

척추 전이암에서 확산강조 자기공명 영상을 이용한 치료반응의 평가

영남대학교 의과대학 방사선종양학교실
이장진 · 신세원

Evaluation of Treatment Response Using Diffusion-Weighted MRI in Metastatic Spines

Jang Jin Lee, Sei One Shin

*Department of Therapeutic Radiology and Oncology
College of Medicine, Yeungnam University, Daegu, Korea*

- Abstract -

Background: The purpose of this study was to evaluate the usefulness of diffusion-weighted magnetic resonance imaging for monitoring the response to radiation therapy in metastatic bone marrow of the spines.

Materials and Methods: Twenty-one patients with metastatic bone marrow of the spines were examined with MRI. Diffusion-weighted and spin-echo MRI were performed in 10 patients before and after radiation therapy with or without systemic chemotherapy, and performed in 11 patients after radiation therapy alone.

Follow up spin-echo and diffusion-weighted MRI were obtained at 1 to 6 months after radiation therapy according to patients' condition. The diffusion-weighted imaging sequence was based on reversed fast imaging with steady-state precession (PSIF). Signal intensity changes of the metastatic bone marrows before and after radiation therapy on conventional spin-echo sequence MRI and diffusion-weighted MRI were evaluated.

Bone marrow contrast ratios and signal-to-noise ratios before and after radiation

therapy of diffusion-weighted MRI were analyzed.

Results: All metastatic bone marrow of the spinal bodies were hyperintense to normal bone marrow of the spinal bodies on pretreatment diffusion-weighted MRI and positive bone marrow contrast ratios($p < 0.001$), and hypointense to normal spinal bodies on posttreatment diffusion-weighted MRI and negative bone marrow contrast ratios($p < 0.001$). The signal to noise ratios after treatment decreased comparing with those of pretreatment. Decreased signal intensity of the metastatic bone marrows on diffusion-weighted MRI began to be observed at average more than one month after the initiation of the radiation therapy.

Conclusion: These results suggest that diffusion-weighted MRI would be an excellent method for monitoring the response to therapy of metastatic bone marrow of the spinal bodies, however, must be investigated in a larger series of patients with longer follow up period.

Key Words: Metastatic spines, Treatment response, Diffusion-weighted MRI

서 론

척추는 중추신경계의 일부분인 척수를 보호하는 골격계로서, 각종 운동신경과 감각신경을 전달하는 통로로 중요하다. 전이성 악성종양이 척추 부위를 침범하는 경우에 적절한 시기에 치료를 시행하지 않으면 중대한 신경학적인 문제를 유발하게 되므로 신속 정확한 치료가 필요하다(Harrington, 1981).

이러한 환자들은 초기에 신경마비, 감각 이상이나 감각 저하, 침범된 부위의 통증, 소·대변기능의 마비 같은 임상증상은 양성질환에서도 흔히 동반될 수 있기 때문에 임상적으로 악성종양의 전이에 의한 증상으로 진단하기에 어려운 경우도 많다.

전체 악성 종양 환자의 30~70%에서는 골에 혈행성 전이를 일으키고 (Malawar와 Delaney, 1993), 대부분의 고형 종양은 척추를 흔히 침범

하기 때문에 악성종양 환자에서 전술한 증상을 호소하는 경우에 전이성 종양에 의한 병변으로 생각하여 치료를 시행하는 경우가 흔하지만, 고령환자, 골다공증을 초래할 수 있는 전신 질환을 가지고 있는 환자에서는 척추 부위에 급성 압박골절이 흔히 발생하므로 정확한 원인을 확인하는 것이 매우 중요하다.

임상적으로 척추에 혈행성 전이가 의심되는 경우에는 치료 방침 결정에 병리 조직학적 진단이 매우 중요하지만 때로는 의학적으로 조직 생검이 불가능하거나 환자나 보호자가 조직 생검을 거부하는 경우가 종종 발생한다. 이런 경우 종래에는 단순 X-선 촬영, 방사성 동위원소 골주사, 전산화 단층촬영, 스핀 에코(spin-echo) 자기공명 영상 등을 이용하여 진단을 시도하지만 진단이 애매 모호한 경우도 발생하기 때문에 새로운 진단방법이 필요하게 되었다. 또한 방사선치료 후 치료에 대한 반응을 객관적으로 평가

할 수 없는 경우가 흔히 발생하여 골 전이암 환자의 진료에 어려움이 많았다.

최근에 개발된 확산 강조 자기공명 영상진단은 생체 안의 물의 이동성(mobility)과 세포성(cellularity)을 정확히 평가할 수 있어서 매우 유용한 진단방법으로 다양하게 이용되고 있으나(Yuh 등, 1989; Moseley 등, 1990; Schaefer 등, 1997; Sugahara 등, 1999), 악성 종양의 골 전이 여부를 확인하거나 골수의 병리현상을 평가하기 위해 사용된 예는 흔하지 않다(노병학 등, 2000).

본 연구는 척추에 혈행성 전이가 의심되는 21명의 환자에서 방사선치료 전·후에 확산강조 자기공명 영상진단을 시행하여 치료에 의한 척추 골수의 반응정도를 객관적으로 평가하여 향후 이용 여부에 대한 기초 자료를 얻기 위하여 시행되었다.

대상 및 방법

본 연구는 1999년 1월 1일부터 동년 9월 30일까지 영남대학교 의과대학 부속병원에서 악성 종양으로 확진된 환자 중에서 척추에 혈행성 전이암으로 방사선치료를 받은 21명(남자 16명, 여자 5명)을 대상으로 하였다.

환자들의 연령분포는 33세에서 77세(평균 49세)였으며, 원발병소는 유방암이 16명으로 가장 많았고, 위암이 3명, 신장암이 2명이었다.

척추에 대한 방사선치료를 시행하기 이전에 단순 x-선 촬영, 방사성 동위원소 골 주사, 전산화 단층 촬영, 스핀 에코 자기공명 영상 등에서 혈행성 전이가 의심되는 부위에 대한 병리 조직학적 진단을 최대한 시도하였다.

전산화 단층촬영 유도아래 세침 흡인생검

(CT-guided fine needle aspiration biopsy)으로 골 용해 부위를 확진한 경우가 10명이었으며, 해부학적인 위치로 인하여 병리 조직학적인 확진이 불가능하였던 환자들은 원발 종양(primary tumor)이 있으면서 척추주위 연부조직 종괴(paraspinal soft tissue mass)소견, 골 파괴(bone destruction)나 골 용해(osteolysis)소견, 척추 후부(posterior compartment) 침범소견 등의 전이암에 합당한 방사선학적 소견을 근거로 진단된 경우가 11명이었다.

본 연구에 사용된 자기공명 영상진단 기종은 1.5-T 자기공명 영상진단장치(Magnetom Vision, Siemens, Erlangen, Germany)였으며, 방사선치료 전과 방사선치료 후 각각 1개월에서 6개월 사이에 스핀 에코(spin-echo) 영상과 확산 강조 자기공명 영상을 촬영하였다.

스핀 에코 영상은 축면(axial plane)과 시상면(sagittal plane) T1-강조 영상과 (583/12 [repetition time msec/echo time msec])과 티보-T2-강조 영상(3800/128)을 촬영하였으며, 확산강조 영상은 reversed fast imaging with steady-state precession (PSIF)을 기초로 하였다.

PSIF 신호의 에코부분은 TR 21.6 msec로 하였고, 확산경사 펄스의 길이를 5 msec로 하였다. 확산경사 길이는 24 mT/m이었으며, b 값이 비교적 낮은 165 sec/m²이었다.

정확한 판독을 위하여 신경계 방사선과학을 전공한 2명의 진단방사선과 전문의에게 판독을 의뢰하여 방사선치료 전·후의 신호 강도, 대조비, 신호대 잡음비를 평가하였으며, 통계학적인 검증은 paired t-test를 이용하여 p-값이 0.01 미만이면 통계학적으로 의의가 있다고 판정하였고, 골수의 대조비는 ((SIA-SIN)/ SIN)로 정의하였다.

성 적

21명의 환자 중에서 방사선치료 전·후에 자기공명 영상 촬영을 시행한 환자는 10명이었고, 방사선치료 후에만 자기공명 영상 촬영을 시행한 환자는 11명이었다.

대상 환자들은 방사선치료 전에 시행한 방사성 동위원소 골 주사 소견에서 hot uptake를 보이거나, T1-강조 자기공명 영상에서 정상 골수의 신호 강도와 비교하여 저 신호 강도를 보였으며(그림 1), T2-강조 자기공명 영상에서는 저 신호 강도(그림 2)나 고 신호 강도를 보였다.

임상적으로 전이가 의심되는 10명의 환자에서 방사선치료 전에 확산 강조 자기공명 영상을 촬영한 결과 전이가 의심되는 척추 골수 부위는 정상 골수조직의 신호 강도와 비교하여 고 신호 강도를 보였다(그림 3).

방사선치료를 시행한 대부분의 환자에서 치료 부위의 통증이 감소되거나 소실되었으며, 방사선치료 후 1개월에 5명, 2개월에 8명, 3개월에 7명, 6개월에 3명에서 스핀 에코 자기공명 영상

과 확산 강조 자기공명 영상을 시행하였다.

이 환자들에서 방사선치료 후 1개월에 촬영한 T1-강조 자기공명 영상에서는 저 신호 강도를 보여 특별한 변화를 확인할 수 없었으며(그림 4), T2-강조 자기공명 영상에서는 저 신호 강도나 고 신호 강도를 보여(그림 5) 특별한 변화를 확인할 수 없었다.

그러나 방사선치료 후 1개월에 촬영한 확산 강조 자기공명 영상에서는 전이된 골수는 정상 골수조직의 신호 강도와 비교하여 저 신호 강도를 보였으며(그림 6), 시간이 경과함에 따라 저 신호 강도가 현저하였다.

전체 21명의 환자 중에서 방사선치료 전·후 확산 강조 자기공명 영상을 촬영한 10명의 환자들을 대상으로 한 골수의 대조비는 방사선치료 전 평균이 0.94이었으나, 방사선치료 후 1개월 이상 경과한 상태에서 -0.48로 많이 변화되었다($p < 0.001$) (표 1). 또한 방사선치료 후 1개월 이상 경과한 경우에 신호대 잡음비도 치료 전 7.06에서 치료 후 3.99로 많이 감소하였으나 유의하지는 않았다($p < 0.05$) (표 1).



Fig. 1. T1-weighted (583/12) image before radiation therapy show focal hypointense lesion (arrow) in right posterior body of twelfth thoracic spine.



Fig. 2. T2-weighted (3800/128) image before radiation therapy show focal hypointense metastatic lesion (arrow) in right posterior vertebral body of twelfth thoracic spine.



Fig. 3. Diffusion-weighted MR image (repetition time 21.6 msec. diffusion pulse length 2 msec) before radiation therapy reveals hyperintense (arrow) to normal bone marrow in right posterior vertebral body of twelfth thoracic spine.



Fig. 4. Follow up T1-weighted MRI shows persistent hypointense (double arrows) to normal bone marrow at 2 months after radiation therapy.



Fig. 5. Follow up T2-weighted MRI reveals hyperintense (double arrows) at 2 months after radiation therapy.



Fig. 6. Follow up diffusion-weighted MRI shows hypointense (arrow) to normal bone marrow at 2 months after radiation therapy.

Table 1. Bone marrow contrast ratios and S/N of metastatic spines at before and after treatment diffusion-weighted imaging in 10 patients

	Before therapy	After therapy
Contrast ratios*	0.94±0.40	-0.48±0.13
S/N ⁺	7.06±1.55	3.99±0.84

Data are given as the mean±standard deviation.

* p < 0.001 +S/N: signal to noise ratios

고 찰

악성종양의 골 전이에 의한 병적 골절은 골다공증 다음으로 매우 흔하고(Galasko, 1981; Clifford Chao 등, 1999), 방사선종양학과 치료업무의 15%에서 20%를 차지하고 있다(Bomford 등, 1993).

골에 혈행성 전이를 일으킨 환자의 약 70%에서는 침범된 부위의 통증과 운동 장애 같은 신경학적 증상을 보이는데(Body, 1992), 초기에 나타나는 증상이나 소견이 비특이적이어서 치료의 시기를 놓치는 경우에는 환자의 예후에 나쁜 영향을 끼친다.

골에 악성종양의 전이가 일어나면 전반적으로 예후가 매우 불량하여 원발 부위에 따라 평균 생존기간이 폐암은 3.6개월, 유방암은 22.6개월, 전립선 암은 29.3개월로 생존기간의 차이가 많아서 환자의 상태에 따른 적절한 치료가 필요하다(Harrington, 1981).

척추 전이암에서 치료의 주된 목적은 통증의 경감, 병적 골절의 예방을 통한 삶의 질을 개선시키는 것이므로 신속·정확한 치료와 치료 후 반응을 정확히 평가하는 것은 환자의 예후를 결정하는 데 매우 중요하다(Young 등, 1980).

일반적으로 치료 방침을 결정하는 데는 임상적인 특징이 중요하다. 즉 항암제 치료에 비교적 잘 반응하는 종양인 소세포성 폐암, 악성 림프종, 유방암 환자에서 병적 골절이나 척수나 신경을 압박하는 소견이 없는 경우에는 항암제를 먼저 투여하지만, 원발 부위를 확인할 수 없거나 항암제를 치료하는 도중에 전이가 발생한 경우에는 증상의 개선과 골격의 유지를 위해 방사선치료를 시행한다.

대개 척추 부위에 원격전이 의심되는 경우

에는 임상적 소견이나 특이한 방사선학적 소견에 기초하여 치료 여부를 결정하게 되는데, 원발 부위를 모르는 경우나 병리 조직학적 검사 결과가 없는 경우에는 치료 방침 결정에 많은 어려움이 있다.

통상 신경학적인 소견과 단순 X-선 촬영, 방사성 동위원소 골 주사, 전산화 단층 촬영, 스핀 에코 자기공명 영상 등을 참고하여 치료를 시작하지만(Yuh 등, 1989; An 등, 1995), 치료 후 반응에 대한 평가는 환자 통증의 변화에 기초한 마약성 및 비 마약성 진통제 투여량의 감소 같은 임상증상의 호전정도 등으로 평가하므로 객관적으로 정확한 평가를 하는 것은 거의 불가능하다.

방사선치료 전·후의 객관적인 평가를 위해 방사성 동위원소 골 주사를 연속적으로 시행하여 비교하지만(Rossleigh 등, 1982), 이 방법은 골 대사의 활성도만을 나타내므로 골 자체의 구조적인 통합성(integrity)은 정확히 평가할 수는 없다.

또한 방사성 동위원소 골 주사를 이용하는 경우에는 골 침착 반응으로 나타날 수 있는 flare 현상으로 판단에 주의를 요한다(Stokkel 등, 1993; Janicek 등, 1994). Vogel 등(1995)은 골 전이를 일으킨 유방암 환자에서 치료에 대한 초기 반응으로 나오는 flare 현상을 병의 진행으로 잘못 판단하여 치료를 중단해서는 안되며, 특히 척추 전이암에서는 매우 중대한 장애를 초래할 수 있다고 하였다.

시기적으로 골 전이암에서 나타나는 flare 현상은 통상 치료 시작 후 3개월에서 6개월까지 나타날 수 있으므로 치료 후 반응을 평가하는 데 주의가 필요하다(Levenson 등, 1983; Pollne 등, 1984; Coleman과 Rubens, 1987; Fogelman

과 Maisey, 1988).

방사선치료 완료 후 설령 생물학적으로 종양이 억제되었다해도 골격 자체의 기계적인 회복을 의미하지는 않기 때문에 다른 진단방법이 추가로 필요하다. 경제적인 측면만을 생각하면 단순 X-선 촬영이 가장 좋은 방법이지만 치료 완료 후 6개월 이상 경과해야 비교적 정확한 치료 결과를 확인할 수 있어서 즉각적인 추가 치료가 필요한 환자에서는 이용할 수가 없다(Coleman 과 Rubens 1987).

최근에 도입된 자기공명 영상진단에서 뇌의 영상 진단에 많이 이용되어 온 항정상태 자유세차(steady state free precession, SSFP), turbo-sequences와 에코 평면 영상(echo planar imaging, EPI) 등이 있는데, 후자로 척추 부위를 촬영하면 감수성 인공음영(susceptibility artifacts)이 발생하여 정확한 진단이 불가능하다.

본 연구에 이용된 확산 강조 자기공명 영상의 원리는 체내에서 물의 이동성을 파악할 수 있어서 생체의 병리현상에 대한 기능적인 영상진단이 가능하다고 알려져 있는데, Moseley 등(1990)은 동물 실험에서 뇌의 국소적인 허혈(ischemia)을 확인하는 데 이용하였으며, Sugahara 등(1999)은 신경교종(glioma)에서 종양내의 세포성(cellularity)을 정확히 평가하는 데 이용하였고, Schaefer 등(1997)은 자간(eclamsia) 환자에서 부종의 원인을 정확히 감별 하는 데 사용하였다.

척추의 압박골절과 관련된 연구로는 Baur 등(1998)이 항정상태 자유세차 자기공명 영상진단을 이용하여 척추 골수 조직을 촬영한 결과 악성종양의 전이와 양성질환에 의한 압박

골절을 쉽게 구별할 수 있었다고 보고하였다.

이와 연관된 Baur 등(1998)의 설명은 조밀하게

충전된 종양조직 안의 세포 외부의 부피가 감소됨에 따라 확산계수가 현저히 감소하여 고 신호 강도가 된다고 하였으며, Le Bihan 등(1986, 1988)은 복셀내 비결집 운동(intravoxel incoherent motion)영상으로 분자의 운동을 측정하여 조직에 따른 특성을 구분할 수 있었다고 보고하였다.

본 연구에서 방사선치료 전에 스핀 에코 자기공명 영상을 시행한 결과 대부분의 골수조직이 T1-강조영상에서는 저 신호 강도를 보였으며, T2-강조영상에서는 고 신호 강도를 보이거나 저 신호 강도를 보였다.

방사선치료 후 시행한 T1-강조 자기공명 영상에서는 치료전과 비교하여 신호 강도의 차이가 없었고, T2-강조 자기공명 영상에서는 저 신호 강도나 고 신호 강도를 보여 치료에 대한 반응을 확인하는 데는 부적당하다고 생각되었다.

본 연구의 대상 환자 모두에서 방사선치료 후 1개월에서 6개월 사이에 촬영한 확산 강조 자기공명 영상에서 저 신호 강도를 보여 치료 전과 비교하여 현저한 차이가 있었으므로 척추 전이암의 치료 결과를 평가하는데 좋은 진단 효율을 보였지만, 척추 전이암 환자에서 기본적인 진단 방법으로 사용되기 위해서는 더 많은 환자를 대상으로 치료 전·후 전이 부위에 대한 병리조직학적인 확진을 병행한 전향적인 연구가 필요하다고 생각되었다.

요 약

본 연구는 골 전이암에 대한 치료에 통상적으로 이용되는 방사선치료 후 치료반응을 객관적으로 평가하는 데 필요한 새로운 영상진단 방법의 적용 가능성을 확인하기 위하여 시행되었다. 척추에 혈행성 전이를 일으킨 21명의 환자를 대

상으로, 방사선치료 전·후에 확산 강조 자기공명 영상을 시행한 10명의 환자에서 방사선치료 전·후에 골수 조직의 신호 강도의 변화가 현저하였으므로 기존의 진단방법인 단순 X-선 촬영, 방사성 동위원소 골 주사, 전산화 단층 촬영 및 스핀 에코 자기공명 영상진단을 보완할 수 있다는 가능성을 확인하였다. 그렇지만 대상 환자의 숫자가 적고 추적기간이 짧기 때문에 이 촬영방법이 척추에 혈행성 골 전이가 의심되는 환자에서 기본적인 검사방법으로 자리잡기 위해서는 더 많은 환자를 대상으로 가능한 병리조직학적 검사를 병행하여 장기간에 걸친 전향적인 검토가 필요하다고 생각되었다.

참 고 문 헌

- 노병학, 변우목, 박원규, 안상호, 장용민, 조길호, 이재교 등: 척추 골수의 확산강조 자기공명영상: 전이성 압박골절, 양성 압박골절 및 척추염의 감별진단. 대한방사선의학회지 43(3): 349-355, 2000.
- An HS, Andreshak TG, Nguyen C, William A, Daniels D: Can we distinguish between benign versus malignant fractures of the spine by magnetic resonance imaging? Spine 13: 424-426, 1995.
- Baur A, Stabler A, Bruning R, Bartl R, Krodel A, Reiser M, Deimling M: Diffusion-weighted MR imaging of bone marrow: differentiation of benign versus pathologic compression fractures. Radiology 207: 349-356, 1998.
- Body JJ: Metastatic bone disease: clinical and therapeutic aspects. Bone 13: 557-562, 1992.
- Bomford CK, Kunkler IH, Sherriff SB: Walter and Miller's Textbook of radiotherapy: radiation physics, therapy and oncology. 5th ed, Churchill Livingstone, Singapore, 1993, p 511.
- Clifford Chao KS, Perez CA, Brady LW: Radiation Oncology: management decisions. Lippincott-Raven, Philadelphia, 1999, p 686.
- Coleman RE, Rubens RD: The clinical course of bone metastases. Br J Cancer 55: 61-66, 1987.
- Fogelman I, Maisey M: Investigation of malignancy. In Martin D: An atlas of clinical nuclear medicine. London, Mosby, 1988, p 42-72.
- Galasko CSB: The anatomy and pathways of skeletal metastases. In Weiss L and Gilbert AH: Bone Metastasis. Boston, GK Hall, 1981, p 49.
- Harrington KD: The management of acetabular insufficiency secondary to metastatic malignant disease. J Bone Joint Surg Am 63: 653-664, 1981.
- Janicek MJ, Hayes DF, Kaplan WD: Healing flare in skeletal metastases from breast cancer. Radiology 192: 201-204, 1994.
- Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, Aubin ML, Vignaud J, Laval-Jeantet M: Separation of diffusion and perfusion in intravoxel incoherent motion MR imaging. Radiology 168: 497-505, 1988.

- Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, Grenier P, Cabanis E, Laval-Jeantet M: MR imaging of intravoxel incoherent motions: application to diffusion and perfusion in neurologic disorders. *Radiology* 161: 401-407, 1986.
- Levenson RM, Sauerbrunn BJ, Bates HR, Newman RD, Eddy JL, Ihde DC: Comparative value of bone scintigraphy and radiography in monitoring tumor response in systemically treated prostatic carcinoma. *Radiology* 146(2): 513-518, 1983.
- Malawer MM, Delaney TF: Treatment of metastatic cancer to bone. *In* DeVita VT Jr., Hellman S, Rosenberg SA: *Cancer: principle and practice of oncology*. 4th ed, JB Lippincott, Philadelphia, 1993, p 2225.
- Moseley ME, Cohen Y, Mintorovitch J, Chileuitt L, Shimizu H, Kucharczyk J, Wendland MF, et al.: Early detection of regional cerebral ischemia in cats: comparison of diffusion- and T2-weighted MRI and spectroscopy. *Magn Reson Med* 14(2): 330-346, 1990.
- Pollne JJ, Witztum KF, Ashburn WL: The flare phenomenon of radionuclide bone scan in metastatic prostate cancer. *Am J Radiol* 142: 773, 1984.
- Rossleigh MA, Lovegrove FT, Reynolds PM, Byrne MJ: Serial bone scans in the assessment of response to therapy in advanced breast carcinoma. *Clin Nucl Med* 7: 397-402, 1982.
- Schaefer PW, Buonanno FS, Gonzalez RG, Schwamm LH: Diffusion-weighted imaging discriminates between cytotoxic and vasogenic edema in a patient with eclampsia. *Stroke* 28(5): 1082-1085, 1997.
- Stokkel MP, Valdes Olmos RA, Hoefnagel CA, Richel DJ: Tumor and therapy associated abnormal changes on bone scintigraphy. Old and new phenomena. *Clin Nucl Med* 18: 821-828, 1993.
- Sugahara T, Korogi Y, Kochi M, Ikushima I, Shigematu Y, Hirai T, Okuda T, et al.: Usefulness of diffusion-weighted MRI with echo-planar technique in the evaluation of cellularity in gliomas. *J Magn Reson Imaging* 9(1): 53-60, 1999.
- Vogel CL, Schoenfelder J, Shemano I, Hayes DF, Gams RA: Worsening bone scan in the evaluation of antitumor response during hormonal therapy of breast cancer. *J Clin Oncol* 13: 1123-1128, 1995.
- Young RF, Post EM, King GA: Treatment of spinal epidural metastases. Randomized prospective comparison of laminectomy and radiotherapy. *J Neurosurgery* 53: 741, 1980.
- Yuh WTC, Zachar CK, Barloon TJ, Sato Y, Sickels WJ, Hawes DR: Vertebral compression fractures: distinction between benign and malignant causes with MR imaging. *Radiology* 172: 215-218, 1989.