



Araştırma Makalesi / Research Article

Böbrek Lezyonlarının Karakterizasyonunda Difüzyon Ağırlıklı Manyetik Rezonans Görüntülemesi

Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging in Renal Lesion Characterization

Elif Karadeli¹, Gürcan Erbay¹, Zafer Koç¹, Bahattin Ulu²

¹Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Bölümü, ADANA

²Samsun Gazi Devlet Hastanesi, Üroloji Bölümü, SAMSUN

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi (Journal of Cukurova University Faculty of Medicine) 2012; 37(1):27-36

ABSTRACT

Objective: To present the diffusion weighted magnetic resonance imaging findings of the patients with renal lesions and to explore ADC values of cystic and solid lesions.

Materials and Methods: 20 patients with renal lesion (16 men, 4 women) were included in the study. All patients evaluated with diffusion weighted magnetic resonance imaging. 9 patients had renal cell carcinoma, one patient had oncocytoma and 10 patients had cyst.

Results: Between all ADC values of lesions and ADC values of normal kidney parenchyma were significantly different. In addition, ADC values of malignant lesions were significantly lower than ADC values of normal kidney parenchyma and cyst. The lowest ADC value of malignant lesions was $0.75 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$. The ADC values of malignant lesions varied between $0.75 \times 10^{-3} - 2.25 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$ values for ADC (b0, 111, 222, 333 s/mm²). Whereas the lowest ADC value of cysts were calculated $2.81 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$. All cysts had hyperintense signal on T2 weighted and diffusion-weighted images and high ADC values on ADC maps. Malignant lesions had low ADC values on ADC maps.

Conclusion: The technique has the advantage that it is non-invasive without need for gadolinium administration, takes about 2 minute. This method provides qualitative and quantitative information on tissue characterization. DA-MRI and ADC values are important for characterization of renal lesions. Especially, utility of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the patients with risk for nephrogenic systemic fibrosis (NSF) could be beneficial.

Key words: Magnetic resonance imaging, diffusion, renal, lesion

ÖZET

Amaç: Böbrek lezyonlarını difüzyon ağırlıklı Manyetik Rezonans Görüntüleme (DA-MRG) ile değerlendirmek ve kistik ve solid lezyonların ADC değerlerini ortaya koymaktır

Gereç ve Yöntem: Böbrek lezyonu olan 20 hasta (16 erkek, 4 kadın) çalışmaya dâhil edildi. Tüm hastalar (9 renal hücreli karsinom, 1 onkositom, 10 kist) difüzyon ağırlıklı manyetik rezonans görüntüleme ile değerlendirildi

Bulgular: Normal böbrek parankiminin ADC değerleri ile lezyonların tüm ADC değerleri arasında istatistiksel olarak önemli fark vardı. Malign lezyonların ADC değerleri normal böbrek parankimi ve kistlerden önemli derecede düşük bulundu. Malign lezyonların en düşük ADC değerleri $0.75 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$ bulundu. ADC (b0, 111, 222, 333 s/mm²) için, malign lezyonların ortalama ADC değerleri $0.75 \times 10^{-3} - 2.25 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$ arasında değişmekte olup, buna karşın kistlerin en düşük ADC değerleri $2.81 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$ bulundu. Tüm kistler T2 ağırlıklı sekanslarda, difüzyon ağırlıklı görüntülerde hiperintens sinyal ve ADC haritalarında yüksek ADC değerleri gösterirken, malign lezyonlarda düşük ADC değerleri bulundu.

Sonuç: DA-MRG'nin avantajı yaklaşık 2 dakika süren, gadolinyum gereksinimi olmayan, noninvaziv bir teknik olmasıdır. Bu metod kalitatif ve kantitatif doku karakterizasyonu yapılmasına olanak sağlamaktadır. Böbrek lezyonlarının karakterizasyonunda difüzyon ağırlıklı görüntüleme ve ADC değerleri önemlidir. Özellikle nefrojenik sistemik fibrozis (NSF) riski olan hastalarda DA-MRG kullanımı yararlı olabilir.

Anahtar Sözcükler: Manyetik rezonans görüntüleme, difüzyon, renal, lezyon

GİRİŞ

Difüzyon ağırlıklı manyetik rezonans görüntüleme (DA-MRG) mikrosirkulasyon, mikroyapı, hücre dansitesi, hücre organizasyonu gibi dokuların biyofiziksel özellikleri hakkında bilgi sağlar. DA-MRG dokudaki su moleküllerinin mikroskopik hareketlerini (Brownian hareketini) referans alan fonksiyonel bir MRG yöntemi olup, temel olarak artmış hücre yoğunluğu ve viskozite gibi interstisyel aralıktaki su difüzyonunu değiştiren faktörlerden ve nükleositol plazmik orandaki farklılıklardan etkilenir¹. Özellikle, DA-MRG akut serebral inme ve intrakranial tümörlerin tanısında sıklıkla kullanılmaktadır^{2,3}. Görünürdeki difüzyon katsayısı (ADC) kantitatif bir parametredir, genellikle biyolojik sistemde difüzyon ölçümünde kullanılır. Literatürde, yüksek evreli beyin tümörleri ile düşük evreli beyin gliomlarını karşılaştıran çalışmalar bulunmaktadır⁴.

Son zamanlarda, abdomene yönelik DA-MRG ile ilgili çalışmalar yayınlanmaktadır. DA-MRG sekansları hareket ve suseptibilite artefaktlarına daha duyarlı olduğu için sınırlı sinyal-gürültü oranlarına sahiptir. Buna bağlı abdominal uygulamaların görüntüleri kötü olabilir. Bununla birlikte, MR teknolojisinin gelişimi ve hızlı sekanslar daha iyi görüntü kalitesinin elde edilmesini sağlar^{5,6}. DA-MRG'nin fokal karaciğer lezyonlarının ayırımında ve siroz gibi diffüz karaciğer parankimal hastalıklarının değerlendirilmesinde yararlı olabileceği ortaya konmuştur^{7,8}. Ek olarak, bu yöntem native ve transplante böbrek lezyonlarının değerlendirilmesinde kullanılabilir^{9,10}. DA-MRG kullanılarak pyonefroz ile hidronefroz ayırımının yapılabildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır¹¹.

Günümüzde, böbrek lezyonlarının değerlendirilmesinde DA-MRG hakkında çalışmalar hızla artmaktadır. Bu çalışmanın amacı, böbrek lezyonları ve normal böbrek parankiminde ADC değerlerini karşılaştırmak, tümör histolojik yapısı ile ADC değerlerini korele etmektir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Böbrek lezyonu olan 20 hasta (16 erkek, 4 kadın) DA-MRG ile değerlendirildi. Solid lezyonu olanlarda yaş ortalaması 60 yaş, (yaş aralığı 43-78 yıl), kisti olanlarda ise 53 (45-66 yıl) yaş idi. Solid lezyonu olan 10 olguda spesmenin histopatolojisi 9 olguda renal hücreli karsinom, 1 olguda ise onkositom lehine değerlendirildi. On olguda MRG incelemesi ve US takiple kist tanısı konuldu. Çalışma için etik kurul onayı alınmış olup tüm hastalardan onam formu elde edildi.

MR Görüntüleme

Tüm MRG incelemeleri 1.5-T MR cihazı (Philips Gyroscan Intera, Netherlands) ve gövde koili ile yapıldı. Aksiyal DA-MRG difüzyon gradient *b* değerleri: 0, 111, 222, 333, 444, 556, 667, 778, 889, ve 1000 s/mm² kullanılarak elde edildi. Üç ortogonal düzlem uygulandı, ardından difüzyonun anizotropi etkilerini azaltmak için ortalaması alındı.

DA-MRG sekansı parametreleri: Paralel görüntüleme için redüksiyon faktörü 2, TR/TE 3100/74, kesit kalınlığı 5mm; kesitler arası aralık 1 mm; sapma açısı 75°; NEX, 1; matriks boyutu, 128x128; Görüntü alanı (FOV), 380x380 mm; ve rectangular FOV 100. Yağ baskılama kimyasal şift artefaktlarından kaçınmak için kullanıldı. Tüm inceleme normal solunum esnasında yapılmış, 20 kesitten oluşmakta olup yaklaşık inceleme süresi 142 sn idi. ADC haritaları MR sistemi ile otomatik olarak oluşturuldu.

Aksiyal ADC haritalarında, incelenecek alan (ROI) hem lezyon hem de böbrek parankimine yerleştirildi. Normal böbrek parankiminin ve lezyonların ADC değerleri ADC(b0, b111, b222, b333 s/mm²), ADC(b778, b889, b1000 s/mm²), ADC (tüm b değ.) olmak üzere 3 grupta ayrı ayrı hesaplandı. Perfüzyon fraksiyonu ve gerçek difüzyonun rölatif etkilerinin ayırımında *b* değerleri önemliydi. Yüksek *b* değerleri ile elde edilen ADC yalnız gerçek difüzyonu gösterirken, düşük *b* değerleri ile elde edilen ADC hem difüzyon, hem

perfüzyon hakkında bilgi verir. Olguların klinik verileri ve patolojik bulgularından bilgisi olmayan bir radyolog (E.K.) her lezyon için ADC değerini hesapladı. Tüm istatistiksel analizler SPSS programı kullanılarak yapıldı.

İstatistikse Analiz

Solid lezyonlar ve normal böbrek parankiminin ADC değerleri ile kistler ve normal böbrek parankiminin ADC değerlerini karşılaştırmak için Wilcoxon sign rank testi kullanıldı. Ek olarak, solid ve kistik lezyonların ADC değerleri Mann Whitney u testi kullanılarak karşılaştırıldı.

BULGULAR

Tablo 1 normal böbrek parankimi ile solid ve kistik lezyonların ADC değerlerini gösterdi. ADC değerleri ADC(b0,111,222,333 s/mm²),

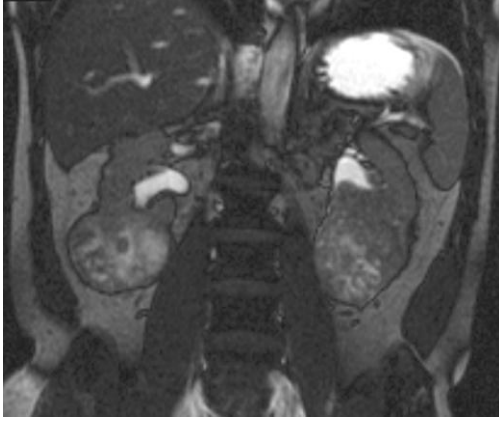
ADC(b778,889,1000 s/mm²), ADC(tümb değ) şeklinde ayrı ayrı hesaplandı..

Normal böbrek parankimi ve lezyonların arasında tüm ADC değerleri (ADC(b0, 111, 222, 333), ADC(b778, 889, 1000), ADC(tümb değ)) bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p <.005). İlave olarak, malign lezyonların ADC değerleri normal böbrek parankimi ve kistik olanlardan daha düşüktü. Malign lezyonların en düşük ADC değeri 0.75x 10⁻³ mm² / s olup ADC değerleri ADC(b0, 111, 222, 333), için 0.75x 10⁻³ - 2.25x 10⁻³ mm² / s arasında değişmekteydi(Resim 1-3, RCC). Onkositomda DA-MR bulgusu RHK ile benzerdi (Resim 4. Onkositom) Buna rağmen, kistik lezyonların en düşük ADC değeri 2.81x 10⁻³ mm² / s ölçülmüş olup, tüm kistler T2A görüntülerde,DA-MRG'de hiperintens izlendi(Resim 5).

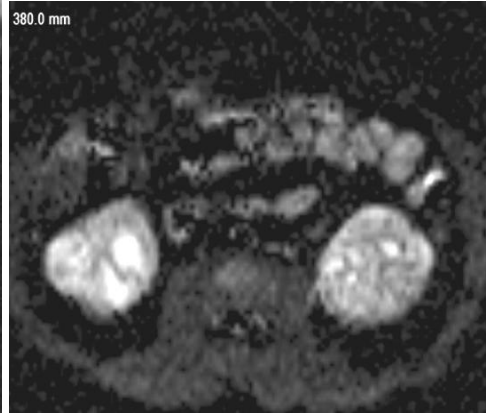
Tablo 1. Normal böbrek parankimi, solid ve kistik lezyonların ADC değerleri

	Malign	Benign	P*
LezyonADC(b0,111,222,333)	1.55±5.7	3.06±1.67	.000
N parankimADC(b0,111,222,333)	2.72±5.9	2.68±1.8	.650
P**	.005	.005	
LezyonADC(b778, 889, 1000)	1.61±4.9	3.15±1.7	.000
N parankimADC(b778,889,1000)	2.12±2.9	2.42±2.3	.019
P**	.013	.005	
LezyonADC (tümb değ)	1.50±5.6	3.10±1.5	.000
N parankimADC(tümb değ)	2.04±2.5	2.29±2.7	.049
P**	.022	.005	

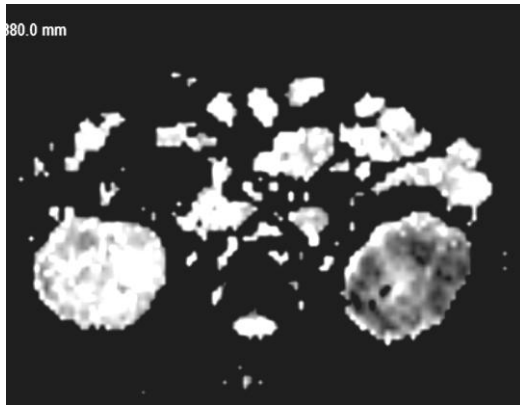
* , Mann whitney u test; **, Wilcoxon sign rank test; ADC, Görünürdeki difüzyon katsayısı (x10⁻³ mm² / s)



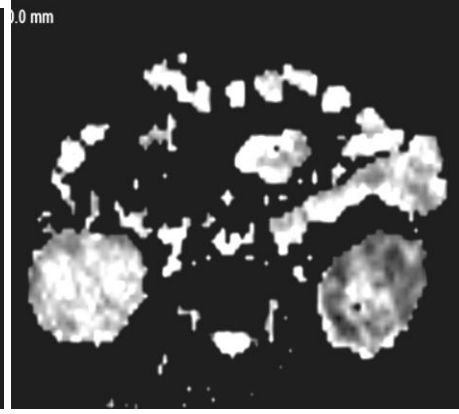
1-A)



1-B)

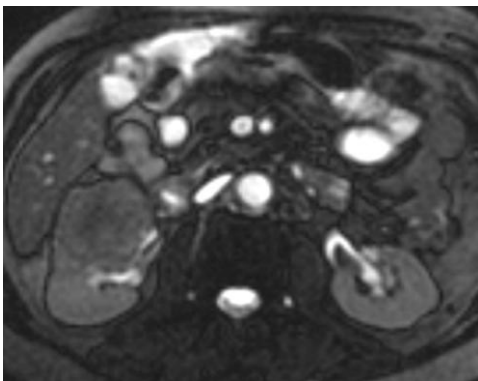


1-C)

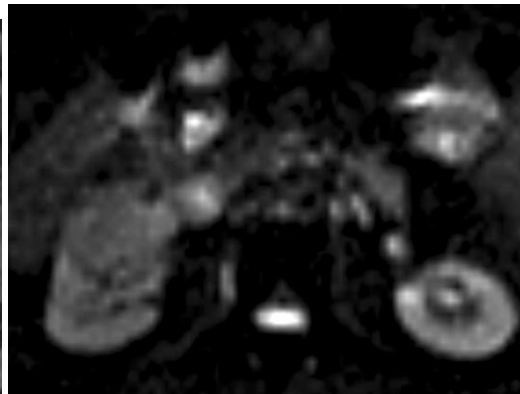


1-D)

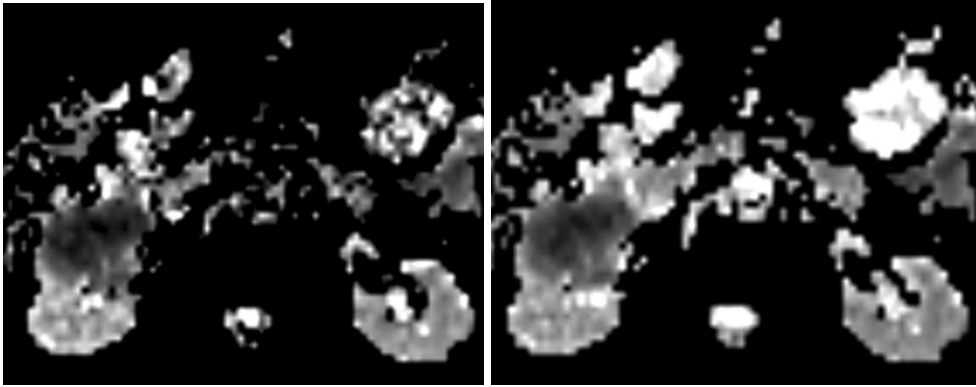
Resim 1. 66-yaşında erkek olgu, her iki böbrek alt polünde grade IV renal hücreli kanser mevcut. (A) Koronal T2-ağırlıklı görüntüleme heterojen, hiperintens, hipointens lezyonları gösteriyor. (B) Aksiyal DA-MRG izo-hiperintens, (C) Aksiyal ADC haritasında minimal hipointens lezyon. (D) İkinci lezyon belirgin kısıtlanmış difüzyon nedeniyle hipointens. ADC değeri lezyon seviyesinde $1,34 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, normal böbrek parankiminde $2,31 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ölçüldü.



2-A)



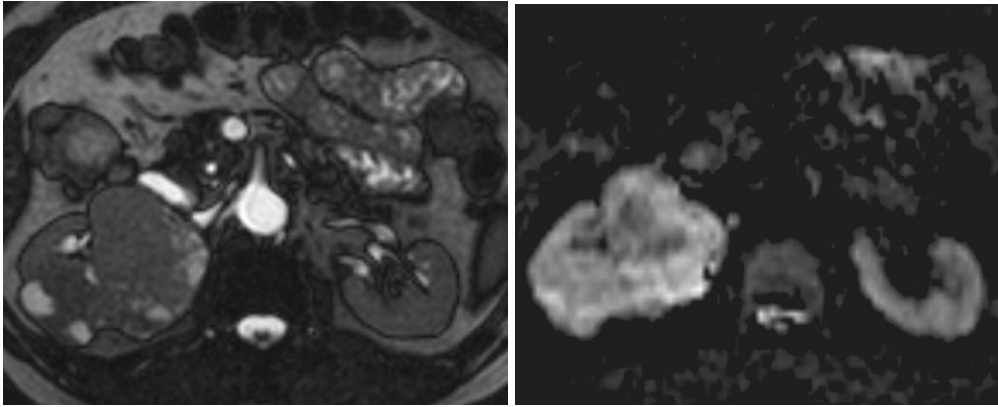
2-B)



2-C)

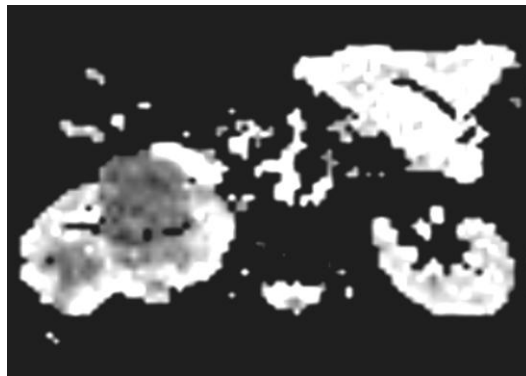
2-D)

Resim 2. 60 yaşında sağ böbrek orta kesimde grade III renal hücreli kanser (A) Aksiyal T2-ağırlıklı görüntüleme hipointens lezyonu gösterir. (B) Aksiyal DA-MRG'de böbreğe göre izointens lezyon. (C) ADC (tümbe değ) ve (D) ADC(b_0 , 111, 222, 333 s/mm²), haritalarında belirgin kısıtlanmış difüzyon nedeniyle hipointens. ADC değeri lezyon seviyesinde $1,51 \times 10^{-3}$ mm²/s, böbrek parankiminde $2,24 \times 10^{-3}$ mm²/s ölçüldü.



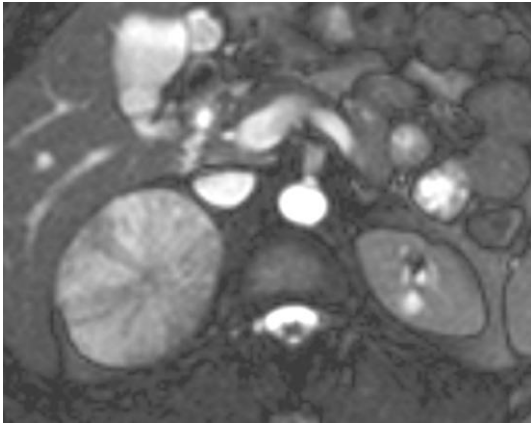
3-A)

3-B)

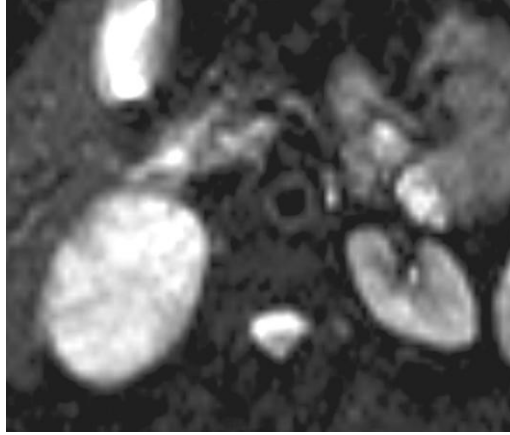


3-C)

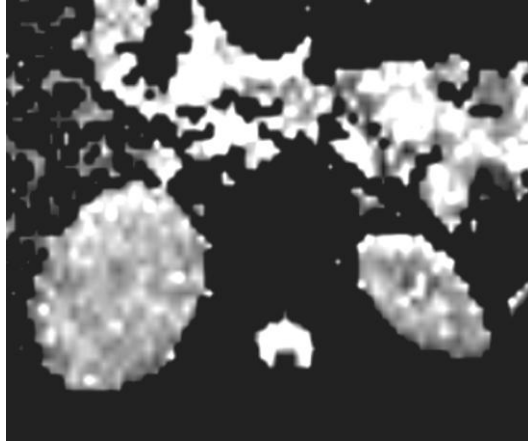
Resim 3. 50 yaşında sağ böbrek alt polde grade II renal hücreli kanser olan erkek olgu. (A) Aksiyal T2-ağırlıklı görüntülemelerde sağ böbrekte hipointens lezyon. Aksiyal DA-MRG böbrekle izointens(B), ADC haritasında belirgin hipointenst(C) ADC değeri lezyon seviyesinde $1,78 \times 10^{-3}$ mm²/s, iken böbrek parankiminde $2,50 \times 10^{-3}$ mm²/s ölçüldü.



4-A)

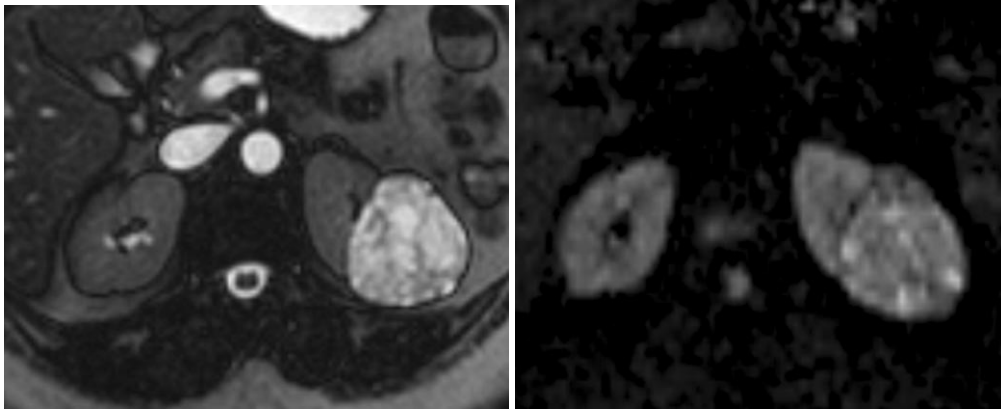


4-B)



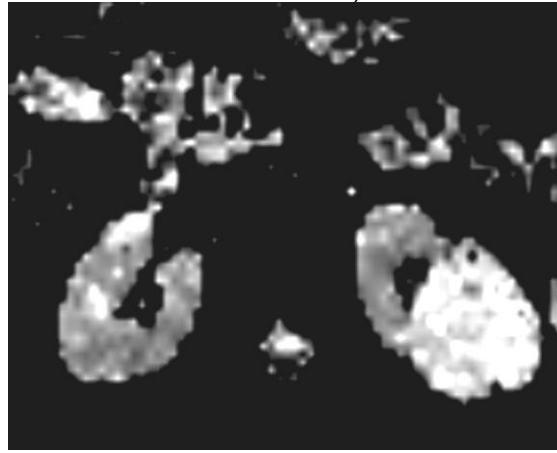
4-C)

Resim 4. Sağ böbrek üst polde onkositom olan 43-yaşında erkek olgu. (A) Aksiyal T2-ağırlıklı görüntüleme heterojen, hiperintens lezyonu göstermekte. Bu lezyon DA-MRG'de (B) hiperintens, ve ADC haritasında (C) minimal hipointens. Lezyonda ADC değeri $2,30 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, iken böbrek parankiminde ADC değeri $2,58 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ölçüldü.



5-A)

5-B)



5-C)

Resim 5. 58-yaşında sol böbrekte kisti olan kadın olgu. Aksiyal T2-ağırlıklı görüntüleme (A), DA-MRG (B) ve ADC haritası (C) sol böbrekte hiperintens lezyonu göstermekte. ADC değeri kist seviyesinde $3,4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$, böbrek parankiminde $2,35 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$ ölçüldü.

TARTIŞMA

Saptanabilir böbrek lezyonlarının yaklaşık % 85'i malign olup renal hücreli karsinom (RHK) yetişkinlerde tüm malignitelerin % 3-3.5'ünü oluşturmaktadır. Bunların hemen hemen % 50'si tesadüfen saptanır¹². Böbrek tümörlerinin tanısı genellikle BT ve MRG'de kontrast tutulumunun varlığı, RHK için sinyal intensitesi ölçümüne dayanılarak konulmaktadır(13). İntravenöz gadolinyum verilmesinden sonra, bir böbrek tümörünün kontrast tutulumu MRG'de malign bir lezyondan kisti ayırmada önemli bir özelliktir. Bununla birlikte, MRG'de kontrast tutulumu

BT'deki kontrast tutulumu gibi kolay ölçülemeyebilir. RHK çevredeki böbrek parankimine göre daha az kontrast tutulumu göstermektedir. Hipovasküler lezyonları, T1A görüntülerde hiperintens lezyonları değerlendirmek zor olabilir. Bazen, böbrek tümörlerinin nekrotik alanları, kistik tümörler benign kistlerle karışacak kadar az kontrast tutabilir¹⁴.

Son zamanlarda, DA-MRG'nin diffüz renal hastalıklar, piyonefroz, renal iskemi, renal enfeksiyon gibi farklı renal hastalıkların değerlendirilmesinde kullanımı ile ilgili çalışmalar rapor edilmiştir¹⁵⁻¹⁸. Böbrek yüksek kan akımına ve su transport fonksiyonlarına sahip bir organ olduğu

için, DA-MRG ADC değerleri ile bu fonksiyonların değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır¹⁹. DA-MRG'de, kullanılan b değeri, kanın mikrodolaşımı, difüzyon gösteren su moleküllerinin mikroçevresi önemlidir. ADC değerleri hem difüzyon hem de perfüzyon etkilerini yansıtır. Düşük b değerleri kullanıldığı zaman (örneğin, $b=50-100$ s/ mm^2), ADC değerleri gerçek difüzyonu gösterir. Fakat yüksek b değerleri (örneğin, $b=1000$ s/ mm^2) bu etkiyi tam olarak gösteremez. Son yıllarda, kanserli dokuların normal dokulara göre daha düşük ADC değerlerine sahip olduğu, düşük ADC değerine sahip olan dokuların DA-MRG'de hiperintens olduğu, bunun da artmış hücre dansitesinden kaynaklandığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır^{20,21}.

ADC renal lezyonların karakterizasyonunda ilave bir parametre olarak kullanılabilir. Malign lezyonlar genellikle benign veya kistik lezyonlara göre DA-MR görüntülerinde daha hiperintens ve düşük ADC değerlerine (kısıtlanmış difüzyona) sahiptir. Yüksek hücresel dansite, çok sayıda intakt hücre su moleküllerinin hareketi için bir bariyer oluşturmaktadır. Cova ve ark'nın¹¹ DA-MRGde 20 fokal renal lezyon için b 0 and 500 s/ mm^2 değerlerini kullanıp, normal böbrek parankimi ile lezyonlar arasında ADC değerlerini karşılaştırdıkları bir çalışmada: ortalama ADC değeri basit kistlerde ($n=13$) 3.65×10^{-3} mm^2/s olup normal böbrek parankiminden daha yüksek bildirilmiştir (ortalama 2.19×10^{-3} mm^2/s). Solid tümörlerde ise ortalama ADC değeri 1.55×10^{-3} mm^2/s ($1.28- 1.83 \times 10^{-3}$ mm^2/s arasında) normal renal parankimden daha düşük bulunmuştur. Diğer bir çalışmada, Squillaci ve ark. solid renal tümörlerde (1.7×10^{-3} mm^2/s) basit kistlere (3.65×10^{-3} mm^2/s) göre daha düşük ADC değerleri göstermişlerdir²². Toplam 67 renal lezyonu değerlendiren Yoshikawa ve ark. ADC değerlerini RHK'da, 2.49 ± 0.26 , kistlerde 3.82 ± 0.39 komplike kistlerde $2.78 \pm$ ($b=0$ ve 600) olduğunu göstermiş olup daha önceki çalışmalarla benzer sonuçlar bulmuştur (6,11,22). Böbrek kistlerinin ADC

değerleri RHK'dan önemli derecede yüksektir (3.82 ± 0.39 ye karşılık $2.49 \pm 0.72 \times 10^{-3}$ mm^2/s). Bununla birlikte, RHK'ların ADC değerleri ile komplike kistler ve normal renal parankimden önemli fark bulunmamıştır. Zhang ve ark. solid ve parsiyel kistik renal kitlelerin (25 hasta) b 0, 500 ve 1000 değerleri kullanılarak yapılan DA-MRG değerlendirmesinde, tümörlerin kistik/nekrotik kısımlarında basit kistlere göre daha düşük ADC değerleri saptadılar: 2.21 ± 0.63 ye karşılık 3.26 ± 0.61 ($p < .05$) (23). ADC değerlerinin dağılımı (ortalama \pm SD $\times 10^{-3}$ mm^2/s) aşağıdaki gibi bildirilmiştir: basit kistler (Bosniak kategori I) (en yüksek ADC 2.78 ± 0.45), kategori II kistler (2.47 ± 0.64) onkositom (1.91 ± 0.97), solid RHK (1.41 ± 0.61).

Bizim olgularımızda, solid böbrek kitlelerinin çevredeki normal böbrek parankimine göre ortalama ADC değerleri önemli derecede düşük olup, lezyonlar ADC haritalarında hipointens, DA-MRG'de hiperintens. İstatistiksel olarak normal böbrek parankimi ile böbrek tümörlerinin ADC değerleri arasında önemli farklar bulundu. Özellikle, malignitenin derecesi arttıkça, bu lezyonların ADC değerleri azalmaktaydı.

Çalışmamızda solid ve kistik böbrek tümörlerinde 3 farklı ADC haritasından [ADC(b_0 , 111, 222, 333), ADC(b_{778} , 889, 1000), ADC(tümb değ)] hesaplanmış üç farklı ADC değeri kullanılmıştır. Bizim sonuçlarımız literatürdeki sonuçlarla uyumluydu. Biz, kistlerde ortalama ADC(b_0 , 111, 222, 333) değerini 3.06×10^{-3} mm^2/s ($2.81-3.30 \times 10^{-3}$ mm^2/s arasında) bulduk, normal renal parankimden önemli derecede yüksekti. ADC(b_{778} , 889, 1000), ADC(tümb değ) değerleri kistler için ADC(b_0 , 111, 222, 333) değerlerine benzerdi. Solid renal tümörlerde ortalama ADC(b_0 , 111, 222, 333) değeri 1.55×10^{-3} mm^2/s ($0.75- 2.25 \times 10^{-3}$ mm^2/s arasında) olup normal parankim ve kistlere göre önemli derecede düşüktü.

Onkositolar ve granüler hücreli karsinomun histolojik yapıları benzediği için ayırıcı tanısı oldukça zordur. Bu iki tümör suyun serbestçe yayıldığı geniş interstisyel aralıklar içerir. Bizim

çalışmamızda, bir tane onkositom olgusu mevcut olup ortalama ADC değerleri $2.36 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$ ölçüldü. Squillaci ve ark. yaptığı bir çalışmada(24), ortalama ADC değerleri sırasıyla granüler hücreli renal karsinom için $2.67 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$ ve onkositom için $1.71 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 / \text{s}$ bulunmuştur. Bu bilgiye zıt olarak, bizim onkositom olgumuzun ADC değerleri malign renal tümörlerden daha yüksek saptanmıştır. Bu sonuç, büyük hasta gruplarında onkositomun ADC değerlerini değerlendirmenin tanısal açıdan önemli olabileceğinin göstergesi olabilir.

Bu çalışmanın sınırlamaları bulunmaktadır. İki, renal tümörlerin çeşidi ve sayısının az olmasıydı. İkincisi, biz ADC değerleri ile tümörlerin hücre içeriği arasındaki ilişkiyi korele edemedik. Çalışmamızda, renal tümörlerin ortalama ADC değeri tümör hücre yapısı ile korele edilemedi, eğer bu mümkün olsaydı, biz renal kitlelerin karakterizasyonunda, sınıflanmasında daha duyarlı ve spesifik bilgiler verebilirdik.

Sonuç olarak, DA-MRG hücre yapısı, hücrelerarası aralık, bileşkeler, histolojik yapı, serbest ve bağlı su içeriği, dokunun büyümesi gibi faktörlere bağlı olarak renal tümörlerin karakterizasyonunda kullanılır. Kontrast madde kullanımı gerekmemesi ve yaklaşık 2 dakika sürmesi bu incelemenin avantajıdır. Bu metod, doku karakterizasyonu için kalitatif ve kantitatif bilgiler verir. Gelecekte, biz ADC değerlerinin renal tümörlerin değerlendirilmesinde daha önemli olacağına inanıyoruz. Özellikle, nefrojenik sistemik fibrozis (NSF) riski olan hastalarda DA-MRG kullanımı yararlı olabilir.

KAYNAKLAR

1. Le Bihan D, Turner R, Douek P, et al. Diffusion MR Imaging: clinical applications. *AJR Am J Roentgenol.* 1992; 159:591-9.
2. Srinivasan A, Goyal M, Azri FA, Lum C. State of the art imaging of acute stroke. *Radiographics* 2006; 26(1):75-95.
3. Al-Okaili RN, Krejza J, Wang S, Woo JH, Melhem ER. Advanced MR imaging techniques in the diagnosis of intraaxial brain tumors in adults. *RadioGraphics* 2006; 26(1):173-189.
4. Yang D, Korogi Y, Sugahara T, et al. Cerebral gliomas: prospective comparison of multivoxel 2D chemical-shift imaging proton MR spectroscopy, echoplanar perfusion and diffusion-weighted MRI. *Neuroradiology.* 2002; 44:656-66
5. 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
6. Yoshikawa T, Kawamitsu H, Mitchell DG, et al. ADC measurement of abdominal organs and lesions using parallel imaging technique. *AJR Am J Roentgenol.* 2006; 187:1521-30
7. Kim T, Murakami T, Takahashi S, Hori M, Tsuda K, Nakamura H. Diffusion-weighted single shot echoplanar MR imaging for liver disease. *AJR Am J Roentgenol.* 1999; 173: 393-98
8. Ichikawa T, Haradome H, Hachiya J, Nitatori T, Araki T. Diffusion-weighted MR imaging with single shot echo planar imaging in the upper abdomen: preliminary clinical experience in 61 patients. *Abdom Imaging.* 1999; 24:456-61
9. Thoeny HC, De Keyzer F, Oyen R, Peeters RR. Diffusion-weighted MR imaging of kidneys in healthy volunteers and patients with parenchymal diseases: initial experience. *Radiology.* 2005; 235:911-17
10. Thoeny HC, Zumstein D, Simon-Zoula S, et al. Functional evaluation of transplanted kidneys with diffusion-weighted and BOLD MR imaging: initial experience. *Radiology.* 2006; 241:812-21.
11. Cova M, Squillaci E, Stacul F, et al. Diffusion-weighted MRI in the evaluation of renal lesions: preliminary results. *Br J Radiol.* 2004; 77:851-57.
12. Duchene DA, Lotan Y, Cadeddu JA, Sagalowsky AI, Koeneman KS. Histopathology of surgically managed renal tumors: analysis of a contemporary series. *Urology.* 2003; 62:827-30
13. Semelka RC, Shoenut JP, Kroeker MA, Macmahon RG, Greenberg HM. Renal lesions: controlled comparison between CT and 1.5 T MR imaging with nonenhanced and gadolinium-enhanced fat-suppressed spin-echo and breath-hold FLASH techniques. *Radiology.* 1992; 182:425-30.
14. Scialpi M, Di Maggio A, Midiri M, Loperfido A, Angelelli G, Rotondo A(2000) Small renal masses: assessment of lesion characterization and vascularity on dynamic contrast-enhanced MR imaging with fat suppression. *AJR Am J Roentgenol.* 175:751-57.
15. Namimoto T, Yamashita Y, Mitsuzaki K, Nakayama Y, Tang Y, Takahashi M. Measurement of the apparent diffusion coefficient in diffuse renal disease by diffusion-weighted echo-planar imaging. *J Magn Reson Imaging.* 1999; 9:832-7

16. Fukuda Y, Ohashi I, Hanafusa K, Nakagawa T, Ohtani S, Annaka Y, et al. Anisotropic diffusion in kidney: apparent diffusion coefficient measurements for clinical use. *J Magn Reson Imaging*. 2000; 11: 156-60.
17. Toyoshima S, Noguchi K, Seto H, Shimizu M, Watanabe N. Functional evaluation of hydronephrosis by diffusion-weighted MR imaging. *Acta Radiol*. 2000; 41:642-6.
18. Chan JHM, Tsui EYK, Luk SH, Fung SL, Cheung YK, Chan MSM, et al. MR diffusion-weighted imaging of kidney: differentiation between hydronephrosis and pyonephrosis. *J Clin Imaging*. 2001; 25:110-3.
19. Muller MF, Prasad PV, Bimmler D, Kaiser A, Edelman RR. Functional imaging of the kidney by means of measurement of the apparent diffusion coefficient. *Radiology*. 1994;193:711-5.
20. Koh DM, Collins DJ. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology. *AJR Am J Roentgenol*. 2007; 188:1622-35.
21. Colagrande S, Carbone SF, Carusi LM, Cova M, Villari N. Magnetic resonance diffusion weighted imaging: extraneurological applications. *Radiol Med (Torino)*. 2006; 111:392-419.
22. Squillaci E, Manenti G, Di Stefano F, et al. Diffusion-weighted MR imaging in the evaluation of renal tumours. *J Exp Clin Cancer Res*. 2004; 23:39-45.
23. Zhang J, Tehrani YM, Wang L, et al. Renal masses: characterization with diffusion-weighted MR imaging –a preliminary experience. *Radiology*. 2008; 247:458-64.
24. Squillaci E, Manenti G, Cova M, Roma M, et al. Correlation of diffusion-weighted MR imaging with cellularity of renal tumours. *Anticancer Research*. 2004; 24: 4175-80.

Yazışma Adresi / Address for Correspondence:

Dr. Elif KARADELİ
Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi
Radyoloji Bölümü
Dadaloğlu Mah. Serin Evler 39 S. No: 6
Yüreğir / ADANA
email: elifkaradeli@gmail.com

geliş tarihi/received :05.03.2012
kabul tarihi/accepted:02.04.2012