



Title	骨腫瘍の診断・治療におけるMRIの役割
Author(s)	青木, 純
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2000, 60(6), p. 295-301
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20367
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

骨腫瘍の診断・治療におけるMRIの役割

青木 純

群馬大学医学部附属病院中央放射線部

Roles of Magnetic Resonance Imaging in Management of Bone Tumors

Jun Aoki

The roles of magnetic resonance imaging (MRI) in the diagnosis and treatment of bone tumors are reviewed.

Most bone tumors can be detected on plain radiography or bone scintigraphy. MRI is helpful in detecting tumors that do not destroy bone matrix or suppress reactive bone formation.

Detailed analysis by plain radiography is still the most reliable method for differentiating between benign and malignant bone tumors. The T1 and T2 values, internal texture, and peritumoral edema depicted on MRI are not helpful for this differentiation.

In characterizing the histologic types of bone tumors, MRI is of some advantage. For example, MRI can demonstrate cartilage matrix, hemoglobin metabolites, vascular components, and fat contents more clearly than conventional radiological techniques.

MRI is now indispensable for the preoperative delineation of malignant bone tumors, because of its excellent soft tissue contrast and multiplanar imaging capability. In this article, the guidelines for evaluation of the surgical margin advocated by the JOA Musculo-skeletal Tumor Committee are introduced for radiologists.

MRI monitoring of malignant bone tumors after chemotherapy or surgery can reveal change in the size of enhanced areas that may reflect viable tumors. Dynamic MRI is helpful to differentiate recurrent tumors from granulation tissue.

Research Code No.: 505

Key words: Bone tumor, MR imaging, Review

Received Jan. 17, 2000

Department of Diagnostic Radiology, Gunma University School of Medicine

本論文は第35回日本医学放射線学会秋季臨床大会(1999年10月)の教育講演:骨の画像診断において、「腫瘍」の演題で発表されたもので、日本医学放射線学会誌編集委員会より執筆依頼した。

別刷請求先

〒371-8511 群馬県前橋市昭和町 3-39-22

群馬大学医学部附属病院中央放射線部

青木 純

はじめに

骨腫瘍の画像診断では単純X線像による診断法が確立しており、その有用性は今日でも揺るぎないものである。CTも基本的には組織のX線吸収値に基づいた画像であるため、その診断は断層面上に単純X線像の診断法を応用するものである。MRI画像は組織のX線吸収値とは異なる要素から構成されているため、その解釈法はやや異なり、骨腫瘍の画像診断に新たな視点を与える。骨腫瘍の診断において画像診断のはたす役割をまとめると、腫瘍の存在診断、良悪性あるいは組織型の鑑別診断、局在診断(腫瘍進展範囲の診断)、そして経過観察が挙げられる。これらの側面において、骨腫瘍の画像診断にMRIが寄与するところをみる。

骨腫瘍の存在診断

痛みや腫脹などの臨床症状から単純X線写真が撮られ、その時点でほとんどの骨腫瘍が確認される。これは既存の骨基質に大きな変化がみられるためである。骨基質に微細な変化しか来さない骨腫瘍の存在診断には、局所の骨代謝の変化を鋭敏に反映する骨シンチグラムが非常に有用である。しかし、稀ではあるが、骨基質に変化を及ぼさず、かつ局所の骨代謝を抑制するサイトカインを分泌する悪性腫瘍がある。骨髄腫、悪性リンパ腫、肺の小細胞癌の転移などの一部である(Fig. 1)。このような場合にも、MRIでは腫瘍を正常骨髄信号を置換する腫瘤として捉えることができる¹⁾⁻³⁾。また、現実的には、骨破壊はあっても反応性骨形成を伴わない腫瘍は骨シンチグラムで“hot spot”を呈さないの、見落とされる可能性がある。腎癌や肝癌などでは、臨床的に転移が疑わしければ、MRI診断をすることになる(Fig. 2)。局所の骨転移のスクリーニングでは、MRIは骨シンチグラムのプラナー像に比べて、2~3倍のsensitivityがあるといわれる⁴⁾。骨腫瘍の存在診断のためのMRI検査法はT1強調像が基本であり、脂肪抑制法を併用したT2強調像やガドリニウム造影を加える。



Fig. 1 Multiple myeloma, thoracic spine, 61-year-old woman.
 A: Lateral radiograph shows diffuse osteopenia and compression fractures of the 9th and 11th thoracic vertebral bodies. Local osteolysis is hard to detect. B: T1-weighted image demonstrates multiple low signal areas replacing fatty marrow signal. C: Contrast-enhanced T1-weighted image with fat saturation demonstrates the tumor involvement more clearly.

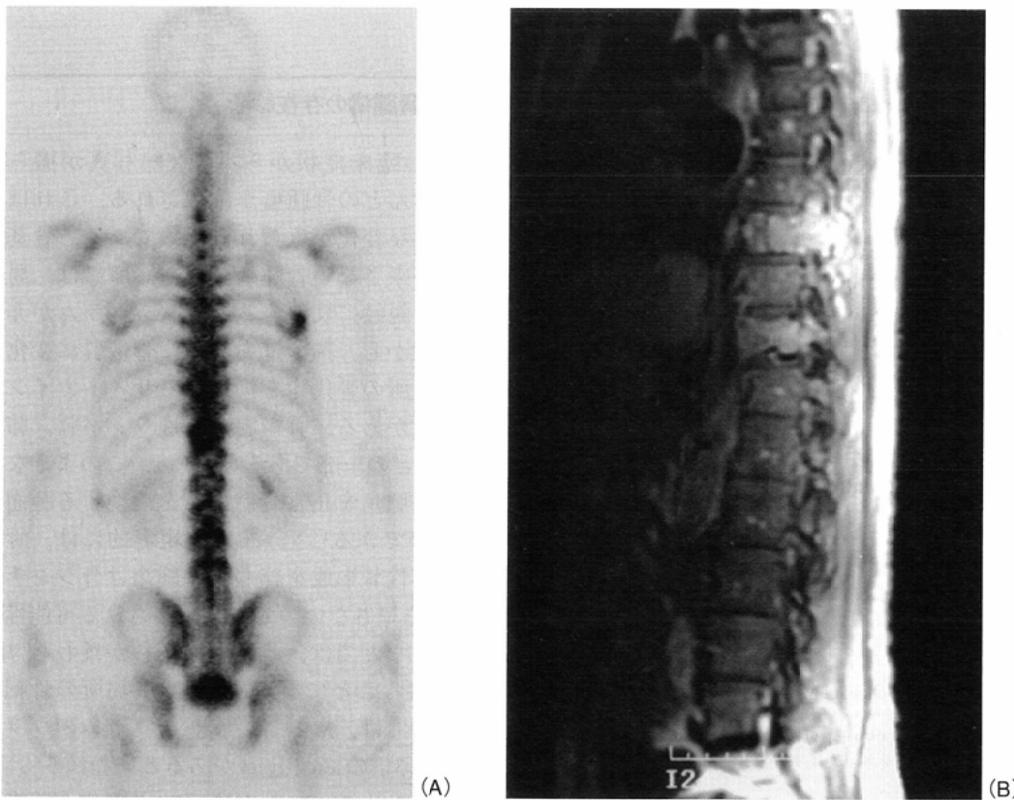


Fig. 2 Metastatic bone tumor from renal cell carcinoma, thoracic spine, 59-year-old man.
 A: Posterior view of bone scan shows a "hot spot" in the 11th thoracic vertebra. B: Contrast enhanced T1-weighted image with fat saturation demonstrates metastatic tumors in the 9th and 11th thoracic vertebrae.

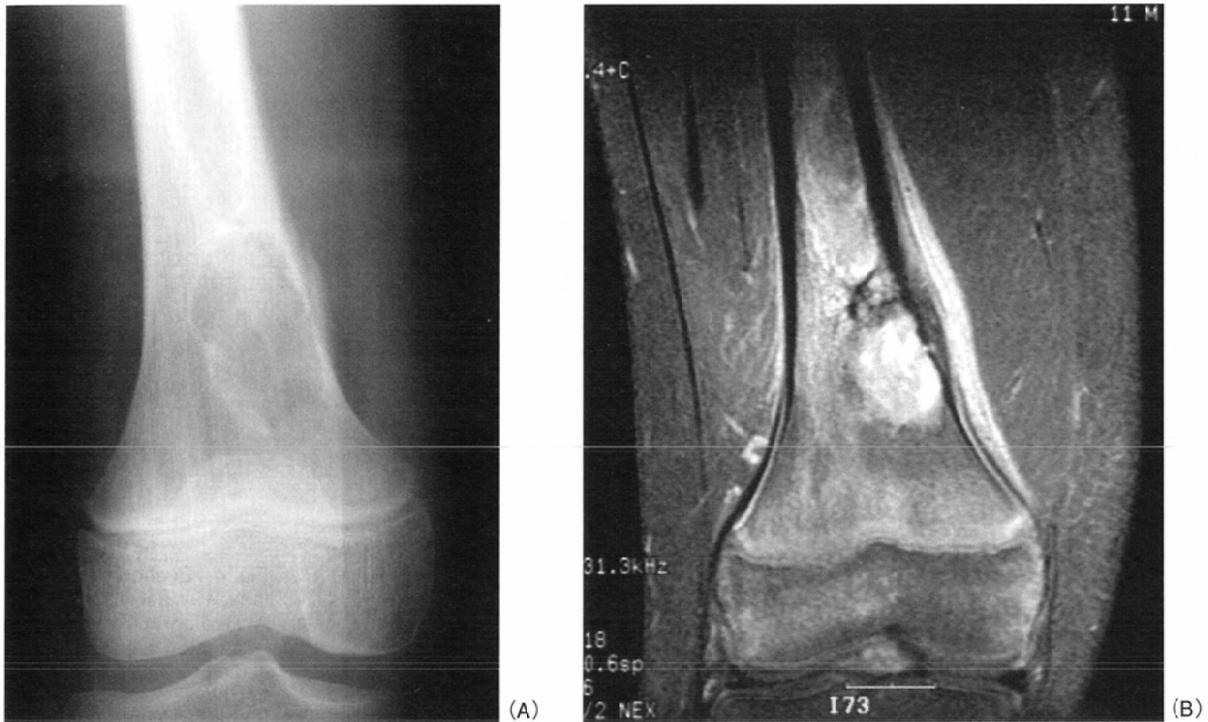


Fig. 3 Nonossifying fibroma, distal femur, 11-year-old man.

A: Radiograph shows a well-defined lytic lesion in the distal metaphysis of the right femur. The lesion is accompanied with a solid periosteal reaction due to a pathologic fracture. B: Contrast enhanced T1-weighted image with fat saturation shows extensive marrow edema and marked thickening of the periosteum around the tumor. It is impossible to deny malignancy of this tumor on MR images.

骨腫瘍の良悪性の鑑別

骨腫瘍の良悪性を鑑別する最も信頼のおける画像所見は、長年にわたり病理像との対比がなされてきた骨基質の変化である。すなわち、骨吸収の辺縁の性状や骨膜反応の解析が現在でも非常に重要である。躯幹骨や扁平骨の骨基質の評価にはCTが有用である。CTやMRIでの骨外への腫瘍進展の描出は良悪性の鑑別に役立つ場合がある。しかし、MRIの信号強度や内部構造、いわゆる周辺反応層の存在などが良悪性の鑑別には役立たないことはすでに知られている⁵⁾⁻⁷⁾(Fig. 3)。Dynamic MRIも試みられているが、骨腫瘍の良悪性の鑑別は困難とされている⁸⁾。そもそも、血管造影が骨腫瘍の良悪性の鑑別に用いられていない現在、MRIによる血行動態の解析の有用性は疑問視される。

骨腫瘍の組織型の鑑別

骨腫瘍の組織型の鑑別には腫瘍の発生部位や患者の年齢などが重要なファクターになる。これのみで半数以上の症例で診断がついてしまうといても過言ではない。X線像やCTではおもに細胞間基質の石灰化のパターンから骨産生腫瘍や軟骨産生腫瘍が鑑別される。線維性腫瘍や基質を産生しない骨腫瘍の鑑別には、やはり発生部位や年齢などに多くを頼ってきた。MRIの出現により組織型の鑑別の幅がやや広がった感がある。それは液体成分や軟骨基質、血液・血管成分、脂肪成分がよりよく描出できるようになったた

めである。

軟骨腫瘍の特徴的なX線像やCT所見は、分葉状の腫瘍の輪郭や点状あるいは曲線状の石灰化を含むことである。血流の少ない点も一つの特徴である。T2強調MRI像では水分に富んだ軟骨の分葉が高信号に描出され、造影MRIでは血管を含んだ隔壁部分が逆に増強される^{9),10)}(Fig. 4)。すべての軟骨腫瘍が石灰化を含むわけではないので、このような軟骨腫瘍に特有な無血管分葉構造の所見は鑑別に役立つ。おもしろいことに、ある程度時間がたつと、リング状の造影は内部に浸透して均等になる。これは軟骨基質内の造影剤の拡散を示している。なお、軟骨に特有なゲル状の基質を磁化移動コントラスト(magnetization transfer contrast, MTC)を用いて鑑別する試みもなされ、軟骨腫瘍は嚢胞と充実性腫瘍の中間のMT effectを示すことが報告されている¹¹⁾。

血色素の代謝産物による常磁性緩和促進効果や磁化率アーチファクトは骨腫瘍の鑑別に役立つことがある。血色素成分は従来のX線写真やCTでは描出されなかったものである。まず、血液による液面形成を含む嚢胞成分がみられる場合、病的骨折を伴った骨嚢腫、骨芽細胞腫や軟骨芽腫、骨巨細胞腫、線維性骨異形成などの動脈瘤様骨嚢腫への変化、あるいは血管拡張型骨肉腫などが示唆される¹²⁾(Fig. 5)。次に、腫瘍細胞自体がヘモジデリンを取り込み低信号を示す場合がある。これは貪食作用を有する細胞、すなわち組織球型の腫瘍を示唆する。代表的なものが骨巨細胞腫と非骨化性線維腫であり^{13),14)}、最近では軟骨芽腫などでも経験されている(Fig. 6)。これらの骨腫瘍が非典型的な部位や

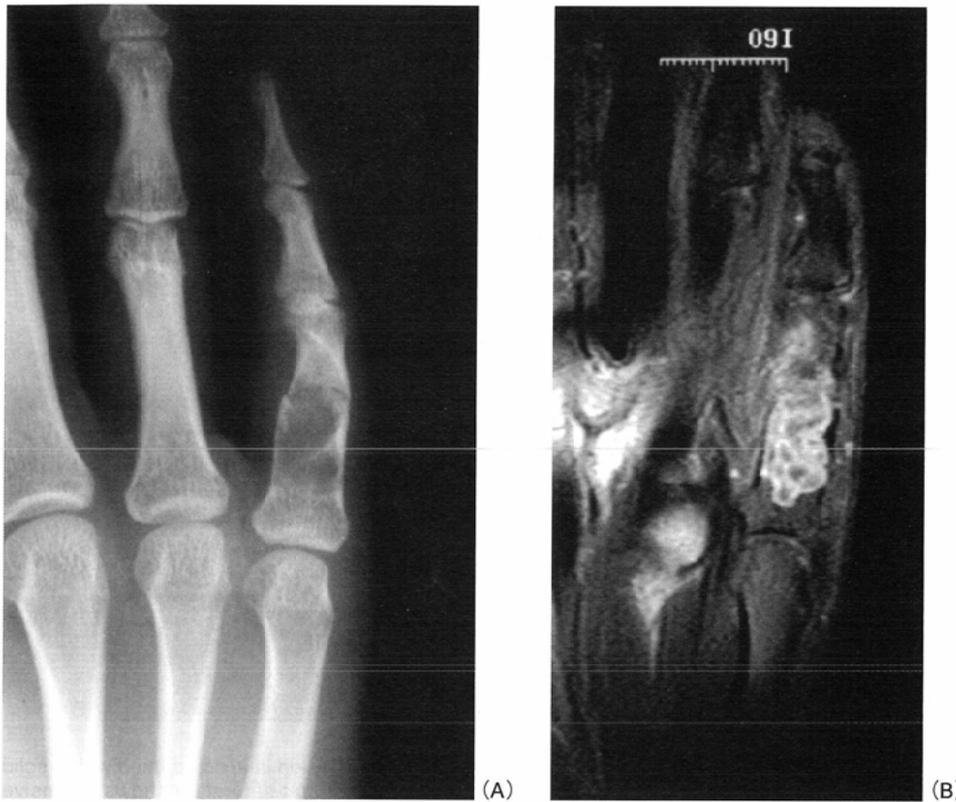


Fig. 4 Enchondroma, proximal phalanx, 19-year-old man.

A: Radiograph shows a well-defined lytic lesion with a pathologic fracture in the proximal phalanx of the right 5th finger. The lesion shows a largely lobulated contour. B: Contrast-enhanced T1-weighted image with fat saturation demonstrates the "rings-and-arcs" pattern of enhancement.

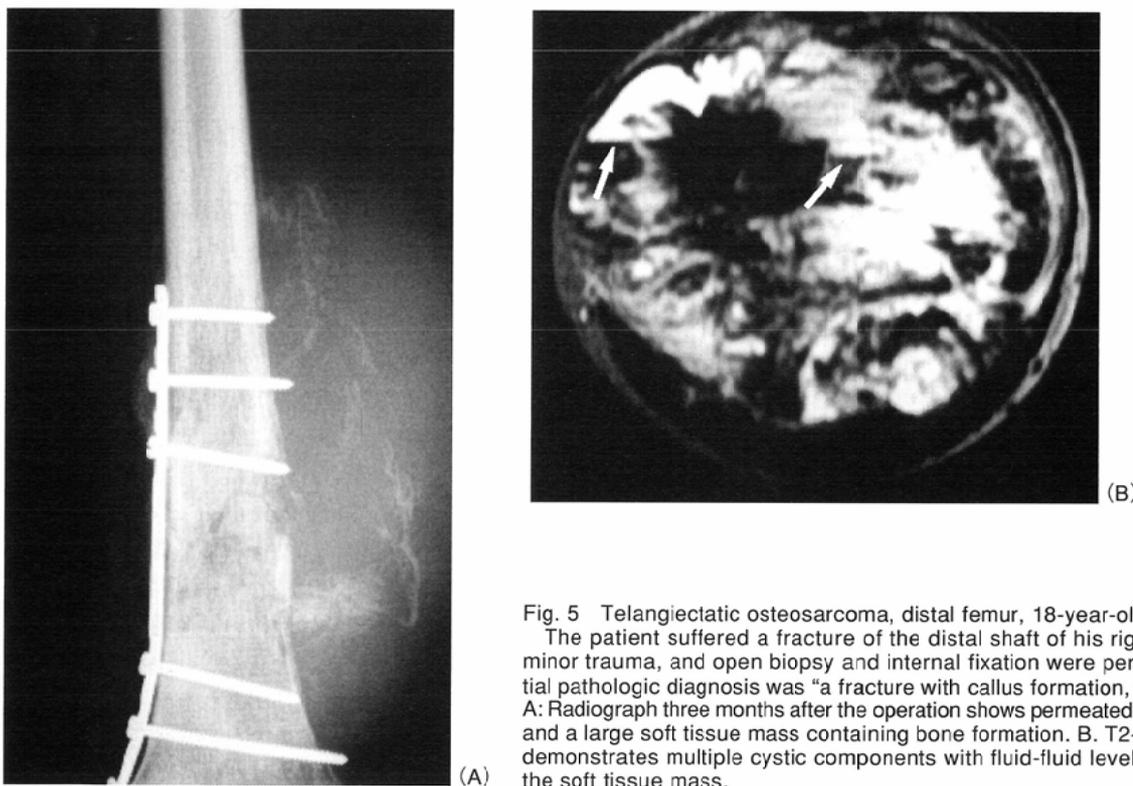


Fig. 5 Telangiectatic osteosarcoma, distal femur, 18-year-old man.

The patient suffered a fracture of the distal shaft of his right femur after a minor trauma, and open biopsy and internal fixation were performed. The initial pathologic diagnosis was "a fracture with callus formation, no malignancy".

A: Radiograph three months after the operation shows permeated bone destruction and a large soft tissue mass containing bone formation. B: T2-weighted image demonstrates multiple cystic components with fluid-fluid levels (arrows) within the soft tissue mass.

年齢に発生した場合には、MRI所見が診断に役立つ。MRIは骨腫瘍の組織球型の性質を初めて画像化したわけである。

骨内の血管腫は肝臓の血管腫と同様にT2強調像で高信号を示すことが多く、従来のX線像やCTに比較して、鑑別は非常に容易になった。T1強調像でのレース状の脂肪成分の混在も血管腫の特徴である¹⁵⁾。

その他、脂肪成分の混在が認められるのは脂肪腫や骨梗塞である。さて、常に脂肪成分が高信号を示すわけではない。コレステロールは非常に水に溶けにくく、細胞内に蓄積すると結晶化してしまい信号を出さない¹⁶⁾。一部の線維黄色腫は、コレステロール結晶を多量に蓄えた泡沫細胞を含んでおり、T1、T2強調像ともに低信号を示す(Fig. 7)。

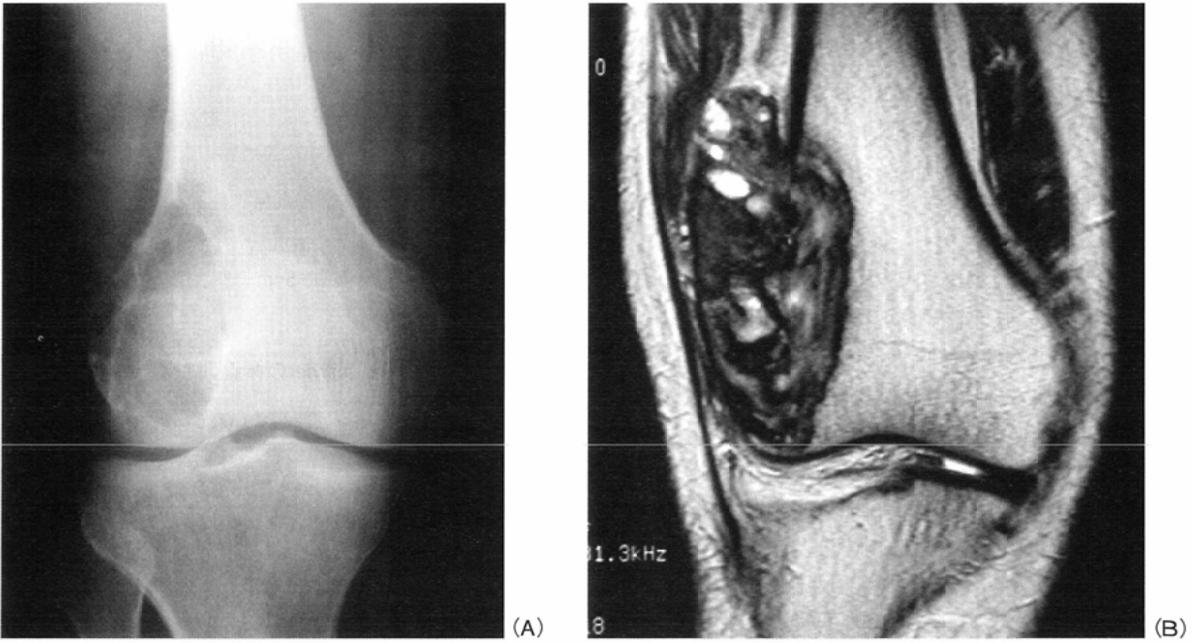
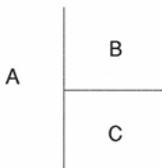


Fig. 6 Giant cell tumor, distal femur, 41-year-old man. A: Radiograph shows a lytic lesion in the distal end of the right femur. The internal margin is well defined and makes "soap bubble appearance". B: T2-weighted image demonstrates extraosseous tumor extension, but dark signal areas due to hemosiderin deposition suggest giant cell tumor.



Fig. 7 Fibroxanthoma (nonossifying fibroma), proximal fibula, 15-year-old girl. A: Radiograph shows a well-defined lytic lesion with a lobulated contour and a periosteal shell in the proximal metaphysis of the left fibula. B, C: Both T1- and T2-weighted images show low signal intensity of the lesion. Histologic specimen revealed numerous xanthoma cells without hemosiderin or dense collagen fibers.



骨腫瘍の局在診断

これは整形外科医が最も画像に頼るところである。腫瘍の進展範囲を正確に把握し、特に主要な血管や神経、また関節との関係を評価して、出来る限り患肢の機能温存が図られる。このため、軟部組織のコントラスト分解能に優れ、多方向の断層像が得られるMRIは、不可欠の検査となっている^{17),18)}。日本の整形外科医は「悪性骨腫瘍取扱い規約」¹⁹⁾に従って手術計画をたてるので、画像診断医もその主旨を理解しておく必要がある。Fig. 8は「悪性骨腫瘍取扱い規約」より引用した切除縁評価のガイドラインで、腫瘍と反応層と健常部を示したものである。まず、腫瘍内に切り込んでしまえば、再発は必須である。腫瘍周囲の反応層内で切り離す腫瘍辺縁部切除でも、60%の再発率があるとされる。反応層から5cm以内の広範切除術だと、20%の局所再発率となる。5cm以上離して切除すると局所再発率が4%以下となり、治癒的切除縁とされる。当然、外科医はこの治癒的切除縁をねらうわけである。以上は主に骨の長軸方向の評価法であるが、横方向には筋膜などの生理的なbarrierがあるので、治癒的切除縁を狭めることができる。たとえば、反応層がbarrierに達していなければ、barrierの部分で治癒的切除縁が得られる。達していてもbarrierの厚さによりこれを2cmあるいは3cmに換算することができる。

現在、MRIにより腫瘍と反応層を正確に区別することは困難である。また、上記の取扱い規約においても両者を区別することの臨床的意義は高くない。従って、MRIでは腫瘍反応層と生理的なbarrierとの関係を描出することが非常に重要である。われわれは外科医が切除範囲を決めるための十分な画像情報を提供することが大切である。骨外への浸潤を横断像(T1強調, T2強調, 脂肪抑制造影)にて詳細に検討すべきであり、縦方向の進展も矢状断や冠状断を駆使して描出すべきである。

骨腫瘍の経過観察

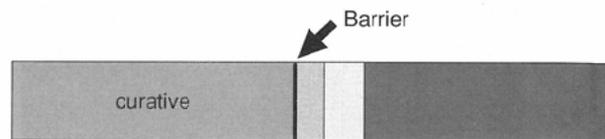
最後に悪性骨腫瘍の経過観察について述べる。一般にいわれている画像上のチェックポイントは大きさの変化、骨吸収辺縁の性状の変化、骨膜反応の変化、腫瘍内石灰化(骨化)の出現、造影剤に染まらない壊死範囲の変化などである。MRIが威力を発揮するのは、やはり軟部腫瘍の大きさと造影範囲の評価である²⁰⁾⁻²²⁾。術後部位には肉芽組織の増生があり、従来の画像法では再発腫瘍との鑑別が困難であった。この評価にはDynamic MRIの有効性が報告されている²³⁾。再発腫瘍の造影ピークは静注後2分以内にみられ、肉芽組織は静注後徐々に造影され長時間ピークに達しない。化学療法や放射線療法後の長期的な経過観察に

1. 縦方向の切除縁 (barrierのない切除縁)



2. 横方向の切除縁 (barrierのある切除縁)

a. 反応層がbarrierに達していない



b. 反応層がbarrierに達している

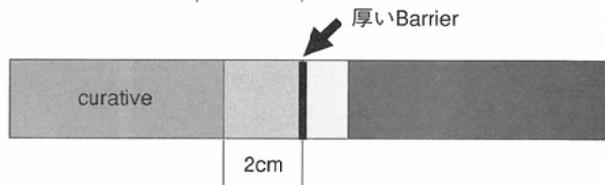
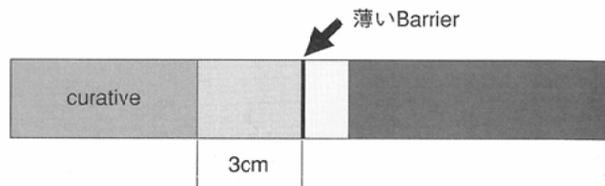


Fig. 8 Guidelines for evaluation of the surgical margin. (JOA Musculo-skeletal Tumor Committee)¹⁹⁾

において、脂肪髓の回復を観察するにもMRIが有用である (Fig. 9)。

おわりに

骨腫瘍の画像診断にMRIがどのように寄与しているかをまとめた。X線診断が主に骨基質の診断であるのに対して、MRIは軟部組織の画像診断といえる。従って、MRIが最も威力を発揮しているのは局在診断であり、存在診断や経過観察にも一定の役割をはたすようになった。MRIにより組織型の鑑別診断には幅がもたらされたが、良悪性の鑑別においては従来のX線診断に付加するものはわずかである。骨腫瘍に関しては、X線像の解釈なしにMRI診断をすることは愚かなこととなる (Fig. 3)。

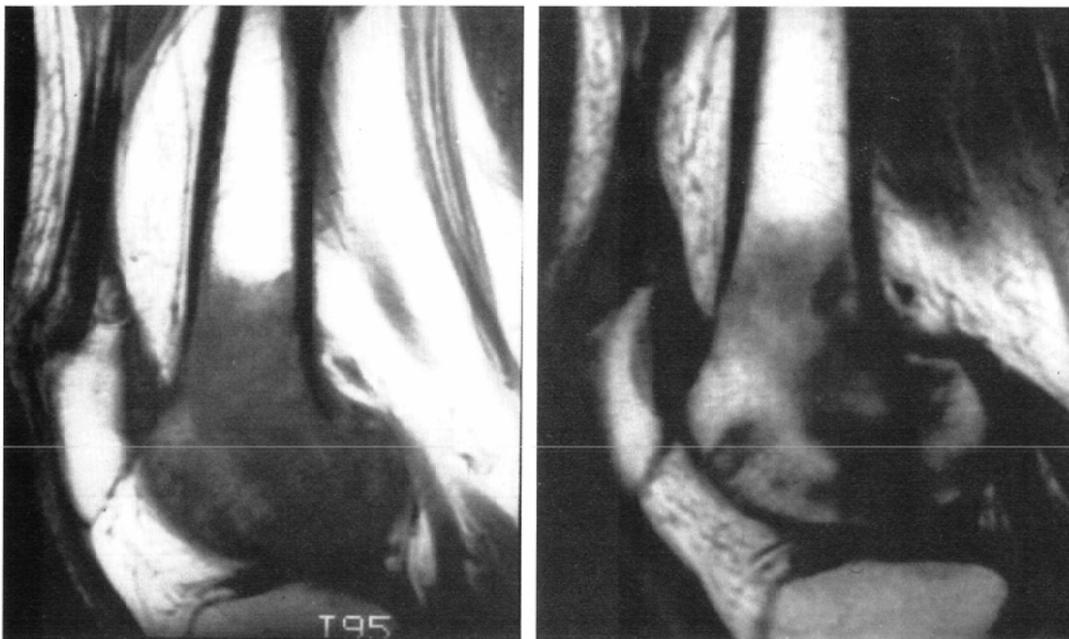


Fig. 9 Malignant lymphoma, distal femur, 60-year-old man.

A: T1-weighted image shows a large low-signal area replacing fatty marrow of the distal femur. B: T1-weighted image demonstrates recovery of fatty marrow six months after three courses of chemotherapy.

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, 1988
- 2) Kattapurum SV, Khuranna JS, Scott JA, et al: Negative scintigraphy with positive magnetic resonance imaging in bone metastases. *Skeletal Radiol* 19: 113-116, 1990
- 3) Jelinek JS, Redmond J, Perry JJ, et al: Small cell lung cancer: staging with MR imaging. *Radiology* 177: 837-842, 1990
- 4) Colletti PM, Dang HT, Deseran MW, et al: Spinal MR imaging in suspected metastases: correlation with skeletal scintigraphy. *Magn Res Imag* 9: 349-355, 1991
- 5) Petterson H, Slone RM, Spanier S, et al: Musculoskeletal tumors: T1 and T2 relaxation times. *Radiology* 167: 783-785, 1988
- 6) 内田政史: 原発性骨・軟部腫瘍のMRI. *日本医放会誌* 50: 637-648, 1990
- 7) Dalinka MK, Zlatkin MB, Chao P, et al: The use of magnetic resonance imaging in the evaluation of bone and soft-tissue tumor. *Radiol Clin North Am* 28: 461-470, 1990
- 8) Verstraete KL, De Deene Y, Roels H, et al: Benign and malignant musculoskeletal lesions: dynamic contrast-enhanced MR imaging - parametric "first-pass" images depict tissue vascularization and perfusion. *Radiology* 192: 835-843, 1994
- 9) Cohen EK, Kressel HY, Frank TS, et al: Hyaline cartilage-origin bone and soft-tissue neoplasms: MR appearance and histologic correlation. *Radiology* 167: 477-481, 1988
- 10) Geirnaerd MJ, Bloem JL, Eulderink F, et al: Cartilaginous tumor: correlation of gadolinium-enhanced MR imaging and histopathologic findings. *Radiology* 186: 813-817, 1993
- 11) Seo GS, Aoki J, Karakida O, et al: Role of magnetization transfer imaging in bone tumors. *Acad Radiol* 5: 634-641, 1998
- 12) Tsai JC, Dalinka MK, Fallon M, et al: The ubiquitous fluid-fluid level: a nonspecific finding in tumors of bone and soft tissue. *Radiology* 175: 779-782, 1990
- 13) Kransdorf MJ, Utz JA, Gilkey FW, et al: MR appearance of fibroxanthoma. *J Comput Assist Tomogr* 12: 612-615, 1988
- 14) Aoki J, Tanikawa H, Ishii K, et al: MR findings indicative of hemosiderin in giant-cell tumor of bone: frequency, causes, and diagnostic significance. *AJR* 166: 145-148, 1996
- 15) Laredo J-D, Assouline E, Gerbert F, et al: Vertebral hemangioma: fat content as a sign of aggressiveness. *Radiology* 177: 467-472, 1990
- 16) Liem MS, Leuven JA, Bloem JL, et al: Magnetic resonance imaging of Achilles tendon xanthomas in familial hypercholesterolemia. *Skeletal Radiol* 21: 453-457, 1992
- 17) Bloem JL, Taminiau AHM, Eulderink F, et al: Radiologic staging of primary bone sarcoma: MR imaging, scintigraphy, angiography, and CT correlated with pathologic examination. *Radiology* 169: 805-810, 1988
- 18) Gillespy T, Manfrini M, Ruggieri P, et al: Staging of intraosseous extent of osteosarcoma: correlation of preoperative CT and MR imaging with pathologic macroslides. *Radiology* 167: 765-767, 1988
- 19) 日本整形外科学会骨・軟部腫瘍委員会編: 悪性骨腫瘍取扱い規約. 第2版, 金原出版, 1990
- 20) Sanchez RB, Quinn SF, Walling A, et al: Musculoskeletal neoplasms after intraarterial chemotherapy: correlation of MR images with pathologic specimens. *Radiology* 174: 237-340, 1990
- 21) Pan G, Raymond AK, Carrasco CH, et al: Osteosarcoma: MR imaging after preoperative chemotherapy. *Radiology* 174: 517-526, 1990
- 22) 福田国彦, 入江健夫, 畑 雄一, 他: MRIによる骨肉腫の術前化学療法の効果判定. *日磁医誌* 11: 364-371, 1991
- 23) Vanel D, Verstraete KL, Shapeero LG: Primary tumors of the musculoskeletal system. *Radiol Clin North Am* 35: 213-237, 1997