



Prostat Kanserinin Endorektal Koilli Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) ile Değerlendirilmesi: Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (DAG) ile Prostat Spesifik Antijen (PSA) Değerleri ve Histopatolojik Tanının Karşılaştırılması

Endorectal Surface Coil MRI of Prostate Cancer: Comparison of Diffusion-Weighted Imaging (DWI) with Prostate-Specific Antigen (PSA) Values and Histopathologic Diagnosis

Mustafa Devran Aybar¹, Önder Turna², Yeşim Karagöz¹, İbrahim Taşkın Rakıcı³, Abdülmuttalip Şimşek⁴

Özet / Abstract

Amaç: Prostat kanseri erkeklerde en sık görülen genitoüriner malignite olup üçüncü en sık rastlanan ölüm nedenidir. Bu çalışmanın amacı endorektal koil kullanılarak gerçekleştirilen prostat manyetik rezonans görüntüleme (MRG) olgularımızda periferik zon yerleşimli prostat kanseri tanısına difüzyon ağırlıklı görüntüleme DAG'nin katkısını araştırmaktır.

Yöntemler: Bu çalışma 2010-2011 yılları arasında hastanemize başvuran ve yaş ortalamaları 66,8 olan (49 ile 85 arası) 38 erkek olguya endorektal koil kullanılan prostat MRG bulgularının klinik bulgularıyla birlikte değerlendirilmesi ile geriye dönük olarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Çalışmaya dahil edilen olgularımızın tamamında histopatolojik olarak prostat karsinomu tanısı doğrulanmıştır. Olgularımızın ortalama Gleason skoru 7 (4+3) idi. Ele aldığımız olguların MRG değerlendirmesinde alışlagelen sekanslarda prostat boyutlarında artış, santral zonda genellikle homojen, periferik zonda homojen olmayan sinyal intensiteleri (S) izlenmekteydi. T1 ağırlıklı görüntülerde (T1AG) genellikle girişimsel işleme ve ikincil hemorajiye bağlı hafif S1 artışı, T2AG'lerde heterojen S1 ve kontrastlı görüntülerde farklı hemorajik bileşenlere bağlı heterojen kontrastlanma paterni dikkati çekmekteydi. DAG'lerde kitlesel lezyonun bulunduğu alanlarda difüzyon kısıtlaması ve bu alana ait ADC haritalamada hipointensite gözlenmekteydi. Olgularımızın ADC haritalarında yaptığımız ölçümler sonrasında ortalama ADC değerleri yaklaşık $0,98 \pm 0,36 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ olarak hesaplandı.

Sonuç: Endorektal koilli prostat MRG prostat biyopsi sonucu negatif gelen olgularda ve prostat kanserinin yerel evrelemesinin yapılmasında önerilmektedir. Ancak biyopsi öncesi prostat MRG kanser tarama ve evrelemede gerekli değildir. DAG'ye eklenen ADC değerleri malign-benign prostat kitelleri ayırımında yardımcı olmaktadır. T2AG'ye eklenen ADC haritalaması prostat kanseri tanılama doğruluk oranını arttırmaktadır. Sonuçlarımız, periferik zon yerleşimli prostat kanseri taramasında ve yerleşimini belirleme- de DAG'nin taniya yardımcı olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Anahtar Kelimeler: Prostat karsinomu, endorektal koil, MRG, DAG-ADC

Objective: Prostate cancer is the third leading cause of death and is the most common genitourinary malignancy in men. The aim of this study is to evaluate the contribution of diffusion-weighted imaging (DWI) in the diagnosis of peripheral zone located prostate carcinoma while performing endorectal surface coil magnetic resonance imaging (MRI).

Methods: This study was performed retrospectively between 2010-2011 to 38 male patients who have 66.8 years age average (between 49-85), according to their prostate MRI findings with an endorectal surface coil correlation with clinical findings.

Results: In this study all of the patients' prostate carcinoma diagnosis were confirmed histopathologically. The mean Gleason score was 7 (4+3). In routine sequences of MRI assessment, we found an increase of the prostate diameters, generally homogenous SI in the central zone and heterogenous SI in the peripheral zone. On T1 WI there was high SI because of previous core biopsy and secondary hemorrhage, on T2 WI there was heterogenous SI. This area was heterogenous on contrast enhanced series because of different hemorrhagic elements. On DWI series there was restricted diffusion at this site and hypointensity on ADC mapping. After ADC mapping of our patients, mean ADC values were measured as $0.98 \pm 0.36 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$.

Conclusion: Currently, prostate MRI with an endorectal surface coil is recommended if cancer is suspected despite negative biopsy findings and for local staging of the cancer. However, a prebiopsy MRI has not been indicated for the detection and localization of cancer. DWI with ADC measurement is useful to distinguish between benign and malignant lesions. Compared with T2WI, the addition of an ADC map improves the diagnostic performance of MRI in prostate cancer detection and localization. Our results showed that DWI improves the diagnosis and detection of prostate carcinoma located in the peripheral zone.

Key Words: Prostate carcinoma, endorectal coil, MRI, DWI-ADC

¹Istanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

²Eyüp Devlet Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

³Aksaray Devlet Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

⁴Lütfiye Nuri Burat Devlet Hastanesi, Üroloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

Yazışma Adresi

Address for Correspondence:

Mustafa Devran Aybar, İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye
Tel.: +90 414 318 40 00
E-posta: mdaybar@gmail.com

Geliş Tarihi/Received:
20.04.2012

Kabul Tarihi/Accepted:
01.04.2013

Çevrimiçi Yayın Tarihi/
Available Online Date: 20.01.2014

© Copyright 2014 by Available online at
www.istanbulmedicaljournal.org

© Telif Hakkı 2014 Makale metnine
www.istanbultipdergisi.org web sayfasından
ulaşılabilir.

Giriş

Prostat kanseri erkeklerde en sık görülen genitoüriner malignite olup üçüncü en sık rastlanan ölüm nedenidir (1, 2). Prostat kanseri tanısı ve yerleşiminin belirlenmesi dijital rektal değerlendirme ve %36,8 doğruluk oranına varan transrektal ultrasonografi (US) eşliğinde biyopsi sonrası serum prostat spesifik antijen (PSA) değerlerinin ele alınması ile gerçekleştirilir (3, 4). Mesane ve prostat değerlendirmesinde manyetik rezonans görüntüleme (MRG); yüksek doku kontrastı, çok kesitli değerlendirme ve doku tanımlama olasılığı sağlayabilmesi nedeniyle oldukça değerlidir (5). Ancak konvansiyonel MRG'de T2 Ağırlıklı sekanslar ekstrakapsüler yayılım ve seminal vezikül tutulumunu değerlendirmek açısından oldukça sınırlı değere sahiptir. Oysa ki difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DAG) gibi güncel fonksiyonel MRG uygulamaları; tümörün yerleşimi, boyutu ve saldırganlığı hakkında daha ayrıntılı bilgi sağlayarak invaziv olmayan tanımlama olanağı sunmaktadır (6). Çeşitli çalışmalar düşük apparent diffusion coefficients (ADC) değerleri temeline dayanarak normal prostatik dokuyla karşılaştırıldığında DAG ile benign ve malign prostatik dokunun ayırt edilebileceğini göstermiştir (6-9). Bu çalışmanın amacı endorektal koil kullanılarak gerçekleştirilen prostat MRG olgularımızda periferik zon yerleşimli prostat kanseri tanısına DAG'nin katkısını araştırmaktır.

Yöntemler

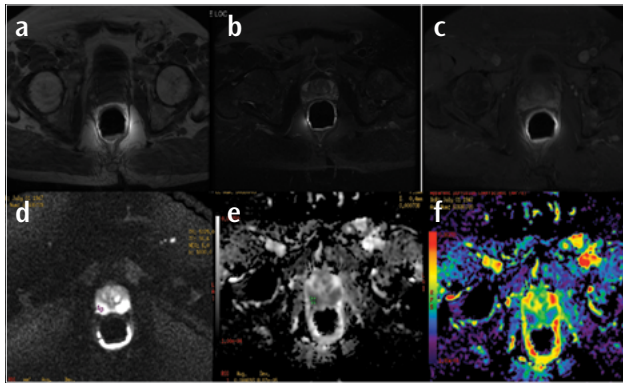
Bu çalışma 2010-2011 yılları arasında hastanemize başvuran, serum PSA değerleri $>2,5 \text{ ng/mL}$ olan ve MRG öncesi 12 farklı kadrandan yapılan histopatolojik değerlendirme ile prostat kanseri

tanısı alan, yapılan işlemler öncesi yazılı aydınlatılmış onamı alınan yaş ortalamaları 66,8 olan (49 ile 85 arası) 38 erkek olguya ait endorektal MRG bulgularının klinik bulgularıyla birlikte değerlendirilmesi ile geriye dönük olarak gerçekleştirilmiştir.

Manyetik rezonans görüntüleme işlemi 1,5T (Signa HD, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) 8 kanallı EİF endorektal koil kullanılarak gerçekleştirildi (body lower by GE, General Electric Medical System, Milwaukee, WI, USA). Endorektal koil balonu hasta dayanıklılığına göre yaklaşık 40-50 mL hava ile dolduruldu. Alışılabilen 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 mm²/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 lezyonlarda, konvansiyonel sekanslar ve kontrastlı kesitlerde kontrast tutan solid kısımlardan ölçüm yapıldı. Bir cm çaplı lezyonların ADC değeri tek bir ROI kullanılarak bulundu. Otuz sekiz olgunun normal prostat parankiminin de ADC değerleri ölçüldü. Çekim işlemi bitirildikten sonra tüm görüntüler Picture Archiving and Communication System (PACS) ve iş istasyonlarına gönderildi.

Bulgular

Çalışmaya dahil edilen olgularımızın tamamında histopatolojik olarak prostat kansinomu tanısı doğrulanmıştı. Olgularımızın 12 farklı kadrardan alınan örneklemeler sonucu yapılan değerlendirmede ortalama Gleason skoru 7 (4+3) idi. Ele aldığımız olguların MRG değerlendirmesinde alışılabilen sekanslarda prostat boyutlarında artış, santral zonda genellikle homojen, periferik zonda heterojen sinyal intensiteleri Sİ izlenmekteydi. Alışılabilen sekanslarda T1A görüntülerde genellikle girişimsel işleme ve hemorajiye sekonder hafif Sİ artışı, T2A görüntülerde heterojen hipo/hiperintensite ve kontrastlı görüntülerde heterojen kontrastlanma özelliği dikkati çekmekteydi. DAG'lerde kitlesel lezyonun bulunduğu alanlarda difüzyon kısıtlaması ve bu alana



Resim 1a-f. Histopatolojik değerlendirmede 8 farklı kadranda prostat adenokarsinomu tanısı mevcut olan 64 yaşında erkek olguya ait aksiyel planda alınan görüntülerde: prostat sağ lateral kesiminde periferik zonda T1AG'de heterojen artmış Sİ (girişime sokonder?) (a), T2AG'de heterojen hipointensite (b), T1A kontrastlı seride kontrast tutulumu (c), DAG'de difüzyon kısıtlanması (d), ADC serisinde aynı yerden düşük ADC ölçüm değeri (e), ADC renklendirme haritasında ölçüm alanının hücresel içeriğe göre farklı renkte boyanması dikkati çekmektedir (f)

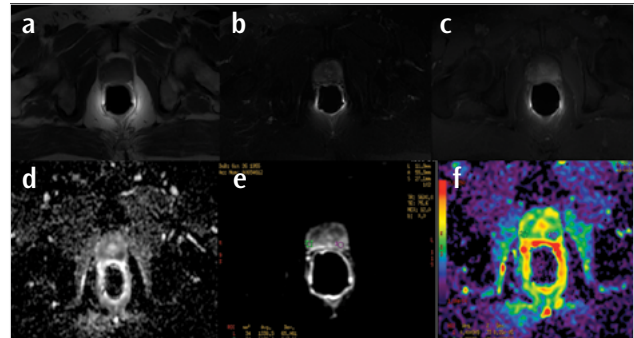
ait ADC haritalamada hipointensite gözlenmekteydi. Olgularımızın ADC haritalarında yaptığımız ölçümler sonrasında ortalama ADC değerleri yaklaşık $0,98 \pm 0,36 \times 10^{-3}$ mm²/s olarak hesaplandı (Resim 1a-f), (Resim 2a-f).

Tartışma

Endorektal koilli prostat MRG prostat biyopsi sonucu negatif gelen olgularda ve prostat kanserinin yerel evrelemesinin yapılmasında önerilmektedir. Ancak biyopsi öncesi prostat MRG kanser tarama ve evrelemede gerekli değildir (10). Prostat görüntülemede DAG dikkat çekici bir yöntem olmakla birlikte prostat kanserine sınırlı DAG uygulamada klinik bilgi yeterli değildir (3). DAG baskılanmış arka zemin varlığında prostat kanseri tanısında doğruluk oranını arttırmaktadır (2). Ayrıca DAG'ye eklenen ADC değerleri malign-benign prostat kitleleri ayırımında yardımcı olmaktadır. T2AG'ye eklenen ADC haritalaması prostat kanseri tanısında doğruluk oranını arttırmaktadır. Sonuçlarımız, periferik zon yerleşimli prostat kanseri taramasında ve yerleşimini belirlemede DAG'nin tanıya yardımcı olduğunu ortaya çıkarmıştır.

T2A görüntüleme prostat kanserinin yerinin belirlenmesi için en yaygın kullanılan yöntemdir. Periferik zondaki prostat kanserlerinin çoğu T2A görüntülerde düşük sinyal intensitesinde, yuvarlak veya sınırları iyi belirlenemeyen odaklar şeklinde görülür. Ancak T2A görüntülerde periferik zonun normal hiperintensitesi içinde hipointens görünüm özgül olmayan inflamasyon, radyoterapi sonrası fibroz, biyopsiye bağlı kanama ve hormon baskılama tedavisi sonrası değişiklikler gibi benign durumlarda da ortaya çıkabilir (3). T2A MR görüntüleme ile prostat kanserinin saptanması için duyarlık ve özgünlük oranları geniş bir aralıkta değişmekte olarak bildirilmiştir (sırasıyla %22-85 ve %50-99) (10).

Difüzyon, su moleküllerinin rastgele mikroskopik hareketlerine verilen isimdir. Mikroskopik düzeyde doku tanımlamasında difüzyonun duyarlı bir belirteç olduğu bilinmektedir. Difüzyonun *in vivo* olarak ölçülmesi günümüzde difüzyon ağırlıklı MRG ve ADC ölçümleri ile mümkündür. Difüzyon MRG dokulardaki su



Resim 2a-f. Histopatolojik değerlendirmede sağ kadrardan alınan örnekleri benigniteyi işaret eden ve sol kadranda bütününde adenokarsinom saptanan 56 yaşında erkek olguya ait aksiyel planda alınan görüntülerde prostat sol bazal orta-lateral kesiminde: T1AG'de hafif artmış Sİ (a), T2AG'de heterojen izo-hiperintensite (b), T1A kontrastlı seride heterojen kontrast tutulumu (c), DAG'de difüzyon kısıtlanması (d), DAG'de kısıtlanma gösteren zondan ve normal dokudan yapılan ölçümler (e), ADC serisinde yapılan renklendirme haritasında ölçüm alanının hücresel içeriğe göre farklı renkte boyanması ve normal doku ile karşılaştırıldığında düşük ADC değeri dikkati çekmektedir (f)

moleküllerinin hareketini sorgular ve sayısallaştırır ve böylece dokulardaki görüntü hareketleri farklılıklarına dayanarak görüntü kontrastı elde eder. Tümör dokuları gibi hücreliliği 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 hücreliliği ve hücresel membranların bütünlüğü hakkında mikropapiller perfüzyon kadar bilgi sağlayabilir. Su difüzyonunun varlığı Difüzyon MRG'de sinyal kaybı ve karşılığı olan ADC'de yüksek değer gözlenir. Bunun aksine tümör hücrelerinde kısıtlanmış difüzyon; difüzyon ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyal intensitesi ve karşılığı olan düşük ADC değerleri ile ortaya çıkar (11).

Birçok yazar prostatın periferik zonunda malign lezyonların ADC değerlerinin ($0,49 \pm 0,13 - 1,66 \pm 0,32 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ arasında) kanseröz olmayan dokulara göre ($1,26 \pm 0,27 - 2,19 \pm 0,24 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ arasında) %20-60 daha düşük olduğunu bildirmiştir (12-16). Son zamanlarda prostat kanserinde ADC değerleri ile tümör hücreliliği arasında bir bağlantı bulunduğu gösterilmiştir (17-19). Çalışmamızın sonuçları ADC ölçümlerimizde kesim değerini yaklaşık $< 1,30 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ aldığımızda malign dokuda tümöral özelliği bulunmayan dokularla karşılaştırıldığında anlamlı derecede düşük ADC değerlerinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır.

Prostat kanserinde ADC değerlerinde görülen anlamlı artışın dokunun yapısından, yani hücreliliğin artışı nedeniyle glandüler elemanların sıkışması ve sıvı içeren periferik zon kanallarının yerini ekstraselüler boşlukların almasından kaynaklandığı düşünülmektedir (20-22). Çalışmamızda önceki çalışmaları destekler biçimde düşük ADC değerlerinin Gleason skorları ile negatif bir uyum içerisinde bulunduğu gösterilmiştir. Tamada ve arkadaşları da kanseröz periferik zondaki ADC değeri ile tümörün Gleason skoru arasında negatif bir uyum bulunduğunu göstermiştir (23). Yoshimitsu ve arkadaşları iyi ve kötü diferansiyel prostat kanserlerinin ADC değerleri arasında anlamlı bir fark olduğunu ve ADC değeri ile prostat kanserinin histolojik derecesi arasında hafif, ancak anlamlı bir bağlantı bulunduğunu saptamıştır (24). DeSouza ve arkadaşları düşük riskli yerel hastalığı bulunanlarla ($\text{Evre} \leq \text{T2a}$ ve Gleason skoru < 7 ve $\text{PSA} < 10 \text{ ng/mL}$) orta ya da yüksek riskli hastalığı bulunanların ($\text{Evre} \geq \text{T2b}$ ve/veya Gleason skoru ≥ 7 ve/veya $\text{PSA} > 10 \text{ ng/mL}$) tümör ADC değerleri arasında belirgin bir fark olduğunu göstermiştir (25).

Çalışmamızın kısıtlamaları öncelikle hasta grubunun sınırlı sayıda olmasıdır. Olguların büyük bir çoğunluğu histopatolojik tanı aldıktan sonra opere olmaktadır. Oysa ki DAG görüntüleme yapılan ölçümler neticesinde düşük ADC değerleri bulunan alanlardan örneklemeler yapıldığında histopatolojik tanı duyarlılığının da artacağı ortadadır. Diğer bir kısıtlamamız kullanılan endorektal yüzey sarmalına hasta dayanıklılığının düşük olmasıdır, bu nedenle bazı hastalar işlem öncesi bilgilendirildikten sonra görüntüleme işleminden vazgeçmişlerdir. Diğer bir sınırlama ise tekniğe bağlı olarak Difüzyon ağırlıklı incelemede solunumsal, kardiyak ya da peristaltik fizyolojik hareketlerin, harekete duyarlı olan bu sekansta görüntü kalitesini ve değerlendirmeyi belirgin şekilde zorlaştırmasıdır. Son olarak sınırlamalar arasına uzaysal çözünürlüğün kullanılan sekansa bağlı olarak özellikle 1 cm^3 'nin altındaki lezyonlarda oldukça düşük olması katılabilir. Çalışmamızın daha geniş sayıda hasta gruplarında ilave çalışmalarla doğrulanması gerekmektedir.

Sonuç

DAG baskılanmış zemin sinyali üzerinde prostatın malign lezyonlarının görüntülerini başarılı bir şekilde sağlamaktadır. Bu yöntemin konvansiyonel sekanslarla bir arada kullanılması örtüşen değerler sorununun üstesinden gelebilir. DAG prostata yönelik değerlendirmede alışlagelen sekanslara eklenebilir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Hakem değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Etik Komite Onayı: Çalışmanın retrospektif tasarımından dolayı etik kurul onayı alınmamıştır.

Hasta Onamı: Yazılı hasta onamı bu çalışmaya katılan hastalardan alınmıştır.

Yazar Katkıları: Fikir - M.D.A., Ö.T.; Tasarım - M.D.A., Ö.T.; Denetleme - Y.K.; Kaynaklar - M.D.A., Ö.T., İ.T.R.; Malzemeler - M.D.A., A.Ş.; Veri toplanması ve/veya işlemesi - M.D.A., Ö.T., A.Ş.; Analiz ve/veya yorum - M.D.A., Ö.T.; Literatür taraması - M.D.A.; Yazıyı yazan - M.D.A.; Eleştirel inceleme - Y.K.

Teşekkür: Yazarlar Doç. Dr. Adil Öztürk'e çalışmaya olan katkısından dolayı teşekkür eder.

Conflict of Interest: No conflict of interest was declared by the authors.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Ethics Committee Approval: Ethics committee approval was not received due to the retrospective nature of the study.

Informed Consent: Written informed consent was obtained from patients who participated in this study.

Author Contributions: Concept - M.D.A., Ö.T.; Design - M.D.A., Ö.T.; Supervision - Y.K.; Funding - M.D.A., Ö.T., İ.T.R.; Materials - M.D.A., A.Ş.; Data Collection and/or Processing - M.D.A., Ö.T., A.Ş.; Analysis and/or Interpretation - M.D.A., Ö.T.; Literature Review - M.D.A.; Writing - M.D.A.; Critical Review - Y.K.

Acknowledgements: The authors thank to Prof. Dr. Adil Öztürk for his contributions to the study.

Kaynaklar

1. Cornfeld DM, Weinreb JC. MR imaging of the prostate: 1.5T versus 3T. Magn Reson Imaging Clin N Am 2007; 15: 433-48. [\[CrossRef\]](#)
2. Kiliçkesmez O, Cimilli T, İnci E, Kayhan A, Bayramoğlu S, Taşdelen N, et al. Diffusion-weighted MRI of urinary bladder and prostate cancers. Diagn Interv Radiol 2009; 15: 104-10.

3. Yağci AB, Ozari N, Aybek Z, Düzcan E. The value of diffusion-weighted MRI for prostate cancer detection and localization. *Diagn Interv Radiol* 2011; 17: 130-4.
4. Andriole GL, Levin DL, Crawford ED, Gelmann EP, Pinsky PF, Chia D, et al. Prostate Cancer Screening in the Prostate, Lung, Colorectal and Ovarian (PLCO) Cancer Screening Trial: findings from the initial screening round of a randomized trial. *J Natl Cancer Inst* 2005; 97: 433-8. [\[CrossRef\]](#)
5. Renken NS, Krestin GP. Magnetic resonance imaging of the kidney. *Semin Ultrasound CT MR* 2005; 26: 153-61. [\[CrossRef\]](#)
6. Woodfield CA, Tung GA, Grand DJ, Pezzullo JA, Machan JT, Renzulli JF 2nd. Diffusion-Weighted MRI of Peripheral Zone Prostate Cancer: Comparison of Tumor Apparent Diffusion Coefficient With Gleason Score and Percentage of Tumor on Core Biopsy. *AJR* 2010; 194: 316-22. [\[CrossRef\]](#)
7. Kim CK, Park BK, Han JJ, Kang TW, Lee HM. Diffusion-weighted imaging of the prostate at 3 T for differentiation of malignant and benign tissue in transition and peripheral zones: preliminary results. *J Comput Assist Tomogr* 2007; 31: 449-54. [\[CrossRef\]](#)
8. Pickles MD, Gibbs P, Sreenivas M, Turnbull LW. Diffusion-weighted imaging of normal and malignant prostate tissue at 3.0 T. *J Magn Reson Imaging* 2006; 23: 130-4. [\[CrossRef\]](#)
9. Hosseinzadeh K, Schwarz SD. Endorectal diffusion-weighted imaging in prostate cancer to differentiate malignant and benign peripheral zone tissue. *J Magn Reson Imaging* 2004; 20: 654-61. [\[CrossRef\]](#)
10. Hricak H, Choyke PL, Eberhardt SC, Leibel SA, Scardino PT. Imaging prostate cancer: a multidisciplinary perspective. *Radiology* 2007; 243: 28-53. [\[CrossRef\]](#)
11. Le Bihan D, Turner R, Douek P, Patronas N. Diffusion MR Imaging: Clinical applications. *AJR* 1992; 159: 591-9. [\[CrossRef\]](#)
12. Issa B. In vivo measurement of the apparent diffusion coefficient in normal and malignant prostatic tissues using echoplanar imaging. *J Magn Reson Imaging* 2002; 16: 196-200.
13. Reinsberg SA, Payne GS, Riches SF, Ashley S, Brewster JM, Morgan VA, et al. Combined use of diffusion-weighted MRI and ¹H MR spectroscopy to increase accuracy in prostate cancer detection. *AJR Am J Roentgenol* 2007; 188: 91-8. [\[CrossRef\]](#)
14. Sato C, Naganawa S, Nakamura T, Kumada H, Miura S, Takizawa O, et al. Differentiation of noncancerous tissue and cancer lesions by apparent diffusion coefficient values in transition and peripheral zones of the prostate. *J Magn Reson Imaging* 2005; 21: 258-62. [\[CrossRef\]](#)
15. Kitajima K, Kaji Y, Kuroda K, Sugimura K. High b-value diffusion-weighted imaging in normal and malignant peripheral zone tissue of the prostate: effect of signal-to noise ratio. *Magn Reson Med Sci* 2008; 7: 93-9. [\[CrossRef\]](#)
16. Kim JH, Kim JK, Park BW, Kim N, Cho KS. Apparent diffusion coefficient: prostate cancer versus noncancerous tissue according to anatomical region. *J Magn Reson Imaging* 2008; 28: 1173-9. [\[CrossRef\]](#)
17. Gibbs P, Liney GP, Pickles MD, Zelhof B, Rodrigues G, Turnbull LW. Correlation of ADC and T2 measurements with cell density in prostate cancer at 3.0 Tesla. *Invest Radiol* 2009; 44: 572-6. [\[CrossRef\]](#)
18. Zelhof B, Pickles M, Liney G, Gibbs P, Rodrigues G, Kraus S, et al. Correlation of diffusion-weighted magnetic resonance data with cellularity in prostate cancer. *BJU Int* 2009; 103: 883-8. [\[CrossRef\]](#)
19. Wang XZ, Wang B, Gao ZQ, Liu JG, Liu ZQ, Niu QL, et al. Diffusion-weighted imaging of prostate cancer: correlation between apparent diffusion coefficient values and tumor proliferation. *J Magn Reson Imaging* 2009; 29: 1360-6. [\[CrossRef\]](#)
20. Kim JK, Jang YJ, Cho G. Multidisciplinary functional MR imaging for prostate cancer. *Korean J Radiol* 2009; 10: 535-51. [\[CrossRef\]](#)
21. Türkbey B, Albert PS, Kurdziel K, Choyke PL. Imaging localized prostate cancer: current approaches and new developments. *AJR Am J Roentgenol* 2009; 192: 1471-80. [\[CrossRef\]](#)
22. Somford DM, Fütterer JJ, Hambroek T, Barentsz JO. Diffusion and perfusion MR imaging of the prostate. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2008; 16: 685-95. [\[CrossRef\]](#)
23. Tamada T, Sone T, Jo Y, Toshimitsu S, Yamashita T, Yamamoto A, et al. Apparent diffusion coefficient values in peripheral and transition zones of the prostate: comparison between normal and malignant prostatic tissues and correlation with histologic grade. *J Magn Reson Imaging* 2008; 28: 720-6. [\[CrossRef\]](#)
24. Yoshimitsu K, Kiyoshima K, Irie H, Tajima T, Asayama Y, Hirakawa M, et al. Usefulness of apparent diffusion coefficient map in diagnosing prostate carcinoma: correlation with stepwise histopathology. *J Magn Reson Imaging* 2008; 27: 132-9. [\[CrossRef\]](#)
25. deSouza NM, Riches SF, Vanas NJ, Morgan VA, Ashley SA, Fisher C, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging: a potential non-invasive marker of tumour aggressiveness in localized prostate cancer. *Clin Radiol* 2008; 63: 774-82. [\[CrossRef\]](#)