

Akut vertebral fraktürlerin malign ve benign ayırımında difüzyon ağırlıklı MRG'nin yeri

Recep Abanoz, Bahattin Hakyemez, Müfit Parlak

AMAÇ

Malign ve benign nedenli akut vertebral çökme fraktürlerinin ayırımında difüzyon-ağırlıklı "steady state free precession" (SSFP) görüntülemenin etkinliğini araştırmak.

GEREÇ VE YÖNTEM

Osteoporotik (n=23), malign (n=30), travmatik (n=7) ve enfeksiyöz (n=3) nedenli toplam 63 adet vertebral fraktürü olan 49 olguya; difüzyon-ağırlıklı SSFP sekansı (difüzyon gradyent gücü: 23 mT/m, sekansın difüzyon puls uzunluğu: 5 msn), T1 ağırlıklı turbo spin eko (TSE) ve T2 ağırlıklı "turbo-short inversion time inversion recovery" sekansı (STIR) (TI=150 msn) çalışıldı. Tüm sekansların sinyal intensitelerine göre kalitatif ve kantitatif analizleri yapıldı. İstatistiksel analizler studentt testine göre düzenlendi.

BULGULAR

Benign osteoporotik ve travmatik fraktürler, difüzyon-ağırlıklı MRG'de komşu normal vertebralara göre hipo-izointensti. Patolojik ve enfeksiyöz nedenli çökme fraktürleri normal vertebralara göre hiperintens gözlemlendi. Difüzyon-ağırlıklı görüntülerde patolojik vertebral fraktürlere ait kemik iliği kontrast oranı pozitif iken, enfeksiyöz nedenli olmayan benign vertebral çökmelerin kemik iliği kontrast oranı negatif değerde saptandı ($p < 0.001$). T1 ağırlıklı TSE ve STIR görüntülemesinde benign ve patolojik kompresyon fraktürlerinin kemik iliği kontrast oranlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p > 0.01$).

SONUÇ

Difüzyon ağırlıklı SSFP sekansı tanısal açıdan akut benign ve malign nedenli vertebral fraktürlerin ayırt edilebilmesinde önemli bilgiler sağlar. Benign nedenli akut osteoporotik veya travmatik fraktürler difüzyon ağırlıklı görüntülerde serbest su proton hareketinin artmasına bağlı olarak hipo-izointenstir. Malign nedenli çökme fraktürleri kemik iliği infiltrasyonu nedeniyle, difüzyon ağırlıklı görüntülerde serbest su proton hareketinin azalmasına bağlı olarak hiperintens görünümündedir.

Vertebra çökme fraktürlerinde benign ve malign ayırımının yapılması tedavi planı ve prognostik değerlendirmeyi önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle ani sırt ağrısı ile birlikte nörolojik bulguları olan osteoporotik ve primer maligniteli olgularda ayırıcı tanı yapılmalıdır. Konvansiyonel röntgen, bilgisayarlı tomografi (BT) ve sintigrafi gibi temel tanı yöntemleri ile malign ve benign ayırımı tam olarak yapılamamaktadır. Konvansiyonel MRG sekansları, benign ya da malign nedenli akut vertebral çökmelerde benzer sinyal özelliği gösterdiğinden ayırımı güvenilirliği düşüktür (1). Son birkaç yıl içinde MRG teknolojisinde ilerleme ve yeni sekanslarının geliştirilmesi ile vertebranın kompresyon fraktürlerinde benign ve malign ayırımında önemli ilerlemeler elde edilmiştir.

Difüzyon ağırlıklı MRG sekans teknikleri ile sıvı moleküllerinin dokuda içindeki hareketleri görüntülenebilmektedir. Difüzyon ağırlıklı görüntü (DAG), güçlü manyetik alan gradyentlerinin hızla çalıştırılması ve aynı anda su moleküllerindeki protonların dağınık hareketlerinin birbirini etkilemeleri ile oluşan sinyal kaybının saptanması ile elde edilir. Akut serebral inme ile başlayan klinik kullanım alanı oldukça genişlemiştir. Ancak malign ve benign nedenli vertebral çökmelere yönelik difüzyon MRG çalışmaları sınırlı sayıdadır (1,2).

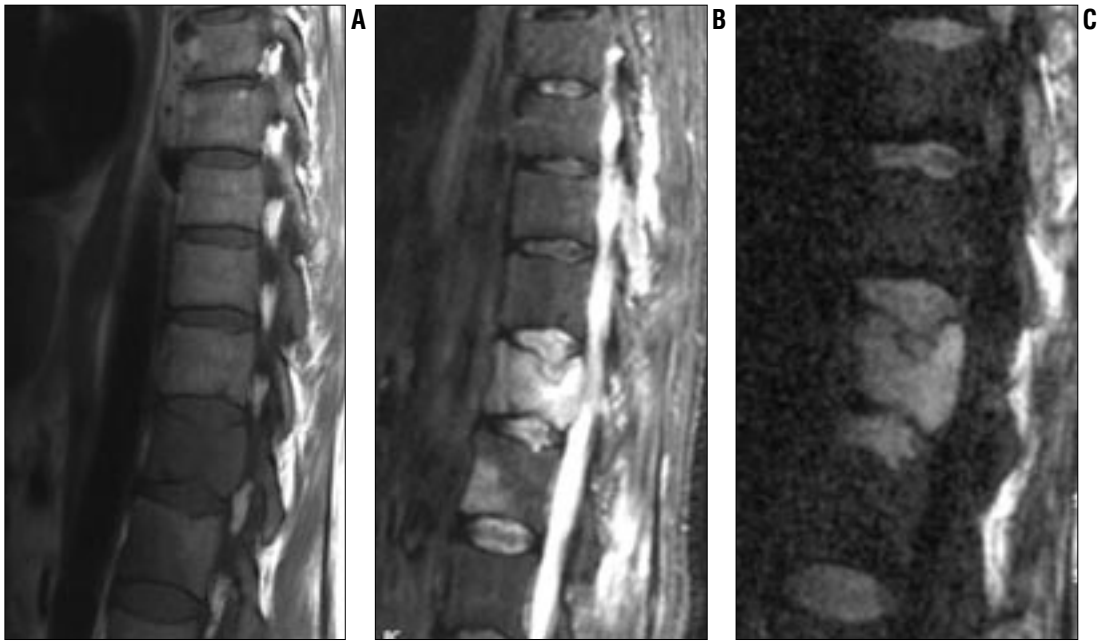
Çalışmamızda difüzyon ağırlıklı MRG ile benign ve malign nedenli akut vertebral çökme fraktürlerinin ayırımı yapılarak yöntemin duyarlılığı araştırıldı.

Gereç ve yöntem

Çalışma 63 akut vertebral çökme fraktürlü 49 olguda gerçekleştirildi. Olguların 22'si erkek, 27'si kadın olup, yaşları 28-81 arasında değişmekteydi (yaş ortalaması 62). Malign çökme fraktürlü olguların yaş ortalaması 59 olup; 14'ü torakal, 9'u lomber ve 7'si servikalde toplam 30 adet idi. Benign çökme fraktürlü olguların; 23'ü osteoporotik, 7'si travmatik ve 3'ü enfeksiyöz olmak üzere toplam 33 adet idi. Yaş ortalaması; osteoporotiklerde 62, enfeksiyözlerde 56 ve travmatiklerde 59 idi. Travmatik olguların anamnezlerinde; 4'ünde yüksekten düşme, 2'sinde trafik kazası ve birinde osteoporoz zemininde gelişen minör travma vardı. Enfeksiyöz çökmelerin 2'si "Mal de Pott", diğeri Brusella kaynaklı idi. Malign nedenli çökmelerin 3'ü dışında, diğer olguların primeri biliniyordu. Malignitelerin primer tümöre göre dağılımı; akciğer (n=6), meme (n=6), prostat (n=2), lenfoma (n=1), multipl myelom

R. Abanoz, B. Hakyemez (E), M. Parlak
Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara

Gelişi: 24.05.2002 / Kabulü: 06.03.2003



Resim 1. Meme kanseri tanısıyla izlenen olguda malign vertebral çökme. **A.** T1 ağırlıklı görüntülerde T9 vertebra korpusunda yükseklik kaybı, hipointens görünüm ve minimal retropulsiyon görülüyor (*ok*). **B.** STIR görüntülerde vertebra, belirgin hiperintens izleniyor (*ok*). T10 vertebra korpusunda da metastatik alan dikkati çekiyor. **C.** Difüzyon ağırlıklı görüntülerde (PSIF), malign infiltrasyon nedeniyle hiperintens görünüm izleniyor (*ok*).

(n=1), nazofarinks (n=1), kondrosar-kom (n=1) ve primeri bilinmeyen adenokanser (n=1) şeklindeydi. Tüm olgular 3-9 ay izlendi (ortalama 5 ay). Beş olgu opere edilirken, 3 olguya BT eşliğinde biyopsi uygulandı. Benign çökme fraktürlü olgularda; anamnez, fizik muayene, laboratuvar tanı testleri ve MRG bulgularıyla malignite ekarte edildi. Bu olguların tamamı altı ay ile bir sene arasında izlendi. Malignite-lerde cerrahi ve biyopsi dışında, takip MRG'lerde lezyon boyut ve sayısında artış ile birlikte, sintigrafide farklı met-tastaz odaklarının varlığı dikkate alındı.

MRG inceleme 1,5 T süper iletken magnette ve "faz spine-array" sargı ile gerçekleştirildi (Magnetom Vision Plus, Siemens, Erlangen, Almanya). İnceleme sagittal planda T1-ağırlıklı turbo spin eko (TSE) sekans (TR/TE/NEX 615/12/5) ve "turbo short inversion time inversion recovery" (STIR) sekans (TR/TE/TI/NEX 3600/60/150/4) ile yapıldı. Görüntüleme matris büyüklüğü T1-ağırlıklı TSE için 366x512, turbo STIR sekans için 242x256 kullanıldı. Ayrıca görüntüleme alanı (FOV) 300x400 mm, kesit kalınlığı 4 mm ve kesit aralığı 1 mm olup, bu değerler standarttı.

DAG incelemede "reversed fast imaging with steady-state precession" (PSIF) sekansı kullanıldı. PSIF sekansın parametreleri; TR 21.6, matris 144x256, kesit kalınlığı 5 mm, kesit aralığı 1 mm ve FOV 240 mm seçildi. Gradyentler frekans yönünde kullanılarak difüzyon görüntüler elde edildi. Difüzyon gradyent gücü 23 mT/m olup, sekansın difüzyon puls uzunluğu (δ) 5 msn olarak seçildi. PSIF sekansında elde edilen sinyal; dokunun T1 ve T2 relaksasyon değerleri ile sekans parametrelerinden oldukça fazla etkilenmektedir. Bu durum her vokselde farklı "b" değerleri ortaya çıkarmaktadır. Belirli ve sabit bir "b" değeri olmadığından, dokuların kantitatif "apparent diffusion coefficient" (ADC) haritaları elde edilememektedir. "Steady-state" sekanslar bu özellikleri nedeniyle DAG'ın temeli kabul edilen Stejskal-Tanner sisteminden farklılıklar göstermektedir. Stejskal-Tanner sisteminde difüzyon puls uzunluğu

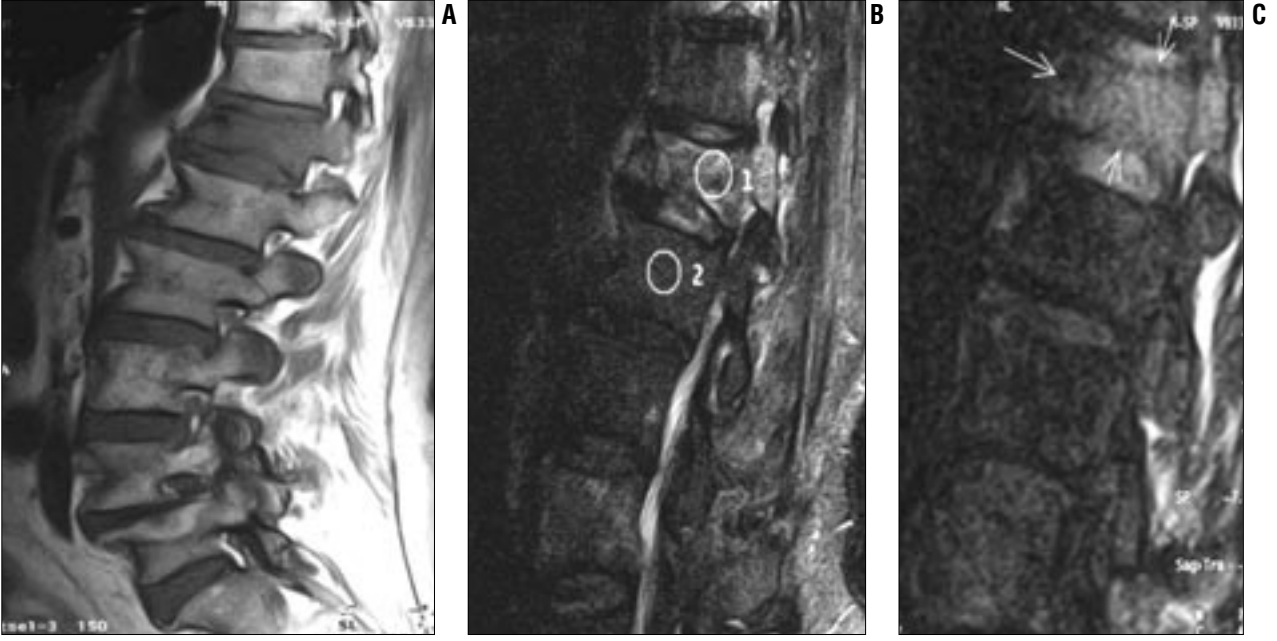
(δ), difüzyon zamanı (t) ve gradyent gücüyle (G) değişebilen "b" değeri tanımlanmaktadır [$S(TE) \sim \exp(-TE/TR) \sum \exp(-bD')$]. Bu parametreler kullanılarak ADC değeri kolayca ölçülebilmektedir (3).

Analiz

a) Kalitatif değerlendirme: Deneysel iki radyolog tarafından konvansiyonel ve difüzyon görüntüler incelendi. Çökmesi olan vertebra kemik iliği normal vertebra sinyal intensitesi ile karşılaştırıldı. Etkilenen vertebra her bir sekans için hipointens, izointens veya hiperintens olarak sınıflandırıldı. T1ağırlıklı TSE görüntülerde kemik iliği sinyal değişikliği; lineer bant, dağınık tarzda ve komplet değişim olarak değerlendirildi. Çöken vertebra morfolojik yapısı (kemik fragmanı ve end plate), posterior eleman tutulumu, diskin etkilenip etkilenmediği ve paravertebral yumuşak dokunun varlığı araştırıldı.

Tablo 1. Olgu sayısına göre difüzyon-ağırlıklı MRG'de sinyal özellikleri

Çökme nedenleri	İzointens	Hipointens	Hiperintens
Osteoporotik (20)	5 (%25)	14 (%70)	1 (%5)
Malign (19)	-	1 (%5)	18 (%95)
Travmatik (7)	-	7 (%100)	-
Enfeksiyöz (3)	-	-	3 (%100)



Resim 2. Akciğer kanseri tanısı ile izlenen olguda malign vertebral çökme. **A.** T1 ağırlıklı görüntülerde T12 vertebrada yükseklik kaybı ve hipointens görünüm izleniyor (*ok*). **B.** STIR görüntülerde intensite artımı seçiliyor (*ok*). Kontrast oranları için ROI çizdirilerek intensite ölçümü yapılmıştır. **C.** Difüzyon ağırlıklı görüntülerde (PSIF), malign infiltrasyona nedeniyle hiperintens görünüm dikkati çekiyor (*ok*).

b) Kantitatif değerlendirme: Vertebra korpuslarının belirli bir alanı ["ROI" (region of interest)] çizdirilerek ortalama sinyal intensiteleri ölçüldü. ROI 3-9 mm² (ortalama 5,2 mm²) seçildi. Etkilenen vertebra ve komşu normal vertebra kemik iliği değerlendirildi. Ortalama sinyal intensite ve standart değerler ile kontrast oranları saptandı. Kontrast oranı (C); [patolojik kemik iliği sinyal intensitesi (SIA) - normal kemik iliği sinyal intensitesi (SIN)] / [patolojik kemik iliği sinyal intensitesi] şeklinde ölçüldü. [C=(SIA-SIN)/SIA]. Kontrast oranları her sekans için studentt testi ile değerlendirildi.

Bulgular

Tüm vertebral çökmeler T1-ağırlıklı görüntülerde izo-hipointens, STIR görüntülerde hiperintens. Malign çökmesi olan 19 olgunun 18'i DAG'da hiperintens (Resim 1,2). Meme kanseri metastazı olan bir olgunun üç ayrı lezyonundan biri hiperintens, diğer ikisi izo-hipointens. Lomber düzeyde farklı sinyal intensiteleri olan bu olguda metastatik lezyonlara yönelik radyoterapi öyküsü vardı.

Osteoporotik çökmeli 20 olgunun 19'u DAG'da izo-hipointens izlenir-

Tablo 2. T1-ağırlıklı TSE sekanslarda vertebral çökmelerin sinyal intensite özellikleri

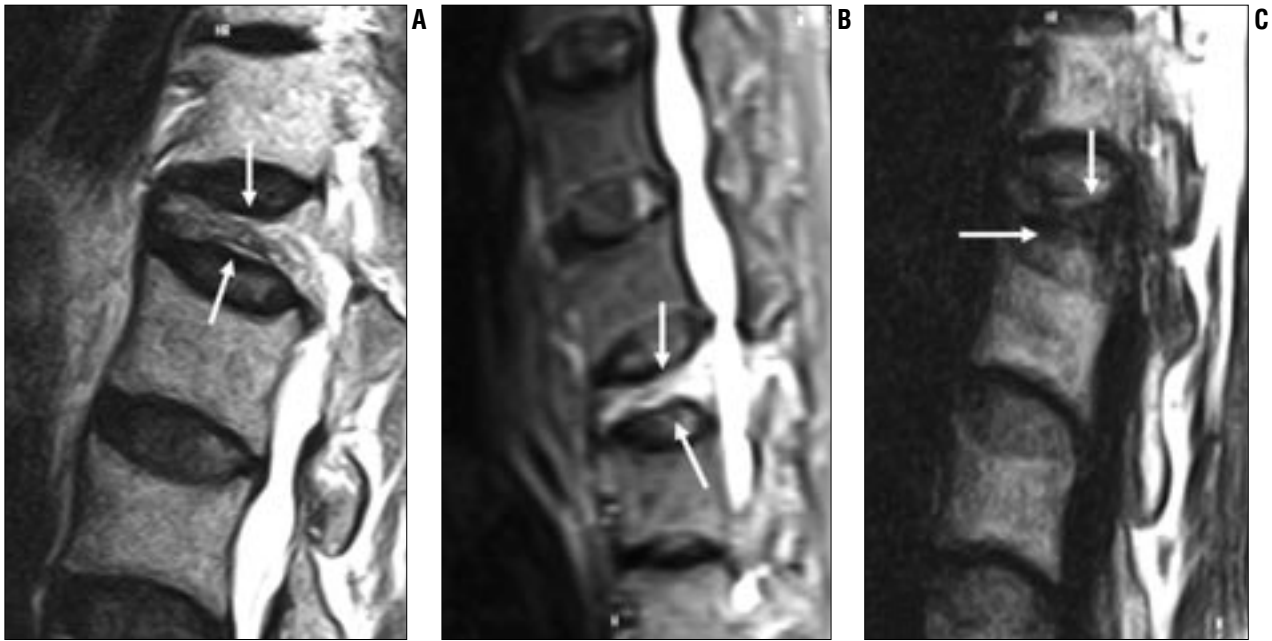
	Lineer bant	İnkomplet	Komplet
Benign nedenli çökmeler (33)	7 (%21)	21 (%64)	5 (%15)
Malign nedenli çökmeler (30)	2 (%6)	11 (%37)	17 (%57)

ken (Resim 3), bir olguda hiperintens sinyal vardı. Hiperintens izlenen olguya stabilizasyon operasyonu sırasında alınan materyalin histopatolojisinde malign hücre gözlenmedi. Ayrıca primer malignite araştırmasında da herhangi bir odak görülmedi. Travmatik nedenli çökmelerin tamamı DAG'da hipointens izlenirken, enfeksiyöz orijinliler hiperintens (Resim 4,5) (Tablo 1). Çökme fraktürü olan vertebraların T1ağırlıklı TSE görüntülerde sinyal değişikliklerinin morfolojik görünümleri sınıflandırıldı (Tablo 2).

Sekonder MRG bulgularına göre; 30 malign fraktürün 17'sinde posterior eleman tutulumu, 8 olguda paraspinal yumuşak doku mevcuttu. Ondokuz olgunun 9'unda çökme sayısı birden fazlaydı. 14 olgunun diğer vertebralarında da metastatik lezyonlar vardı. Osteoporotik çökmeli 20 olgunun 3'ünde birden fazla sayıda lezyon saptanırken, posterior eleman tutulumu gözlenmedi. Osteoporotik olgularda kadın erkek oranı 16/4 idi. Travmatik nedenli 7 olgunun 3'ünde, enfeksiyözlerin tamamında paraspinal yumuşak doku varlığı dikkat çekti. Osteoporotik olgularda kompresyon fraktürü ile birlikte disk tutulumu (diskin intensitesi ve morfolojisindeki değişim) daha belirgindi (%70) (Tablo 3). Çökme fraktürlerinin spinal düzeye göre dağı-

Tablo 3. Vertebral çökmelerde görülen sekonder MRG bulguları

Bulgular	Malign	Osteoporotik	Travmatik	Enfeksiyöz
Posterior vertebra elemanı tutulumu	11 (%57)	-	3 (%43)	2 (%66)
Paraspinal yumuşak doku varlığı	7 (%42)	2 (%10)	3 (%43)	3 (%100)
Disk tutulumu	6 (%31)	14 (%70)	4 (%57)	3 (%100)
Birden fazla yerde metastaz	14 (%73)	1 (%5)	-	-
Birden fazla vertebrada çökme	9 (%47)	3 (%15)	-	-



Resim 3. Akut osteoporotik vertebral çökme fraktürü. **A.** T1 ağırlıklı görüntülerde, L1 vertebra korpusunda yükseklik kaybı ve heterojen hipointens görünüm izleniyor (ok). **B.** STIR görüntülerde, vertebrada intensite artışı ve hafif derecede retropulse görünüm dikkati çekiyor (ok). **C.** Difüzyon ağırlıklı incelemede (PSIF), çökme kırığı olan vertebrada belirgin hipointensite görülüyor (ok).

lımında; malign fraktürler torakal, osteoporotikler ise lomber düzeyde daha sıktı. Servikal düzeyde osteoporotik fraktür gözlenmedi. Enfeksiyöz nedenli çökmelerin üçü de torakal yerleşimliydi. Yüksekten düşme öyküsü olan bir benign olgu dışında, tüm servikal çökmeler malign nedenliydi (Tablo 4).

Çökme kırığı olan vertebraların kemik iliği kontrast oranı, T1 görüntülerde negatif iken, STIR görüntülerde pozitif. Her iki sekansta benign ve malign ayrımı yönünden istatistiksel anlamlılık yoktu ($P>0.01$). DAG; travmatik, osteoporotik ve malign çökme fraktürlerini ayırt etmede istatistiksel olarak anlamlı iken ($P<0,01$), enfeksiyöz nedenlilerde anlamlılık gözlenmedi ($P>0.01$). Ortalama SI değeri; malignitelerde 1,44, enfeksiyözlerde 1,51, travmatiklerde $-0,47$ ve osteoporotiklerde $-0,62$ olarak ölçüldü (Tablo 5). Çalışmamızda DAG'ın enfeksiyöz nedenler dışında, malign ve benign ayrımındaki sensitivitesi %94, spesifisitesi %96 bulunmuştur.

Tartışma

Konvansiyonel MRG'de benzer sinyal özellikleri nedeniyle akut benign osteoporotik kırıkların, malign verteb-

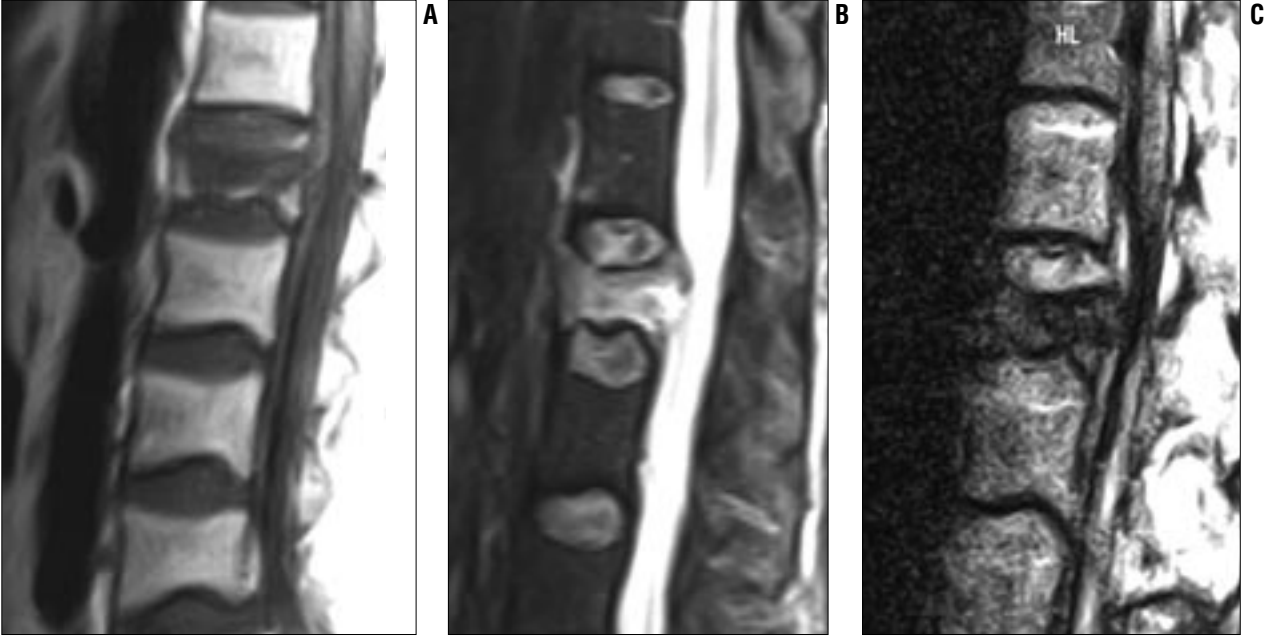
Tablo 4. Değişik nedenli vertebral çökmelerin spinal dağılımı

Lezyonlar	Servikal	Torakal	Lomber
Malign	7 (%23)	14 (%47)	9 (%30)
Osteoporotik	-	9 (%39)	14 (%61)
Travmatik	1 (%14)	4 (%57)	2 (%29)
Enfeksiyöz	-	3 (%100)	-

ral çökme kırıklarından ayrımı zordur. Neoplastik infiltrasyon alanları T1 ağırlıklı SE görüntülerde düşük sinyal intensitesinde, T2 ağırlıklı SE ve STIR görüntülerde yüksek sinyal intensitesindedir. Akut benign kompresyon kırıklarında ortaya çıkan kemik iliği ödemi ve hemoraji de aynı sinyal özellikleri gösterir (3). Literatür incelemelerinde benign ve malign nedenli vertebral çökmelerde etkilenen vertebranın morfolojik görünümü, intensitesi ve kontrast tutulum şekli ile ilgili çok sayıda yayın bildirilmektedir. Ancak konvansiyonel tekniklerin tümü; karşımıza önemli bir sorun olarak çıkan malign olguların, osteoporotik ve travmatik zeminde gelişen çökmelerden ayrımında yetersiz kalmaktadır.

Son yıllar içinde DAG yöntemleri bu tanısal zorluğu aşmada ümit verici sonuçlar göstermektedir. DAG, "intra-voxel incoherent motion" olarak bili-

nen ve dokularda in vivo ortamda oluşan lokal su hareketliliğini yansıtan yeni bir tekniktir. (4,5). Bir çalışmada in vitro ortamda kırmızı kemik iliğine benzer bir biyolojik modelde; suyun difüzyonu incelendiğinde, ekstraselüler su protonlarının difüzyon sabitinin intraselüler ve transselüler suyun difüzyon sabitine göre yüksek olduğu gözlemlendi (3). Hücre dışı su protonlarının hareketliliği değişik bariyerler nedeniyle intraselüler suyun proton hareketliliğinden daha az kısıtlıdır. Canlı hücrelerde difüzyon katsayısına temel katkıda bulunan hücre dışı su protonlarıdır (3). Ward ve ark. difüzyon değerini beyin omurilik sıvısında $4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sn}$, kırmızı kemik iliğinde $0,2 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sn}$, sarı ilikte $0,1 \times 10^{-5} \text{ mm}^2/\text{sn}$, travmatik kemik iliğinde $0,8 \times 10^{-5} \text{ mm}^2/\text{sn}$ olarak saptadı (6). Travmatik kemik iliğinde ödem nedeniyle difüzyon katsayısı belirgin artış göstermektedir. Normal kemik iliğiyle



Resim 4. Akut travmatik vertebral çökme fraktürü. **A.** T1 ağırlıklı görüntülerde, T12 vertebra korpusunda yükseklik kaybı ve heterojen hipointens görünüm izleniyor (ok). **B.** STIR görüntülerde, vertebrada intensite artışı ve posteriora hafif derecede retropulse görünüm dikkati çekiyor (ok). **C.** Difüzyon ağırlıklı incelemede (PSIF), çökme kırığı olan vertebrada belirgin hipointensite görülüyor (ok).

karşılaştırıldığında vertebra kırıklarında kemik iliği su volümü artar. Bu nedenle, görünen difüzyon katsayısı yüksek olup, düşük sinyal intensiteye neden olur. Malign kırıklarda ise tümörlü dokuların içindeki ekstraselüler hacmin azalması; görünen difüzyon katsayısını düşürerek sinyal intensitesinde artışa neden olur. Ek olarak, bu grup hastaların T1 ve T2 etkileri de doku kontrastında önemli rol oynamaktadır. Çünkü SSFP sekansında "reverse fast" görüntülemeye T2 etkisi baskın olduğundan, difüzyon görüntüleri etkilenmektedir (1,3).

Matoba ve ark. 12 metastatik, 10 osteoporotik kırıklı olgudan oluşan çalışmalarında; patolojik kırıkların 10'unda hiperintens, 2'sinde izointens; osteoporotik kırıkların ise tümünde izo veya hipointens görünüm bildirdiler (7). Çalışmalarında difüzyon ağırlıklı SSFP sekansı kullanılmakla birlikte, sekans tekniği ve olguların seçilme kriterleri belirtilmediğinden patolojik kırıklardaki izointensitenin nedeni tam açıklanamamaktadır (3). Patolojik kırıklar; radyasyon tedavisi sonrası SSFP sekansında hipointens görülebilir. Bu etki; nekrotik kanser hücrelerinin T2 değerine, radyasyon sonrası vertebra korpuslarında yağ içeriğinin artışına veya canlı tü-

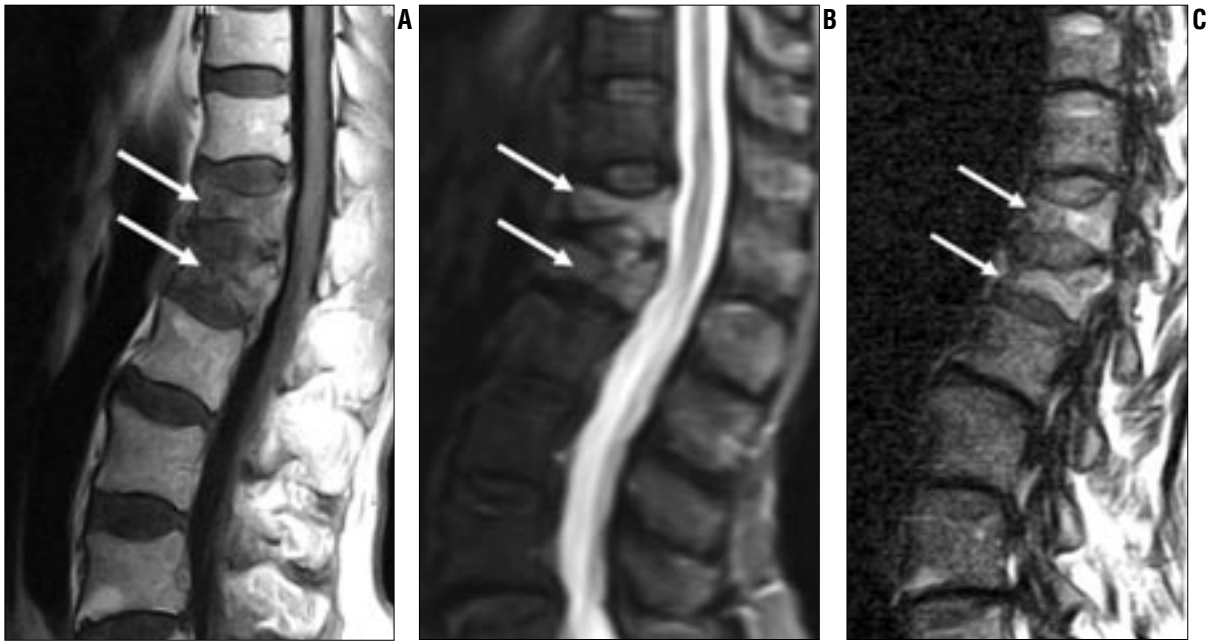
Tablo 5. Lezyonların kontrast oranları

Lezyonlar	T1	STIR	Difüzyon
Osteoporotik	-0.58 ± 0.16	1.03 ± 0.31	-0.63 ± 0.18
Malign	-0.56 ± 0.13	0.96 ± 0.26	1.44 ± 0.13
Travmatik	-0.49 ± 0.9	1.12 ± 0.14	-0.47 ± 0.9
Enfeksiyöz	-0.51 ± 0.9	1,09 ± 0,18	1,51 ± 0.14

mör dokusuyla karşılaştırıldığında farklı difüzyon kapasitesi gösteren nekrotik hücre varlığına bağlanmaktadır (3). Spüntrup ve ark. benign ödem ile malign infiltrasyonu ayırmak için "navigated SE stimulated echo" DAG sekansı kullandılar. Osteoporotik veya travmatik kırıklara bağlı ödemde DAG'da belirgin sinyal kaybı izlerken, metastatik tutulumda hafif derecede sinyal kaybı gözlemlenildi (8). Nakagawa ve ark. "single-shot echo-planar" DAG sekansı kullanarak benign ve malign nedeni 119 vertebral kompresyon kırığı üzerinde yaptıkları çalışmalarında, osteoporotik kırıkların %92'sinde hipo veya izointens; malign kırıkların %95'inde ise hiperintens görünüm saptadılar (9). Baur ve ark. çalışmalarında patolojik kırıklı dört olgunun kemoterapi sonrası elde edilen difüzyon görüntülerinde hiperintens görünüm saptamadılar (3).

DAG, kalitatif ve kantitatif bir ince-

lemedir. Milisaniyeler içinde görüntü oluşturabilen eko planar inceleme (EPI) difüzyon duyarlılığı en yüksek sekanstır. EPI görüntülemenin avantajları yanında geometrik rezolüsyonun düşüklüğü, akım ve harekete belirgin duyarlılık göstermesi önemli dezavantajlarıdır. Ayrıca kemik yüzeylerde oluşan artefaktlar, kimyasal shift ve "magnetik susceptibility" artefaktı vertebral kolonda sekansın kullanımını belirgin derecede kısıtlamaktadır (1). Navigatör eko tekniği kullanılarak yapılan SE difüzyon inceleme uzun zaman aldığından, ağırlı hastalarda sekansın kullanım zorluğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca hareket artefaktı ve SNR düşük olduğundan görüntü kalitesinin bozulacağı göz önünde bulundurulmalıdır (3,5). Çalışmamızda, DAG'ı SSFP temelinde dayanan "time reversed fast imaging" (PSIF) sekansıyla yaptık. Bu özel DAG sekansının difüzyona duyarlı-



Resim 5. Brusella spondilodiskiti. **A.** T1 ağırlıklı görüntülerde T11-12. vertebralarda yükseklik kaybı, intensitede azalma, paravertebral ve epidural yumuşak doku görülüyor (ok). **B.** STIR görüntülemeye etkilenen vertebralarda ve disk aralıklarında intensite artışı izleniyor (ok). **C.** Difüzyon ağırlıklı görüntülerde (PSIF) hafif derecede intensite artışı dikkati çekiyor (ok).

laştırılması uzun zaman önce gerçekleştirildi. Ancak kantitatif analiz de mümkün olmadığı zamanla anlaşıldı (5). PSIF sekansında sinyal intensitesi; T1 ve T2 relaksasyon değerleri ile sekans parametrelerinden oldukça fazla etkilenmektedir. Bu nedenle her vokselin farklı bir "b" değeri vardır. Ortalama "b" değeri verilemediğinden dokunun ADC haritası çizdirilemez (3). Konvansiyonel DAG'ın temeli olan Stejskal-Tanner sisteminden belirgin farklılık gösterir. Stejskal-Tanner sisteminde, difüzyon puls uzunluğu, difüzyon zamanı ve gradyent gücüyle değişebilen "b" değeri tanımlanmaktadır (10).

Çalışmamızda kullandığımız PSIF sekansında difüzyon gradyent gücü 23 mT/m olup, difüzyon puls uzunluğu 5 msn olarak seçildi. Cihazımız difüzyon uzunluğunu 1-5 msn arasında değiştirmemize olanak sağlıyordu. Baur ve ark. difüzyon puls uzunluğunu 0,6-9 msn arasında kullanarak dört farklı değerle inceleme yaptılar. Çalışmalarında görüntü kalitesi olarak, S/N oranının en uygun olduğu 3 msn önerilmektedir. Ancak lezyonun malign ya da benign durumunun karakterizasyonu için en uygun difüzyon puls uzunluğu 6 msn olarak belirtilmektedir (3). Seçtiğimiz puls uzunluğu 5

msn olup; geometrik rezolüsyon ve difüzyon etkinliği açısından uygundu. Difüzyon gradyentinin tek düzlemde çalıştırıldığı anizotropik incelemede, uygun görüntü kalitesi için uygulanacak gradyentin yönü önem taşımaktadır. Sagittal incelemede optimum görüntü için difüzyon, frekans gradyenti yönünde uygulanmalıdır. Çalışmamızda ayrı olarak faz ve kesit belirleme gradyentleri yönünde de görüntüler elde edildi. Ancak S/N oranı en uygun olduğu gradyent yönünün frekans yönünde olduğu gözlemlendi.

Baur ve ark. SSFP sekansı ile, 22 benign ve 17 malign çökmeli 39 olguda yaptıkları çalışmada tüm akut çökmeleri T1 ağırlıklı SE görüntülerde izo-hipointens, STIR da ise hiperintens gözlemlenildi. DAG incelemede malign çökmelerin hepsi hiperintens iken, benign çökmeler izo/hipointensiti. Malign çökmelerin ayrımında %100 spesifisite bildirilen bu çalışmada, benign gruba yalnızca travmatik ya da osteoporotik olgular alındı (1). Biz çalışmamızda, benign gruba osteoporotik ve travmatik olgular dışında enfeksiyöz nedenlileri de ilave ettik. Enfeksiyöz vertebral çökmesi olan üç olgumuzun tümü, DAG'da hiperintensiti. Bu durum malign hücre infiltrasyonunda olduğu gibi bakteriler ve

inflatuar hücrelerin, mukoid ve proteinöz nekrotik dokunun interstisyel alandaki serbest su fraksiyonunu azaltmasına bağlanabilir (10). Akut çökmesi olan ve yumuşak doku eşlik eden malign ya da enfeksiyöz olgularda, DAG'da hiperintens görünüm izleneceğinden, DAG tek başına yeterli olamamaktadır. Ancak olgu sayımızın azlığı da gözönünde bulundurulmalıdır. Çalışmamızda değişik lezyonları araştırırken vertebral hemanjiyomların DAG'da hiperintens olduğunu gördük. Vertebraların en sık benign lezyonu olan hemanjiyomun; T1 ve T2 ağırlıklı SE görüntülerde tipik sinyal görünümü radyolojik tanıda güçlük çıkarmaz. Atipik hemanjiyomların T1 ağırlıklı SE görüntülerde hipointens olması, ayırıcı tanıda yanılgıya neden olabilir (11). Bu nedenle hemanjiyomlara bağlı vertebral çökmelerde, DAG'ın benign ve malign ayrımındaki duyarlılığını azaltacağını düşünüyoruz. DAG'da hiperintens görülen ve malign görünümde kabul ettiğimiz bir olgunun histopatolojik tanısı benign olarak geldi. Alınan materyalde, ödem ve hemoraji dışında malign hücre infiltrasyonu görülmedi. Literatür çalışmalarında benign fraktürlerin 1-3 ay arasında yağ replasmanı nedeniyle normal kemik iliğine göre izo ya

da hafif hiperintens olabileceği bildirilmektedir (12,13). Çalışmamızda T1 ağırlıklı SE ve STIR sekanslarda sinyal değişikliği görülmeyen bu lezyonları kronik değişiklikler olarak değerlendirdik.

Castillo ve ark. SSFP ile yaptıkları bir çalışmada DAG'ın metastaz taramasındaki duyarlılığının konvansiyonel sekanslara üstün olmadığı bildirildi. Metastaz saptamada ise en duyarlı sekansın T1 ağırlıklı SE olduğu gösterildi. Çalışma vertebral çökmelere yönelik olmayıp, metastaz taraması niteliğinde olsa da sonuçları önemlidir. Litik ve sklerotik görünümü tüm vertebral metastazların difüzyon görüntüleri, çökme fraktürleriyle aynı fizyopatolojik temele dayandığı düşünülmektedir (14). Vertebralarda çökme olmadan da malign hücre infiltrasyonu bulunabilir. Ancak bu durumun DAG'a malign çökme fraktürlerinde olduğu gibi yansımaması ilginçtir. Çalışma yaptıkları MRG ünitesi 24 mT/m olup, görüntülemeye difüzyon puls uzunluğu 2 ms seçildi. DAG'da difüzyon puls uzunluğunun önemi göz önünde bulundurulsa da çalışmamızda gözlemediğimiz bulgular Castillo'nun bulguları ile aynı idi. DAG'da çökme fraktörü olmayan değişik metastatik lezyonlarımızın bir kısmı hipointens, bir kısmı hiperintens görünümüydü. Bu bulgular malign infiltrasyona bağlı interstisyel alandaki suyun hareketinin kısıtlanması teorisiyle çelişebilmektedir. Literatürde bu konuyla ilgili çalışma ve ayrıntılı bilgiye rastlamadık. Bu nedenle farklı fizyopatolojik mekanizmaların da etkili olabileceği düşünülebilir. Konunun histopatolojik çalışmalar ve kantitatif analizlerle çözülmesi gerektiğini düşünüyoruz. Vertebral metastazların erken dönemlerinde kısıtlı sayıda hücre olduğundan DAG'da intensite değişikliği izlenmeyebilir. Difüzyondaki azalmanın bütün malign doku çeşitlerinde ne oranda difüzyon katsayısını etkilediği ve görüntüyü nasıl değiştirdiği araştırılmalıdır. Bununla birlikte, kemik iliği ile ilgili difüzyon çalışmalarında daha fazla sayıda olgu incelen-

melidir. Tüm malign ya da benign vertebral çökmelerin alt gruplarının DAG bulguları, kalitatif ve kantitatif olarak gösterilmelidir. Özellikle subakut ve kronik dönem iyileşme dönemindeki kemik iliğindeki değişikliklerin DAG görünümleri belirtilmelidir. Farklı tekniklerle yapılan DAG sekanslarının (SE, SSFP ve EPI) birbirine karşı avantaj ve dezavantajları bildirilmelidir. Kullandığımız SSFP difüzyon görüntüleme sekansında kesin b değeri belirlenemediğinden ve T2 etkisi baskın olduğundan kantitatif ADC haritalandırılması yapılamamaktadır. Bu etki, sekansın istenmeyen önemli bir özelliğidir. Ancak çalışmamızda kalitatif değerlendirmenin yüksek duyarlılıkta olması ve sekansın kolay uygulanabilirliği göz önünde bulundurulmalıdır. Zhou ve arkadaşları kantitatif analiz yapabilen fast spin eko difüzyon sekansı ile vertebral-

da ADC haritalandırılmasını gerçekleştirdiler (15). Bu çalışmada kullanılan fast spin eko difüzyon sekansın düşük sinyal gürültü oranı göstermesi önemli bir dezavantajdır. Ancak multi-shot difüzyon ağırlıklı görüntülerde bu istenmeyen durumun ortadan kalktığı bildirilmektedir (16). Çalışmamız ışığında ve son literatür verilerine göre kantitatif analiz yapabilen bu difüzyon sekanslarının vertebral kompresyon fraktürlerinin ayırımında önemli yeri olacağı gözükmektedir.

Sonuç olarak, DAG, akut osteoporotik ve malign çökme fraktürlerinin ayırımında yüksek duyarlılığa sahiptir. Çalışmamızın sensitivite ve spesifisite değerleri sırasıyla %94 ve %96 bulundu. Vertebral kompresyon fraktürlerinin ayırımında SE ve STIR sekanslar yeterli değilse, DAG'ın çalışmamız ışığında tanıda yardımcı olacağı kanısındayız.

DIFFUSION-WEIGHTED IMAGING OF ACUTE VERTEBRAL COMPRESSION: DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF BENIGN VERSUS MALIGNANT PATHOLOGIC FRACTURES

PURPOSE: Our purpose was to assess the value of diffusion-weighted steady-state free precession (SSFP) sequence for differentiating between benign and pathologic compression fractures.

MATERIALS AND METHODS: Forty-nine patients with 63 acute vertebral compression fractures caused by osteoporosis (n=23), trauma (n=7), malignancy (n=30), infection (n=3) were examined with a diffusion-weighted SSFP sequence (diffusion gradient strength; 23 mT/m, diffusion pulse length 5 ms), T1-weighted turbo spin-echo sequence, and short-inversion-time (TI 150 ms) T2-weighted turbo inversion recovery sequence. The signal intensity characteristics were analyzed qualitatively and quantitatively for all sequences. Statistical analysis was performed with the Student's t test.

RESULTS: In diffusion-weighted MR imaging, benign osteoporotic and traumatic fractures were hypo- to isointense to adjacent normal vertebral bodies. Pathologic and infectious compression fractures were hyperintense to normal vertebral bodies. Pathologic vertebral fractures had positive bone marrow contrast ratios at diffusion-weighted imaging, whereas non infectious benign vertebral fractures had negative values (p< 0.001). The difference in bone marrow contrast ratios for benign and pathologic compression fractures at T1-weighted TSE and T2-weighted turbo IR was not significant (p>0.01).

CONCLUSION: Diffusion-weighted SSFP sequence provides unique information that significantly impacts the accuracy of radiologic diagnosis. Diffusion-weighted SSFP sequence may allow the differentiation of acute benign osteoporotic fractures from malignant compression fractures. Acute benign osteoporotic or traumatic fractures show hypointense or isointense signal on diffusion-weighted sequences that reflects persistent free water proton mobility. Malignant compression fractures show hyperintensity compared with normal surrounding bone marrow probably due to altered water proton mobility within the neoplasm.

Key words: • spine • fractures • magnetic resonance imaging • differential diagnosis

TURK J DIAGN INTERVENT RADIOL 2003; 9:176-183

Kaynaklar

1. Baur A, Stabler A, Bruning R, et al. Diffusion-weighted MR imaging of bone marrow: differentiation of benign versus pathologic compression fractures. *Radiology* 1998; 207:349-356.
2. Chien D, Kwong KK, Gress DR, et al. MR diffusion imaging of cerebral infarction in humans. *AJNR* 1992; 13:1097-1102.
3. Baur A, Huber A, Ertl-Wagner, et al. Diagnostic value of increased diffusion weighting of a steady-state free precession sequence for differentiating acute benign osteoporotic fractures from pathologic vertebral compression fractures. *AJNR* 2001; 22:366-372.
4. Le Bilhan D. Diffusion and perfusion with MR imaging. In: Riederer SJ, Wood ML (eds.) *RSNA categorical course in physics: the basic physics of MR imaging*. RSNA 1997, 131-144.
5. Denis J, Le Bihan D. Differentiation of benign versus pathologic compression fractures with diffusion-weighted MR imaging: a closer step toward the "holy grail" of tissue characterization? *Radiology* 1998; 207:305-307.
6. Wart R, Caruthers S, Yablon C, et al. Analysis of diffusion changes in posttraumatic bone marrow using navigator-corrected diffusion gradients. *AJR* 2000; 174: 731-734.
7. Matoba M, Tonami H, Yokota H, Kuginuki Y, Yamamoto K. Role of diffusion-weighted MRI and P31-MRS in differentiating between malignant and benign vertebral compression fractures. In: *Book of Abstracts: Society of Magnetic Resonance in Medicine*. Sydney, Australia, 1999; 1038.
8. Spuentrup E, Adam G, Buecker A, Günther RW. Navigated spin echo and stimulated echo diffusion-weighted imaging of the spine: potential for differentiation of benign and malignant bone marrow edema. In: *Book of Abstracts: Society of Magnetic Resonance in Medicine*. Sydney, Australia, 1999:561.
9. Nakagawa K, Sakuma H, Ichikawa Y, et al. Vertebral compression fractures. Differentiation between benign and malignant lesions with diffusion-weighted single-shot echo planar MR imaging. *Eur Radiol* 2000; 10:154.
10. Noguchi K, Watanabe N, Nagayoshi T, et al. Role of diffusion-weighted echo-planar MRI in distinguishing between abscess and tumor: a preliminary report. *Neuroradiology* 1999; 41:171-174.
11. Wismer GL, Rosen BR, Buxton R, Stark DD, Brady TJ. Chemical shift imaging of bone marrow: preliminary experience. *AJR* 1985; 145:1031-1037.
12. Yao L, Lee JK. Occult intraosseous fracture: detection with MR imaging. *Radiology* 1998; 167:749-751.
13. Stafford SA, Rosenthal DJ, Gebhardt MC, Brady TJ, Scott JA. MRI in stress fracture. *AJR* 1986; 147:553-556.
14. Castillo M, Arbalaez A, Simith JK, Fisher LL. Diffusion-weighted MRI offers no advantage over routine non contrast MR imaging in the detection of vertebral metastases. *AJNR* 2000; 21:948-953.
15. Zhou JX, Leeds EN, McKinnon CG, Kumar JK. Characterization of benign and metastatic vertebral compression fractures with quantitative diffusion MR imaging. *AJNR* 2002; 23:165-170.
16. Beaulieu CF, Zhou X, Cofer GP, Johnson GA. Diffusion-weighted MR microscopy with fast-spin echo. *Magn Reson Med* 1993; 30:201-206.