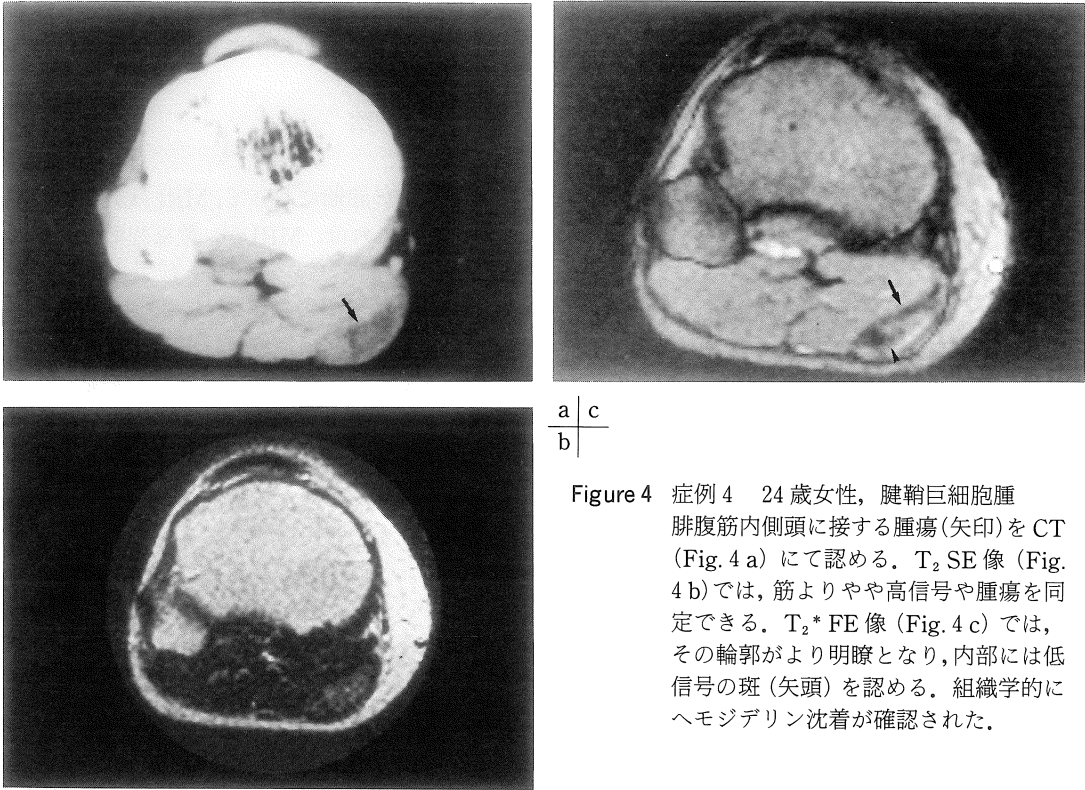


Figure 3 症例 3 42 歳女性, 血管腫
上腕部皮下に存在する小腫瘍(矢印)は, T₁ 強調 SE 像 (Fig. 3 a) にて低信号に, T₂* FE 像 (Fig. 3 b) にて極めて高信号に描出される。T₂ SE 像 (Fig. 3 c) では, その描出が困難であった。



a	c
b	

Figure 4 症例4 24歳女性，腱鞘巨細胞腫腓腹筋内側頭に接する腫瘍(矢印)をCT (Fig. 4 a) にて認める。T₂ SE 像 (Fig. 4 b) では，筋よりやや高信号や腫瘍を同定できる。T₂* FE 像 (Fig. 4 c) では，その輪郭がより明瞭となり，内部には低信号の斑(矢頭)を認める。組織学的にヘモジデリン沈着が確認された。

周囲とのコントラストが明瞭となるため，この画像は，病変の評価に最も有用である^{3)~5),10)}。

T₂ SE 像のデメリットとして，繰り返し時間 (TR) を長く設定するために撮像時間が長くなること，および，腫瘍と脂肪が同程度の高信号を呈する場合に，両者のコントラストが低下することが挙げられる^{3)~5)}。このような点を補うため，今回，T₂* FE 像を導入した。一般に，FE 法における信号強度は，T₂ ≪ TR の条件下では，次の式で近似しうる¹²⁾。

$$S = \rho \cdot \exp(-TE/T_2^*) \cdot \sin\alpha \cdot \{1 - \exp(-TR/T_1)\} / \{1 - \cos\alpha \cdot \exp(-TR/T_1)\} \dots\dots\dots(1)$$

ここで， ρ はプロトン密度， α は flip angle である。この方法では，TE を短く設定し， α を大きめにとると，T₁ 強調像が得られ，逆に，TE を長めにして α を小さく設定すれば，T₂ 強調像を

得ることができるとされている。高磁場装置では， α を極端に小さく (10~15 度程度) し，TR も 100~200 msec 程度あるいはそれ以下に設定することにより，数十秒で画像が得られ，いわゆる“fast scan”として，脊髄や腹部等の撮像で利用されている^{12),13)}。しかしながら，中磁場装置の場合，短い TR で， α を極端に小さくとると，良好な信号雑音比 (S/N) が得られず，十分な画像とならないことが多い。そこで，実用上耐えうる数値として， $\alpha = 20$ 度，TR = 300 msec，TE = 22 msec を選択した。既に，肝腫瘍における馬淵らの報告では，0.5 T 装置における T₂ 強調のための至適値として， $\alpha = 20$ 度が示されており¹⁴⁾，この結果は軟部においても準用しうる。また TR = 300 msec とすることにより，撮像時間はやや長くなるが，T₂ SE 像よりは短時

間であり、5 ないし 10 分の間に 8 または 9 枚のマルチスライスを得ることができる。腹部等と異なり、息止めスキヤンの必要性はほとんど無いので、長めの TR で S/N を稼ぎ、(1) 式の近似性を向上させることで、より充分な T₂* 強調像を得ることができる。

このようにして得られた T₂* FE 像により、種々の軟部腫瘍は、ほぼ T₂ SE 像と同様に描出し得た。また、脂肪組織との境界については、症例 2 および 3 の如く、T₂ SE 像よりも明瞭に描出されたものもあった。これは、TE=22 msec としたために、水と脂肪の信号の位相が逆転し、いわゆる“opposed phase”の画像が得られることを反映した結果といえる。即ち、脂肪を含む組織と病変部との信号強度差が顕著となり、かつ両者の境界が強調されて描出されたわけである。

現在までの数々の報告により、MRI は、軟部腫瘍の質的診断においては、限られた能力のみ有することが判明している。例えば、血腫、脂肪腫、血管腫(T₂ SE 像で極めて高信号となる)、線維腫(低プロトン密度のため低信号となる)、色素性絨毛性滑膜炎(ヘモジデリン沈着のため低信号となる)、類上皮嚢腫(沈澱した debris が描出される)等である^{2)~6),9)}。自験例のうち、症例 2 および 3 (血管腫)では、T₂* FE 像においても、T₂ SE 像と同様、特徴的な高信号が得られ、診断が可能であった。また、症例 4 は、病理学的には色素性絨毛性滑膜炎と同一とされている腱鞘巨細胞腫であり、T₂* FE 像における中心部の著しい低信号像から、ヘモジデリン沈着が強く示唆され、組織学的に確認された。この変化は、T₂ SE 像では把握することが困難であった。一般に、FE 像は、局所磁場の変化による susceptibility artifact を生じやすいとされており、これは、FE 像の欠点の一つである。しかし、この症例では、FE 像の高い susceptibility が、逆に腫瘍の質的診断に寄与したといえよう。

T₂* FE 像は、完全に T₂ SE 像と等価ではなく、いくつかの欠点を有する。第一に、gradient field echo を用いて信号を採取する限り、完全な T₂ 強調は得られず、T₂* 強調像しか得られない。しかしながら、自験例において、ほとんどの腫瘍は、T₂* FE 像にても充分な高信号を呈し、診断上満足すべき画像が得られた。MRI 導入時には、T₂ の絶対値の差異による病変の質的診断が期待されたが、今日では、この可能性はほとんど無いことが判明している^{1)~3),6)}。したがって、純粋な T₂ 強調像が得られなくても、T₂* の差異によって充分なコントラストが得られれば、実用上は大きな不利益にはならないと思われる。第二に、T₂* FE 像では、筋と脂肪組織の信号強度差が不十分になることであるが、これは、実際の撮像にあたっては、T₁ 強調 SE 像を併用するのが一般的であり、両者を組み合わせれば解決される。第三に、現状では、FE 像の S/N は、SE 像のそれに比べ低い¹³⁾。したがって、今後、より高感度な RF コイルの開発等、新たな技術的進歩が望まれる。

5 ま と め

種々の軟部腫瘍に対して MRI を施行し、SE 法による T₂ 強調像(T₂ SE 像)と FE 法による T₂* 強調像(T₂* FE 像)を比較検討した。T₂* FE 像により、T₂ SE 像と同様の画像が得られ、大部分の腫瘍は高信号に、内部構造も明確に、描出し得た。また、腫瘍と脂肪組織との境界は、T₂ SE 像よりも T₂* FE 像でより明瞭に描出される傾向にあった。腱鞘巨細胞腫の一例では、T₂ SE 像にて検出困難であったヘモジデリン沈着が、T₂* FE 像にて明確に描出された。T₂* FE 像は、T₂ SE 像の 1/3 ないし 2/3 の時間で撮像が可能であった。したがって、T₁ 強調 SE 像と T₂* FE 像の組み合わせにより、従来よりも短時間で軟部腫瘍の撮像が施行しうると考えられた。

文 献

- 1) Ehman RL, Berquist TH, Mcleod RA : MR imaging of the musculoskeletal system. A 5-year appraisal. Radiology 166 : 313-320, 1988
- 2) Aisen AM, Martel W, Braunstein EM et al. : MRI and CT evaluation of primary bone and soft-tissue tumors. AJR 146 : 749-756, 1986
- 3) Petasnick JP, Turner DA, Charters JR et al. : Soft-tissue masses of the locomotor system : comparison of MR imaging with CT. Radiology 160 : 125-133, 1986
- 4) Pettersson H, Gillespy T, Hamlin DJ et al. : Primary musculoskeletal tumors : examination with MR imaging compared with conventional modalities. Radiology 164 : 237-241, 1987
- 5) Totty WA, Murphy WA, Lee JKT : Soft tissue tumors : MR imaging. Radiology 160 : 135-141, 1986
- 6) Sartoris DJ, Resnick D : MR imaging of the musculoskeletal system ; Current and future status. AJR 149 : 457-467, 1987
- 7) Teranzadeh J, Mnaymneh W, Ghavam C et al. : Comparison of CT and MR imaging in musculoskeletal neoplasms. J Comput Assist Tomogr 13 : 466-472, 1989
- 8) Kiegle BA, Haggar AM, Gaba A et al. : Primary tumors of the foot : MR imaging. Radiology 171 : 755-759, 1989
- 9) Kransdorf MJ, Jelinek JS, Moser Jr RP et al. : Soft-tissue masses : Diagnosis using MR imaging. AJR 153 : 541-547, 1989
- 10) Beltran J, Noto AM, McGhee RB et al. : Infections of the musculoskeletal system : High-field - strength MR imaging. Radiology 164 : 449-454, 1987
- 11) Vanel D, Lacombe MJ, Couanet D et al. : Musculoskeletal tumors : follow-up MR imaging after treatment with surgery and radiation therapy. Radiology 164 : 243-245, 1987
- 12) Wehrli FW : Principle of magnetic resonance, (in) Stark DD, Bradley JM WG ed ; Magnetic resonance imaging. pp 17-21, Mosby, Saint Louis, 1988
- 13) 畑中雅彦, 吉田忠候 : 高速撮像法と Gradient Field Echo 法. 画像診断 9 : 877-883, 1989
- 14) 馬淵順久, 浜田辰巳, 吉岡寛康 : 肝腫瘍における呼吸停止下高速磁気共鳴画像に関する研究. 日本医放会誌 49 : 1122-1140, 1989

MRI of Soft-Tissue Masses : Clinical Application of T₂*-Weighted Gradient-Field-Echo Images

HAJIME FUJIMOTO,¹ KOJI MURAKAMI¹
TOMOAKI ICHIKAWA,¹ MIKIO TAUCHI¹
SHIGERU MOCHIZUKI,¹ TAMOTSU MATSUBARA²
YOSHIHARU TSUMURAI,² SUMIO MASUDA²
MASAMI TERAUCHI,³ KOSUKE OZAWA⁴
NOBORU ARIMIZU⁵

¹*Department of Radiology, Numazu City Hospital
550, Harunoki-aza, Higashishijii, Numazu, Shizuoka 410-03*

²*Department of Orthopedic Surgery, Numazu City Hospital*

³*Department of Plastic Surgery, Numazu City Hospital*

⁴*Department of Surgery, Numazu City Hospital*

⁵*Department of Radiology, Chiba University School of Medicine*

Twenty-four patients with soft-tissue masses underwent magnetic resonance imaging (MRI). In addition to conventional T₁-weighted spin-echo images and T₂-weighted spin-echo (T₂ SE) images, T₂*-weighted gradient-field-echo (T₂* FE) images were obtained. T₂* FE images were similar to T₂ SE images with respect to the internal architecture of the masses. T₂* FE images were superior to T₂ SE images in delineating the masses and adjacent fat tissues. Shorter (about one-third or two-thirds) scanning time was required to obtain T₂* FE images than to obtain T₂ SE images. It is concluded that T₂* FE images are advantageous to demonstrate soft-tissue masses especially for ones within fat tissue.