



# Karaciğer Kitlelerinde Malign-Benign Ayırımında Difüzyon Ağırlıklı MRG (DAG) ve ADC'nin Tanı Değeri

## The Contribution of Diffusion Weighted MRI (DWI) and Measured ADC Values in Differentiating Benign and Malignant Liver Masses

Mustafa Devran Aybar, Yeşim Karagöz, Önder Turna, Göksel Tuzcu, Atılay Büker

### Özet / Abstract

**Amaç:** Karaciğer kitlelerinin malign-benign ayırımında Difüzyon Ağırlıklı MRG ve hesaplanan ADC değerlerinin tanıya katkısının araştırılması.

**Yöntemler:** İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyoloji Kliniği'ne başvuran ve önceden bilinen veya diğer görüntüleme yöntemleriyle yerel karaciğer kitleleri saptanan olgulara batın MRG değerlendirmesine ek olarak difüzyon ağırlıklı MR sekansı uygulandı. 1,5 Tesla MR cihazında aksiyal planda, single shot echo- planar spin eko sekansı ile her 3 yönde (x, y, z), 2 farklı b değerinde (b=0 ve b=1000 mm<sup>2</sup>/s) difüzyon duyarlı gradiyentler uygulanarak difüzyon ağırlıklı görüntüler ve ADC haritaları elde edildi. 60 olgudaki karaciğer kitlelerinin ortalama ADC ölçümleri yapıldı.

**Bulgular:** Altmış karaciğer kitesinin 39 tanesi benign, 21 tanesi malign kitlelerdi. Benign kitleleri 12 kist, 12 hemanjiom, 2 fokal nodüler hiperplazi, 1 hepatik adenom, 1 siroza bağlı rejenerasyon nodülü, 3 abse ve 8 kist hidatik oluşturuyordu. Malign kitleler ise 14 metastaz, 7 hepatosellüler karsinom oluşmaktaydı. ADC ölçümleri sonucunda en yüksek değerler kist ve hemanjiomlara aitti. Benign lezyonların ortalama ADC değeri 3.01x10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s iken malign lezyonların ortalama ADC değeri 1.28x10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s olarak ölçüldü. Benign lezyonların ortalama ADC değeri malign lezyonlardan anlamlı ölçüde yüksekti (p=0.001).

**Sonuç:** Difüzyon ağırlıklı MR görüntüleme ve işlem sırasında elde edilen sayısal ADC değerleri ölçümleri, benign ve malign karaciğer kitlelerinin ayırımında yararlı olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Hepatik kitle, MRG, DAG-ADC

**Objective:** The purpose of this study is to evaluate the contribution of diffusion weighted MRI and measured ADC values in differentiating benign and malignant liver masses.

**Methods:** Sixty patients who had liver masses more than 1 cm in diameter detected by routine upper abdominal MRI, were additionally examined with diffusion weighted MRI. Two different diffusion gradients (b values were b=0 and b=1000 mm<sup>2</sup>/s) were applied in three different directions (x, y, z) using single shot echo-planar SE with 1.5 T MR imager. Diffusion weighted images and ADC maps of 60 liver masses in 60 patients were obtained.

**Results:** The number of benign and malignant masses were 39 and 21 respectively. Benign masses consisted of 12 simple cysts, 12 hemangiomas, 2 FNH, 1 hepatic adenoma, 1 cirrhotic regenerative nodule, 3 abscesses and 8 hydatid cysts. Malignant masses were 14 metastatic lesions, 7 hepatocellular carcinomas. The ADC values of simple cysts and hemangiomas were the highest among all liver masses. The mean ADC values of benign and malignant liver masses were 3.01x10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s and 1.28 x 10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s respectively. The difference between mean ADC values of benign and malignant liver masses was significant (p=0.001).

**Conclusion:** Diffusion weighted MRI and the quantitative ADC values measurements can be useful in the differential diagnosis of benign and malignant hepatic lesions.

**Key Words:** Hepatic mass, MRI, DWI-ADC

### Giriş

Karaciğer (KC) benign ve malign, primer ve sekonder çeşitli kitlesel lezyonların görülebildiği bir organdır. Yerel kitlesel lezyonların tanısı günümüzde ultrasonografi (US) ve/veya bilgisayarlı tomografi (BT) ile konulmakta; kitle karakterizasyonu için gerekli durumlarda manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yöntemine başvurulabilmektedir. Yerel karaciğer kitleleri olan olgularda Hepatosellüler karsinom (HSK) ve metastaz gibi malign lezyonların doğru şekilde saptanması ve sınıflandırılması olguların tedavilerinin planlamasında son derece önemlidir. Lezyon sayısı ve boyutu tedaviyi etkileyebilir. Lezyonun saptanabilmesi hastalıklı ve normal doku arasındaki farkın ortaya çıkarılması ilkesine dayanır (1). MRG karaciğerin yerel hastalıklarının saptanmasında ve karakterizasyonunda kullanılacak en başarılı radyolojik tanı yöntemidir (2). MRG ile kitle karakterizasyonu yapılırken genel olarak lezyon morfolojisi, sinyal intensitesi ve kontrastlanma paterni değerlendirilir. Son yıllarda kantitatif olarak T2 relaksasyon zamanlarının ölçümü ile tanılabilirlik oranlarının %97 seviyelerine ulaştığı bildirilmektedir. Ancak yine de, tüm bulgular bir arada değerlendirilse bile, benign ve malign lezyonlar arasında örtüşme olabilmektedir (3, 4).

Difüzyon ağırlıklı MRG incelemesi kontrast madde kullanımına gerek olmayan bir teknik olup, ilk kez nöroradyolojide inmenin erken teşhisinde uygulanmaya başlanmıştır (4-7) Hızlı MRG yöntemlerinden olan eko-planar görüntülemenin geliştirilmesi ile konvansiyonel sekanslardaki uzun çekim süreleri ve buna bağlı artefaktlar ortadan kalkmış ve difüzyon ağırlıklı MRG, abdominal organların değerlendirilmesinde de kullanılabilir hale gelmiştir (4, 8, 9). Sonraki yıllarda birçok araştırmacı abdominal organlardaki uygulamalarına ilişkin çalışmalar yayınlamıştır (8-11). Bu çalışmalarda difüzyon ağırlıklı görüntüler ile dokuların ve lezyonların görünen difüzyon katsayısı (Apparent diffusion coefficient=ADC) hesaplanmış ve bulunan farklı değerlerin ayırıcı tanıda kullanılabilirliği gösterilmiştir (4). Çalışmamızın amacı karaciğer kitlelerinin malign-benign ayırımın-

Istanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

#### Yazışma Adresi

#### Address for Correspondence:

Mustafa Devran Aybar, İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, Samatya 34093, İstanbul, Türkiye  
Phone: +90 212 459 66 30  
E-mail: mdaybar@gmail.com

Geliş Tarihi/Received Date:  
25.03.2012

Kabul Tarihi/Accepted Date:  
13.08.2012

© Copyright 2013 by Available online at  
www.istanbultipdergisi.org

© Telif Hakkı 2013 Makale metnine  
www.istanbultipdergisi.org web sayfasından  
ulaşılabilir.

da Difüzyon Ağırlıklı MRG ve hesaplanan ADC değerlerinin tanıya katkısını araştırmaktır.

## Yöntemler

Çalışmamıza S.B. İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyoloji Kliniği'nde 2010-2011 tarihleri arasında US veya BT yöntemleri ile saptanan, primer veya metastatik karaciğer tümörü ya da tümöral olmayan kitlesi bulunan, iletişim kurulabilen, bilinci açık 60 olgu dahil edildi. Genel durumu bozuk, solunum problemi bulunan, MRG çekimi için uygunsuz durumu olan (MRG uyumsuz protez, kardiyak pace-maker taşıyanlar) olgular çalışma dışı bırakıldı. Lezyonların dağılımı tabloda özetlenmiştir (Tablo 1).

Çalışmaya dahil basit karaciğer kistleri (n=12) tipik US ve MRG bulguları ile tanı aldı. Hemanjiyomlar (n=12) MRG görünüm özellikleri ve tipik kontrastlanma paternleri ile kesin tanıya ulaştı. Karaciğer absesi olan olgular cerrahi sonrası histopatolojik değerlendirme ile tanı aldı. Kist hidatik ile uyumlu lezyonlardan bir kısmı histopatolojik, geri kalanı serolojik ve radyolojik özellikleri ile tanı aldı. On dört metastatik kitleden 3 tanesi primer malignitesi bilinen olgularda rutin takipler sırasında ortaya çıkıp büyüme gösteren ve metastaz olarak tanı alan lezyonlardı. Geri kalan metastatik karaciğer kitlesi ise biyopsi ile değerlendirildi. Karaciğerin primer hepatoselüler tümörlerinin oluşturduğu lezyonların tümü histopatolojik tanı ile doğrulandı.

Manyetik Rezonans görüntüleme işlemi 1.5T (Signa HD, GE Healthcare, Milwaukee, WI) 8 kanallı phased-array koil kullanılarak gerçekleştirildi (body upper- lower by GE, General Electric Medical System, Milwaukee, WI). Rutin abdominal sekanslar alındıktan sonra difüzyon ağırlıklı sekans (TR/TE: 4200/95; flip angle: 90°; kesit kalınlığı: 5 mm; FOV: 230-340) aksiyal planda, single-shot eko-planar sekansa, her 3 yönde (x, y, z), 2 farklı b değerinde (b=0 ve b=1000 mm<sup>2</sup>/s) difüzyon duyarlı gradientler uygulanarak elde edildi. İzotropik görüntüleme için ADC haritaları cihaz tarafından otomatik olarak oluşturuldu ve tüm lezyonların ortalama ADC değerleri bu haritalar üzerinden ölçüldü. Heterojen iç yapıdaki lezyonlarda, konvansiyonel sekanslar ve kontrastlı kesitlerde kontrast tutan solid kısımlardan ölçüm yapıldı. 1 cm çaplı lezyonların ADC değeri tek bir ROI kullanılarak bulundu. Birden fazla lezyonda en büyük lezyon dikkate alınmaya çalışıldı. Altmış olgunun normal karaciğer parankiminin de ADC değerleri ölçüldü.

Çekim işlemi bitirildikten sonra tüm görüntüler Picture Archiving And Communication System (PACS) ve iş istasyonlarına gönderil-

di. Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için İstatistik paket programı kullanıldı. Sonuçlar % 95'lik güven aralığında, anlamlılık p<0,05 düzeyinde değerlendirildi.

## Bulgular

Çalışmaya 29 erkek, 31 kadın toplam 60 olgudaki toplam 60 karaciğer kitlesi dahil edildi. Olguların yaşları 7-86 arasında olup ortalama 58.57 idi. Malign ve benign gruplar arasında yaş ortalamalarını karşılaştırırken Mann-Whitney U Testi kullanıldı. Malign hastalıklarda yaş ortalaması istatistiksel olarak daha yüksek tespit edildi (p=0.02). Malign gruptaki olguların erkek oranı, benign gruba göre anlamlı olarak yüksek bulundu. (p<0.05). Malign hastalıklarda lezyon çapları istatistiksel olarak daha yüksek tespit edildi (p=0.001). İki grup arasında ADC ROI ortalamalarını karşılaştırırken Mann-Whitney U Testi kullanıldı. Malign hastalıklarda ADC ROI değerleri istatistiksel olarak daha düşük bulundu (p=0.001). Karaciğer sağ lob posterior kesiminden alınmaya dikkat edilen normal parankim ADC ROI ölçümleri ile malign grup ADC ROI ortalamalarını karşılaştırırken Mann-Whitney U Testi kullanıldı. Malign hastalıklarda ADC ROI değerleri istatistiksel olarak daha düşük bulundu (p=0.01).

## Tartışma

Onkolojik çerçevede karaciğer çok önemli bir organdır. Siroz, hemokromatozis, steatohepatit gibi diffüz karaciğer hastalıkları varlığında primer karaciğer tümörleri sıklıkla Gastrointestinal tümörlerin en sık metastaz yeri karaciğerdir. Yüksek kan akımı, uygun mikroskobik anatomi ve zengin biyokimyasal işlevi karaciğerde metastatik depozitlerin hızlı büyümesini sağlar (2). Karaciğer hastalıklarında fokal karaciğer lezyonu esas problemdir. Benign-malign lezyonların klinik olarak ayırt edilmesi önemlidir çünkü benign lezyonlar için gerekli olmasa da küçük malign lezyonların en etkili tedavi yöntemi cerrahi rezeksiyondur. Örneğin cerrahi rezeksiyon yapılan küçük HSK'lu olguların 5 yıllık sağkalımı %80'in üzerindedir. Bu yüzden küçük HSK lezyonlarını erken saptama önemlidir (12). İyonize radyasyon kullanmayan ve yüksek derecede lezyon-karaciğer kontrast oranı sağlayan MRG karaciğer lezyonlarını saptama ve karakterize etmede en iyi görüntüleme yöntemidir (2).

Difüzyon, su moleküllerinin randomize mikroskopik hareketlerine verilen isimdir. Mikroskopik düzeyde doku karakterizasyonunda difüzyonun duyarlı bir parametre olduğu bilinmektedir. Difüzyonun in vivo olarak ölçülmesi günümüzde difüzyon ağırlıklı MRG ve ADC ölçümleri ile mümkündür (7). Difüzyon MRG dokulardaki su moleküllerinin hareketini sorgular ve sayısallaştırır ve böylece dokulardaki görüntü hareketleri farklılıklarına dayanarak görüntü kontrastı elde eder. Tümör dokuları gibi selülaritesi yüksek dokularda hücre membranlarının yüksek yoğunluğu su protonlarının difüzyonunu kısıtlar. Bunun aksine kistik veya nekrotik dokularda su molekülleri daha rahat hareket eder ve su protonlarının ADC'si serbest olarak tanımlanır. Böylece Difüzyon MRG doku selülaritesi ve selüler membranların bütünlüğü hakkında mikropapiller perfüzyon kadar bilgi sağlayabilir. Su difüzyonun varlığı Difüzyon MRG'de sinyal kaybı ve karşılığı olan ADC'de yüksek değer gözlenir. Bunun aksine tümör hücresinde kısıtlanmış difüzyon; difüzyon ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyal intensitesi ve karşılığı olan düşük ADC değerleri ile ortaya çıkar.

**Tablo 1. Olgularımızdaki Karaciğer Lezyonlarının Dağılımı**

	Benign	Malign	Toplam
Basit Kist	12		12
FNH	2		2
HSK		7	7
Hemanjiyom	12		12
Hepatik Adenom	1		1
Kist Hidatik	8		8
Abse	3		3
Metastaz		14	14
Rejeneren Nodül	1		1
Toplam	39	21	60

Çalışmamızda, önceki çalışmaları destekler şekilde benign ve malign karaciğer kitleleri arasında ADC ölçümlerinin anlamlı şekilde farklı olduğu izlenmektedir (4, 8, 9, 13, 14). Kist ve hemanjiyomlar en yüksek ADC değerlerine sahipken, malign kitlelerin ADC değerleri düşüktür. Kistlerin ortalama ADC değeri  $3.48 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  iken hemanjiyomlar için ortalama ADC değeri  $2.99 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak hesaplanmıştır. Tüm basit kistler, hemanjiyomların ortalama ADC değerinden yüksek ADC değerlerine sahiptir (4, 8). Ancak klinik pratikte Difüzyon hemanjiyom-basit kist gibi lezyonların malign karaciğer lezyonlarından ayırt etmede kullanılmaz.

Malign kitleler içinde en düşük değer  $0.77 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  ile HSK'a aittir. HSK için ortalama ADC değeri  $1.90 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak bulunurken, metastazlar için ortalama ADC değeri  $1.80 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak ölçülmüştür. Tüm malign kitleler için ortalama ADC değeri ise  $1.28 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak hesaplanmıştır. Daha önce Sun ve arkadaşları (14) tarafından yapılan çalışmada karaciğer metastazlarındaki ADC değerlerinin HSK'dan daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu durum metastatik lezyonların ADC değerlerinin hücre selülaritesi ve nekroz varlığına bağlı olmasından kaynaklanabilir. Son olarak Kamel ve ark. (15) büyük HSK lezyonları olan olgularda transarteriyel kemoembolizasyon sonrası Difüzyon MRG'nin tümör nekrozu derecesini tahmin etmek için kullanılabilirliğini göstermiştir.

Piyojenik abse tanısı alan üç olgumuzun ortalama ADC değeri  $2.51 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak ölçülmüştür. Bu düşük değer absenin yoğun visköz içeriğine bağlı olarak değerlendirilebilir. Genel olarak apse kavitesinde yoğun viskozite nedeniyle ADC değeri azalmakta, kistik ve nekrotik beyin tümörleri ise apselere göre daha seröz yapıda olduğundan ADC değerleri daha yüksek olmaktadır (16). Desprechins ve arkadaşları (17) iki olguda yaptıkları benzer çalışmada apselerin ADC değerlerinin azaldığını ve difüzyon ağırlıklı 'trace' imajlarda hiperintens görüldüklerini bildirmişlerdir.

Çalışmaya dahil sekiz kist hidatik olgumuzun ise ortalama ADC değerleri  $3.17 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak ölçülmüştür. Hidatik kistler skoleksler, kancalar, sodyum klorür, protein, glukoz, iyon, lipid ve polisakaridlerden oluşan visköz bir içeriğe sahip bulunduğu için ADC değerleri düşüktür. Tersine, basit kistler seröz sıvı içerdiğinden daha yüksek ADC değerlerine sahiptir. İnan ve arkadaşlarının (18) 22 olguluk çalışmalarında hidatik kistlerin ortalama ADC değeri  $2.8 \pm 0.5$  olarak bulunmuştur.

Çalışmamıza dahil ettiğimiz FNH tanısı olan iki kadın olguya ait ortalama ADC değeri  $1.64 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  ve bir kadın olguya ait hepatik adenomun ADC değeri  $1.9 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak hesaplanmıştır. Chandarana ve arkadaşları (19) FNH, adenom gibi benign lezyonların ADC değer ölçümlerinin HSK ile örtüşebildiğini ve bunların birbirinden net olarak ayırt edilemeyeceğini savunmuştur. Taouli ve arkadaşları (20) çalışmalarında FNH ve adenom gibi benign lezyonlarda ADC değerlerinin  $1-2 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  arasında olduğunu hesaplamışlardır.

Çalışmamızda karaciğerin normal parankiminden yapılan ADC ölçümlerinin ortalaması sırasıyla  $1.53 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak hesaplanmıştır. Önceki çalışmalarda karaciğer için ortalama ADC değeri  $1.53 \pm 0.28 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak hesaplanmıştır (8).

Çalışmamızda bizi sınırlayan hususlar öncelikle çalışma popülasyonunun ve lezyon alt gruplarının sayısı olarak küçük olmasıdır.

Benign lezyonların sayısı olarak malign lezyonlardan daha fazla görülmesi alt grupların dağılımını etkilemektedir. Ayrıca benign lezyonlarda histopatolojik verifikasyondan daha çok takip edilmesi ve uzun takip aralıklarının olması çalışmanın homojenitesini etkilemektedir. Yine malign lezyonlarda gerek sağ kalımın kısa olması gerekse de özellikle metastatik lezyonlarda klinisyenlerin histopatolojik verifikasyona gerek duymaması önemli sınırlamalardır. Diğer bir sınırlama ise tekniğe bağlı olarak Difüzyon ağırlıklı incelemede solunumsal, kardiyak ya da peristaltik fizyolojik hareketlerin, harekete duyarlı olan bu sekansa görüntü kalitesini ve değerlendirmeyi belirgin şekilde zorlaştırmasıdır. Son olarak sınırlamalar arasına uzaysal rezolüsyonun kullanılan sekansa bağlı olarak özellikle 1 cm'nin altındaki lezyonlarda oldukça düşük olması ve çalışmaya bu lezyonların dahil edilememesi katılabilir. Yeni çalışmalarda, daha hızlı olan paralel görüntüleme yöntemleri ile görüntü kalitesi geliştirilmiş ve EPI'ye bağlı artefaktlar azaltılmıştır (8). Güncel olarak 3 Tesla MR cihazları ile yapılan difüzyon MR çalışmalarında görüntü kalitesinin iyileştirildiğini gösteren yayınlar mevcuttur (21).

## Sonuç

Difüzyon ağırlıklı MRG sekansı, tek nefes tutma süresinde (yaklaşık 24 saniye) elde edilebilen, kontrast madde kullanımı gerektirmeyen, karaciğer kitlelerinin benign ve malign ayrımının konvansiyonel sekanslarla yapılamadığı olgularda tanıya katkısı olan bir yöntemdir.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

## Kaynaklar

1. Semelka RC, Martin DR, Balci NC. Magnetic resonance imaging of the liver: how I do it. *J Gastroenterol Hepatol* 2006; 21: 632-7. [CrossRef]
2. Altun E, Tüney D. Karaciğerin Fokal Lezyonlarının Tanısında MR ile Görütülemenin Rolü. *Klinik Gelişim* 2010; 23: 11-5.
3. Tello R, Fenlon HM, Gagliano T, deCarvalho VL, Yucel EK. Prediction rule for characterization of hepatic lesions revealed on MR imaging: estimation of malignancy. *AJR* 2001; 176: 879-84. [CrossRef]
4. Demir OI, Obuz F, Sağol O, Dicle O. Contribution of diffusion-weighted MRI to the differential diagnosis of hepatic masses. *Diagn Interv Radiol* 2007; 13: 81-6.
5. van Everdingen KJ, van der Grond J, Kappelle LJ, Ramos LM, Mali WP. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in acute stroke. *Stroke* 1998; 29: 1783-90. [CrossRef]
6. Back T, Hoehn-Berlage M, Kohno K, Hossmann KA. Diffusion nuclear magnetic resonance imaging in experimental stroke. Correlation with cerebral metabolites. *Stroke* 1994; 25: 494-500. [CrossRef]
7. Le Bihan D, Turner R, Douek P, Patronas N. Diffusion MR imaging: clinical applications. *AJR Am J Roentgenol* 1992; 159: 591-9. [CrossRef]
8. Yoshikawa T, Kawamitsu H, Mitchell DG, Ohno Y, Ku Y, Seo Y. ADC measurement of abdominal organs and lesions using parallel imaging technique. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 187: 1521-30. [CrossRef]
9. Ichikawa T, Haradome H, Hachiya J, Nitatori T, Araki T. Diffusion-weighted MR imaging with a single-shot echoplanar sequence: detection and characterization of focal hepatic lesions. *AJR Am J Roentgenol* 1998; 170: 397-402. [CrossRef]
10. Yamada I, Aung W, Himeno Y, Nakagawa T, Shibuya H. Diffusion coefficients in abdominal organs and hepatic lesions: evaluation with intravoxel incoherent motion echo-planar MR imaging. *Radiology* 1999; 210: 617-23.

11. Cova M, Squillaci E, Stacul F, Manenti G, Gava S, Simonetti G. Diffusion-weighted MRI in the evaluation of renal lesions: preliminary results. *Br J Radiol* 2004; 77: 851-7. [\[CrossRef\]](#)
12. Phongkitkarun S, Srianujata T, Jatchavala J. Supplement value of magnetic resonance imaging in small hepatic lesion (< or = 20 mm) detected on routine computed tomography. *J Med Assoc Thai* 2009; 92: 677-86.
13. Sandrasegaran K, Akisik FM, Lin C, Tahir B, Rajan J, Aisen AM. The value of diffusion-weighted imaging in characterizing focal liver masses. *Acad Radiol* 2009; 16: 1208-14. [\[CrossRef\]](#)
14. Sun XJ, Quan XY, Huang FH, Xu YK. Quantitative evaluation of diffusion-weighted magnetic resonance imaging of focal hepatic lesions. *World J Gastroenterol* 2005; 11: 6535-7.
15. Kamel IR, Bluemke DA, Ramsey D, Abusedera M, Torbenson M, Eng J, et al. Role of Diffusion-Weighted Imaging in Estimating Tumor Necrosis After Chemoembolization of Hepatocellular Carcinoma. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 181: 708-10. [\[CrossRef\]](#)
16. Hakyemez B, Ergin N, Uysal S, Işık I, Kiliç E. Diffusion-weighted MRI in the differentiation of brain abscesses and necrotic tumors. *Tani Girisim Radyol* 2004; 10: 110-8.
17. Desprechins B, Stadnik T, Koerts G, Shabana W, Breucq C, Osteaux M. Use of diffusion-weighted MR imaging in differential diagnosis between intracerebral necrotic tumors and cerebral abscesses. *AJNR Am J Neuroradiol* 1999; 20: 1252-7.
18. Inan N, Akhun N, Akansel G, Arslan A, Ciftçi E, Demirci A. Conventional and diffusion-weighted MRI of extrahepatic hydatid cysts. *Diagn Interv Radiol* 2010; 16: 168-74.
19. Chandrana H et al. Liver Magnetic Resonance Imaging—Clinical State of the Art. *US Radiology Liver Imaging Touch Briefings* 2008; 58-62.
20. Taouli B, Vilgrain V, Dumont E, Daire JL, Fan B, Menu Y. Evaluation of liver diffusion isotropy and characterization of focal hepatic lesions with two single-shot echo-planar MR imaging sequences: prospective study in 66 patients. *Radiology* 2003; 226:71-8. [\[CrossRef\]](#)
21. Hunsche S, Moseley ME, Stoeter P, Hedehus M. Diffusion-tensor MR imaging at 1.5 and 3.0 T: initial observations. *Radiology* 2001; 221: 550-6. [\[CrossRef\]](#)