



## Derleme

# Prostat Görüntüleme Güncel Teknikler

**Hakan Ayyıldız, Artur Salmaslioglu, Atadan Tunaci, Sukru Mehmet Erturk**

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul

### Özet

Prostat kanseri erkeklerde en sık görülen kanserlerden biridir. Prostat spesifik antijen testi, parmakla rektal muayene veya transrektal ultrasonografi gibi tanı yöntemleri bulunmakla birlikte manyetik rezonans görüntüleme prostat kanserinde doğru ve tekrarlanabilir bir tanı yöntemi olarak önemli bir role sahiptir. Ayrıca hedefe yönelik biyopsilere ve son zamanlarda daha çok kullanılan lokal tedavi yöntemlerine kılavuzluk etmesi önemini daha da arttırmaktadır. Teknik zorluklar, hastanın tolere edememesi ve yorumlamadaki güçlükler nedeniyle "Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS)" hasta hazırlığı ve manyetik rezonans görüntüleme teknikleri için öneriler sunmaktadır. Bununla birlikte doğru tanı oranını ve görüntü kalitesini arttırmak için teknikler geliştirilmeye devam etmektedir. Bu makalede çekimden önce hasta hazırlığı ve teknikler detaylarıyla tartışılmıştır. Ayrıca bi-parametrik manyetik rezonans görüntüleme, radiomiks, T1 ve T2 haritalama gibi yeni tekniklere de değinilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Manyetik rezonans görüntüleme; multiparametrik manyetik rezonans görüntüleme; prostat kanseri.

Atif için yazım şekli: "Ayyıldız H, Salmaslioglu A, Tunaci A, Erturk SM. State-of-the-art Prostate Imaging. Med Bull Sisli Etfal Hosp 2023;57(2):153-162".

Prostat kanseri erkeklerde en sık ikinci görülen kanserdir ve tüm kanserlerin %15'ini oluşturmaktadır.<sup>[1]</sup> Batı ülkelerinde ise erkeklerde en sık görülen kanserdir. Prostat kanseri için en güçlü risk faktörü yaştır.<sup>[1]</sup> Hastaların çoğunluğunu 65 yaş üzeri bireyler oluşturmaktadır. PSA testi, spesifik olmamakla birlikte prostat kanserinin erken tanısına olanak sağlamaktadır. Bu sayede artan bir oranda hastalar erken evrede yakalanabilmektedir.<sup>[2]</sup> Bununla birlikte PSA birçok benign hadisede (Örn. Benign Prostat Hiperplazisi) yükselebilmektedir. Fakat son çalışmalarda PSA tarama çalışmalarının sağkalıma katkısı olmadığı gibi aşırı tanı ve aşırı tedaviye yol açtığı gösterilmiştir.<sup>[3]</sup> Parmakla rektal muayene ise 0,2 ml üzeri tümörleri tespit edebilmekte olup, sensitivitesi oldukça düşüktür.

Günümüzde prostat kanseri, saptandığında dominant bir fokus ve diğer fokusların bir arada bulunduğu, multifokal bir hastalık olarak kabul edilmektedir. Klinik olarak bakıldığında, klinik olarak anlamlı (Gleason  $\leq 6$ ) veya klinik olarak anlamlı (Gleason  $\geq 7$ ) kanserler ayırt edilmelidir.

Multiparametrik Prostat Manyetik Rezonans Görüntüleme (MpMRI), son yıllarda prostat kanseri tanı ve tedavisinde giderek daha önemli hale geldi. Geçmişte abdominal görüntüleme ekstraprostatik uzanım varlığının ve evrenin belirlenmesi amacıyla yapılmaktaydı. Morfolojik ve fonksiyonel sekansların kullanımı daha etkin tanıyı sağladı. MpMRI prostat kanserinin agresiflik derecesini belirlemede, dolayısıyla, klinik anlamlı ve klinik anlamsız prostat kanseri tanısında rol oynamaya başladı. Son veriler hedefe yönelik biyopsilerin, standart biyopsilere göre daha fazla klinik anlamlı kanser ve daha az klinik anlamsız kanser yakaladığını ortaya koydu.<sup>[4]</sup> Fakat hedefe yönelik biyopsilerin yanlış negatiflik oranı yüksek olması nedeniyle, halen standart biyopsilerle birlikte yapılması gerektiği belirtilmektedir.<sup>[5]</sup>

### The Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS)

PI-RADS versiyon 1 European Society of Urogenital Radiology tarafından prostat MRG (Manyetik Rezonans Görün-

**Yazışma Adresi:** Hakan Ayyıldız, MD. İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

**Telefon:** +90 534 973 43 49 **E-posta:** hakanayyildiz77@gmail.com

**Başvuru Tarihi:** 22 Aralık 2022 **Revize Tarihi:** 02 Ocak 2023 **Kabul Tarihi:** 19 Ocak 2023 **Çevrimiçi Erişim Tarihi:** 20 Haziran 2023

©Telif hakkı 2023 Şişli Etfal Hastanesi Tıp Bülteni - Çevrimiçi erişim [www.sislietfaltip.org](http://www.sislietfaltip.org)

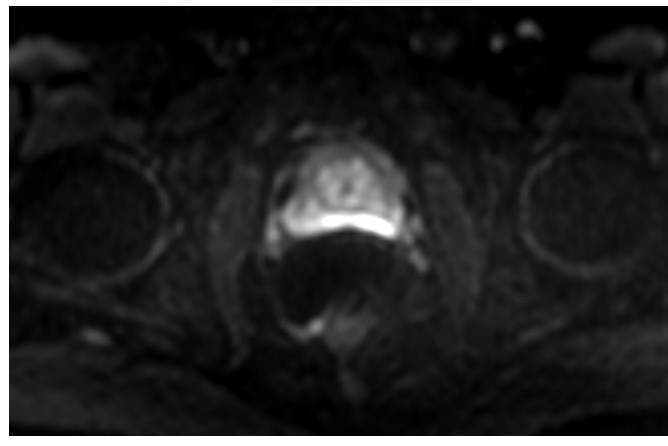
**OPEN ACCESS** This is an open access article under the CC BY-NC license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



tüleme)'de yaşanan hızlı gelişmeler nedeniyle raporları standartize etmek için 2012 yılında tasarlandı.<sup>[6]</sup> PI-RADS versiyon 1 limitasyonlar içeriyordu ve PI-RADS versiyon 2.0 duyuruldu.<sup>[7]</sup> Yayınlandıktan itibaren yapılan çalışmalarda PI-RADS v2.0'in bazı tutarsızlıklar içermesi ve geliştirilmesi gerekliliği nedeniyle 2019 yılında, PI-RADS komitesi PI-RADS v2.1'i yayınladı.<sup>[8]</sup>

### Hasta Hazırlığı

PI-RADS v2.1'e göre tek öneri hastanın çekimden önce rektumu boşaltmasıdır (Şekil 1). Bunun haricinde enema ve



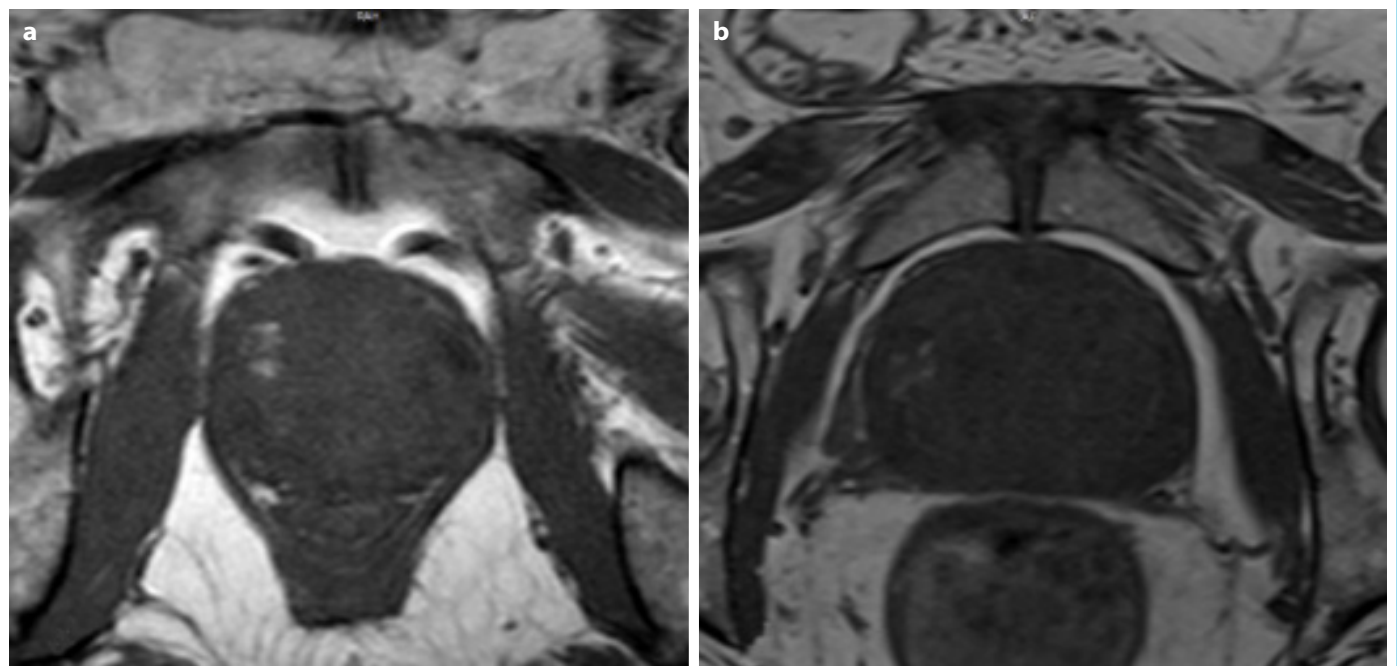
**Şekil 1.** b1400 ile elde edilen difüzyon MRG görüntüsünde rektumdaki gazın prostatın arka periferik bölgesinde oluşturduğu difüzyon kısıtlamaları görülmektedir.

antispazmodik ajan kullanımı opsiyonel olarak bırakılmıştır. Antispazmodik bir ajan olan Hiyosin-N-butilbromür'ün kullanımı Ullrich ve ark., ve Slough ve ark. tarafından yapılan çalışmalarda T2 Ağırlıklı(T2W) görüntülerde iyileşme sağlarken, Roetke ve ark. tarafından yapılan çalışmada iyileşme görülmemiştir.<sup>[9-11]</sup> Difüzyon ağırlıklı görüntülemelerde (DWI) ise iyileşme sağladığı görülmemiştir.<sup>[9-11]</sup>

Coskun ve ark. yaptıkları çalışmada enema kullanımının DWI'da artefaktları azaltmadığını belirtmişlerdir.<sup>[12]</sup> Buna karşın Plodeck ve ark. enema kullanımının DWI artefaktlarında iyileşme yarattığını göstermiştir.<sup>[13]</sup> Coskun ve ark. 1500 s/mm<sup>2</sup> b değerinde çalışmış olup, Plodeck ve ark. 1000 s/mm<sup>2</sup>'de çalışmışlardır. Bu iki çalışma 3 Tesla MRG ile yapılmış olup, hasta sayıları benzerdi (Coskun ve ark.:117 hasta, Plodeck ve ark.: 114 hasta) Lim ve ark. çalışmalarında enema kullanımının T2W görüntülerinde artefakt için anlamlı farklılık saptamamışlardır.<sup>[14]</sup>

### Çekim Zamanı

Biyopsiden sonra manyetik rezonans görüntüleme için 6-8 haftalık bir süre önerilmektedir.<sup>[15,16]</sup> Fakat bazı yayınlarda 6 hafta sonrasında bile hemoraji absorpsiyonunun yetersiz kaldığı belirtilmektedir (Şekil 2).<sup>[17,18]</sup> Choi ve ark. yaptıkları çalışmada manyetik rezonans görüntülemeye evrelemenin biyopsi sonrası intervale ilişki olmadığını göstermiştir.<sup>[19]</sup> Ayrıca kanama miktarının intervale ilişkili olmadığını düşünülmemektedir.<sup>[17,19]</sup> Bu konuda bir konsensus bulunmamaktadır.



**Şekil 2.** Aynı hastanın biyopsi sonrası MRG'si (a) ve 6 ay sonraki MRG'si (b) görülmektedir. Bu iki T1A görüntüde biyopsiden 6 ay sonra elde edilen MRG'de (b) kanamalı bölge kısmen düzelmekle birlikte lateral ve posterior bölgelerde hafif sinyal intensite değişikliklerinin devam ettiği görülmektedir.

Ejekulasyon seminal veziküllerde kollapsına yol açtığından, değerlendirilmelerinde zorluklara yol açabilir.<sup>[20]</sup> Ayrıca ejakulasyonun periferik zonda T2 sinyalini düşürdüğü gösterilmiştir.<sup>[21]</sup> Bazı merkezler 3 gün cinsel perhiz önermektedir ancak yeterli kanıt olmadığından PI-RADS v2.1’de bir öneri yer almamaktadır.

### Teknik Özellikler

PI-RADS v2.1’e göre prostat MRG minimum 1.5 Tesla MR’larda yapılmalıdır.<sup>[22]</sup> Sinyal gürültü oranı (SNR) 3 Tesla kullanımında daha yüksek olup, daha iyi temporal ve uzaysal çözünürlük sağlamaktadır. Fakat suseptibilite artefaktları olabilecek incelemelerde (Örn. Protez) 1.5 Tesla daha tercih edilebilir bir seçenek olmayı sürdürmektedir.

### Endorektal Koil

Endorektal koil (ERC) SNR’yi arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Daha eski olan 1,5 T MR’larda çoğunlukla ERC kullanımını gerekli olmaktadır.<sup>[22]</sup> Bununla birlikte 3T MR’larda da özellikle periferik zonda Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme SNR’yi arttırdığı ve T2 Ağırlıklı görüntüleme anatomik detayları daha iyi yansıttığı son çalışmalarda gösterilmiştir. ERC kullanılan hastalarda daha küçük ve daha az agresif lezyonların tanı oranı artmış, gözden kaçan lezyon oranı azalmıştır.<sup>[23]</sup> Dhath ve arkadaşları Gleason 4+3 ve daha yüksek lezyonlarda ERC kullanılan hastaların, kullanılmayanlara göre tanı oranında anlamlı fark olmadığını, fakat Gleason 3+4 lezyonlarda ERC kullanılan hastalarda tanı oranının daha yüksek olduğunu göstermiştir.<sup>[24]</sup> Tirumani ve arkadaşları tarafından yayınlanan çalışmada ERC kullanılan hastalarda, kullanılmayanlara göre ekstraprostatik ekstensiyon ve seminal vezikül invazyonunda tanı oranında anlamlı farklılık saptanmamıştır.<sup>[25]</sup>

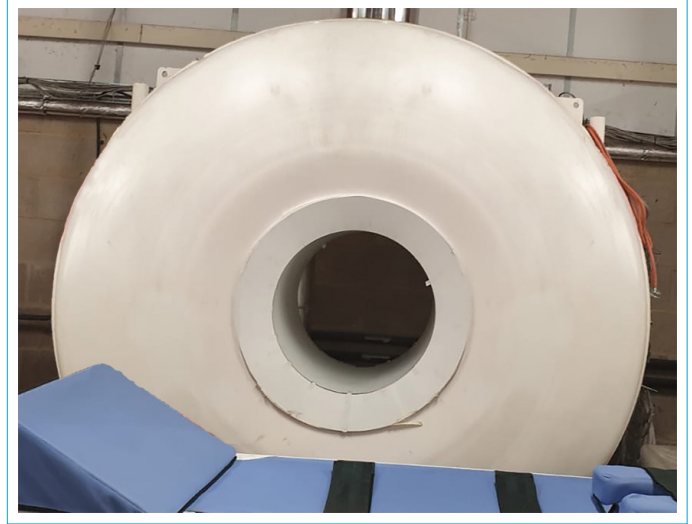
ERC kullanımı için PI-RADS v2.1’de standart bir öneri bulunmamaktadır. ERC kullanımı merkezin MR cihazının özellikleri, kullanılabilirlik, zaman ve hastanın tercihinine göre değerlendirilmelidir.

### Manyetik Rezonans Görüntüleme ile Birlikte Prostat Kanseri Tedavisi

Son zamanlarda, geniş kapsamlı manyetik rezonans görüntüleme teknolojisi ile prostat kanserinde tedavi fırsatı ortaya çıkmıştır.<sup>[26]</sup> Merkezimizde geniş çaplı MR çalışmaları burs desteği ile desteklenmektedir (Şekil 3).

### T2 Ağırlıklı Görüntüleme

T2 ağırlıklı görüntüleme(T2A) prostat MR incelemesinde majör puls sekansıdır. RARE (Rapid Imaging with Refocused Echoes) tekniği ile yapılmalıdır, TSE ve FSE bu tekniğin diğer çeşitleridir. Bu tekniklerde eko treninin uzun olması



Şekil 3. Fakültemizde “wide-bore MR” teknolojisi.

bulanıklık artefaktına yol açmaktadır (Şekil 4).

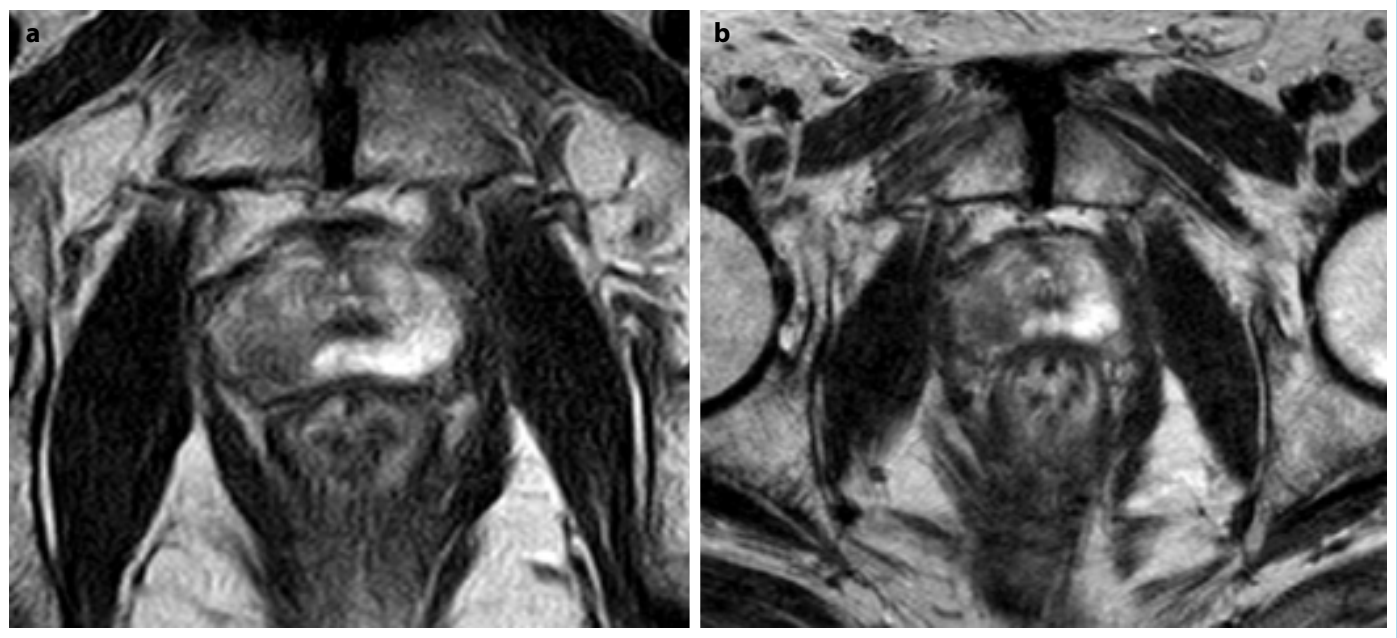
PI-RADS v2.1’e göre birisi aksiyel planda olacak şekilde en az 2 kesit inceleme yapılmalıdır. Aksiyel plan, düz aksiyel veya prostat gland longitudinal aksına göre alınabilir (Şekil 5). Prostat gland longitudinal aksına yönelik olan incelemenin, daha iyi olduğu düşünülmektedir, ancak düz aksiyel plan teknolojistler.<sup>[27]</sup>

Izotropik 3D sekans, 2D görüntülerinin yanında ek olarak yapılabilir. Major avantaj parsiyel volüm etkisinin daha düşük olması ve daha yüksek rezolüsyon sağlamasıdır. Ekstraprostatik ekstensiyonu ve BPH nodüllerinin kapsülünü belirlemede faydalı olduğu düşünülmektedir. Bu görüntüler hareket artefaktlarına daha duyarlıdır. Ayrıca 3D görüntüler elde olunurken, çekim süresini azaltmak için TR süresi kısaltılabilir; fakat bu T1 ağırlığında etkiye yol açabilir (Şekil 6).

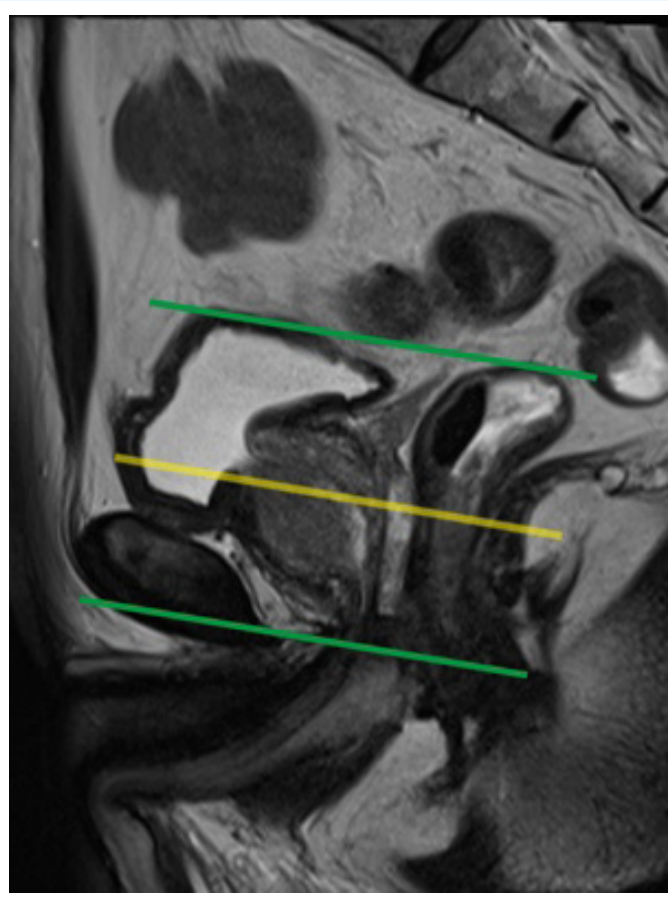
### Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme

Difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DWI), bi-parametrik MR’ın yaygınlaştırılma çalışmalarıyla birlikte daha fazla önem kazanmıştır. PI-RADS v2.1’de spin eko EPI (Echo Planar Imaging) sekansı önerilmektedir. Plan T2 ağırlıklı görüntüleme ile benzer olmalıdır. Bu sekans yüksek SNR oranına sahip olup hızlı olmasından ötürü hareket artefaktlarına daha az duyarlıdır ancak suseptibilite artefaktlarına daha duyarlıdır. Diğer bir teknik olan Single-shot TSE görüntüleme suseptibilite artefaktlarına daha az duyarlıdır ancak sinyal kaybı ve artefaktlar majör handikaplarıdır.

“Reduced field-of-view” (rFOV)-DWI son zamanlarda çıkan yeni bir tekniktir (Şekil 7). Son çalışmalarda tekniğin standart ssEPI’ye göre anatomik distorsiyon ve suseptibilite artefaktlarında görüntü kalitesi artışını sağladığı gösterilmiştir.<sup>[28]</sup> Son zamanlarda çıkan iki yeni makale ise prostat



**Şekil 4.** Uzun eko treninin neden olduğu blur artefaktı T2 Görüntülemeye (a) görülebilir. Görüntüleme uygun parametrelerle ayarlandığında daha iyi görüntü elde edildi (b).

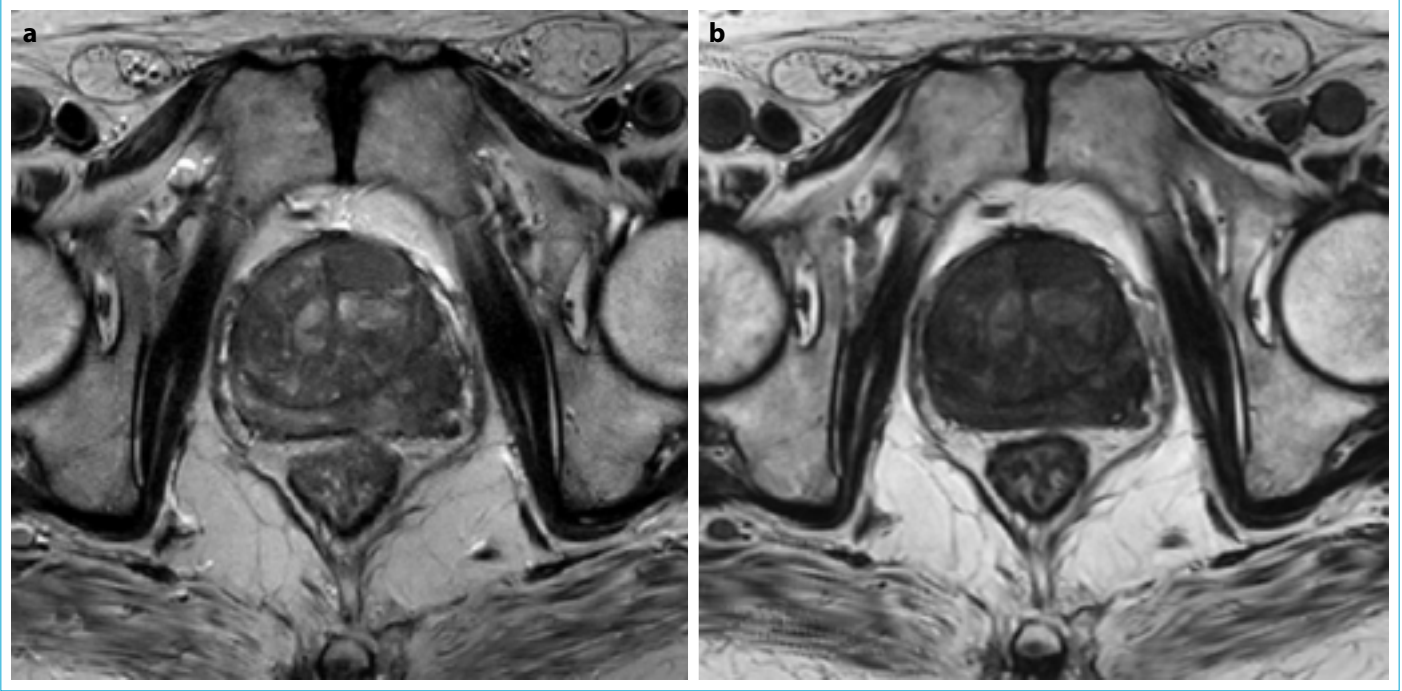


**Şekil 5.** Sagittal T2A görüntüde aksiyal görüntünün oryantasyonu prostat uzun eksenine göre görülmektedir. Superior seminal vezikülden başlanarak taranmalıdır. Yeşil çizgiler tarama aralıklarını temsil eder. Sarı çizgi referans çizgisidir.

kanserini tespit etmede standart DWI'dan farkı olmadığını bildirmişlerdir.<sup>[29,30]</sup>

ssEPI DWI'nın bir diğer dezavantajı ise, manyetik alan gücü arttıkça daha da belirgin olan, blurring artefaktıdır.<sup>[31]</sup> Bu etkinin daha çok T2\* atenuasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Paralel görüntüleme tekniği ile blurring artefaktı azaltılabilse de ssEPI DWI sekansının majör problemlerinden biri olmaya devam etmektedir. Multishot EPI sekansı multipl eksitasyonlarla k boşluğunu doldurduğundan şutlama süresini kısaltır, böylelikle blurring artefaktı azalır ancak faz farklılığı nedeniyle hareket artefaktlarına duyarlıdır.<sup>[32]</sup>

Prostat MR'da yüksek b değeri olarak genellikle günlük pratikte 1500-2000 s/mm<sup>2</sup> kullanılmaktadır. Düşük b değerlerinde yetersiz baskılama, yüksek b değerlerinde ise (3000-5000 s/mm<sup>2</sup> gibi) anatomik rezolüsyonda azalma görülmektedir. Rosenkratz ve ark. yaptıkları çalışmada bilgisayar destekli b değerlerinde prostat kanseri tespitinde 1500-2500 s/mm<sup>2</sup>'yi optimal değer olarak bildirmişlerdir.<sup>[33]</sup> Vural ve ark. benzer şekilde bilgisayar destekli b değerlerinde prostat kanseri tespitinde 2000 s/mm<sup>2</sup> ve 3000 s/mm<sup>2</sup>'yi benzer olarak bildirmişlerdir ve bu iki değeri 1500 s/mm<sup>2</sup>'den üstün olarak bildirmişlerdir.<sup>[34]</sup> Ancak Zhang ve ark. prostat kanseri tespitinde nativ olarak elde ettikleri 3000 s/mm<sup>2</sup> görüntülerinin, 1000 s/mm<sup>2</sup> ve 2000 s/mm<sup>2</sup>'den daha yüksek AUC (Eğri Altında Kalan Alan) sağladığını bildirmişlerdir.<sup>[35]</sup> Yüksek B değerlerinin diagnostik performansının kanıtlanması için prospektif ve çok merkezli çalışmaların yapılması gereklidir.



**Şekil 6.** Sol periferik zonda ekstraprostatik yayılım gösteren lezyonun 2 boyutlu T2 ağırlıklı görüntüsü (a) ve 3 boyutlu izotropik T2 ağırlıklı görüntüsü (b). 3 boyutlu görüntülerde T2A görüntüleri elde edilirken T1 ağırlığında artış gözlemlenebilir. (Medmar Görüntüleme Merkezi'nden izin alınarak alınmıştır.)

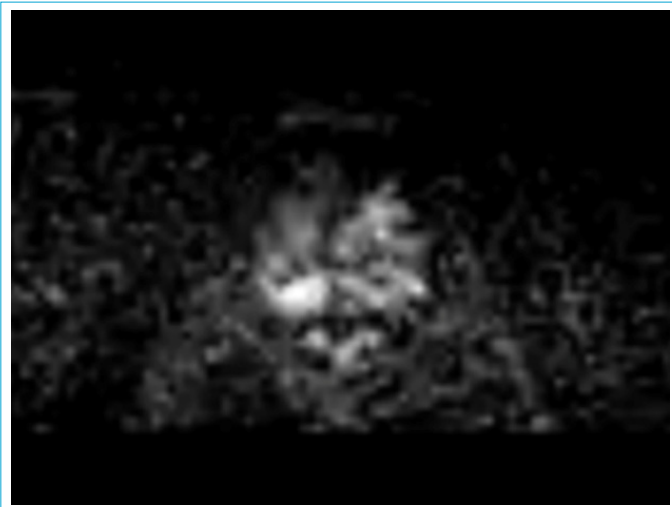
PI-RADS v2.1'de difüzyon ağırlıklı görüntüleme için b değerinin minimum  $\geq 1400$  s/mm<sup>2</sup> alınması önerilmektedir. Ancak ADC (Apparent Diffusion Coefficient) hesaplaması için  $\leq 1000$  s/mm<sup>2</sup> önerilmektedir. Bunun nedeni ise yüksek b değerlerinde çıkabilecek difüzyon kurtosis etkisidir (Şekil 8). Son zamanlarda ADC histogram analizlerinin, standart ADC'ye göre daha yüksek diagnostik oran sağlayıp sağlamadığı araştırılmaktadır. Tamada ve ark. seri MR çekimlerinde 0-10. Persantillerin en iyi sonucu elde ettiğini göz-

lemiştir.<sup>[36]</sup> Zhang ve ark. bi eksponansiyel modelin (IVIM), monoeksponansiyel modele göre daha iyi performans sağladığını göstermiştir.<sup>[37]</sup> Bununla birlikte diğer çalışmalarda daha iyi performans sağlamadığı düşünülmektedir.<sup>[38,39]</sup> Uzatılmış eksponansiyel model ile mono eksponansiyel model arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.<sup>[40]</sup> Difüzyon kurtosis görüntüleme ise çalışılan bir başka model olup, bazı çalışmalarda monoeksponansiyel modele göre daha iyi, bazılarında daha kötü ve bazılarında ise benzer diagnostik performansta olduğu bulunmuştur.<sup>[40,41]</sup> Güncel çalışmalarda; bu modellemelerin, monoeksponansiyel modele göre açıkça iyi olmadığı ve geliştirilmesi gerekliliği görülmektedir.

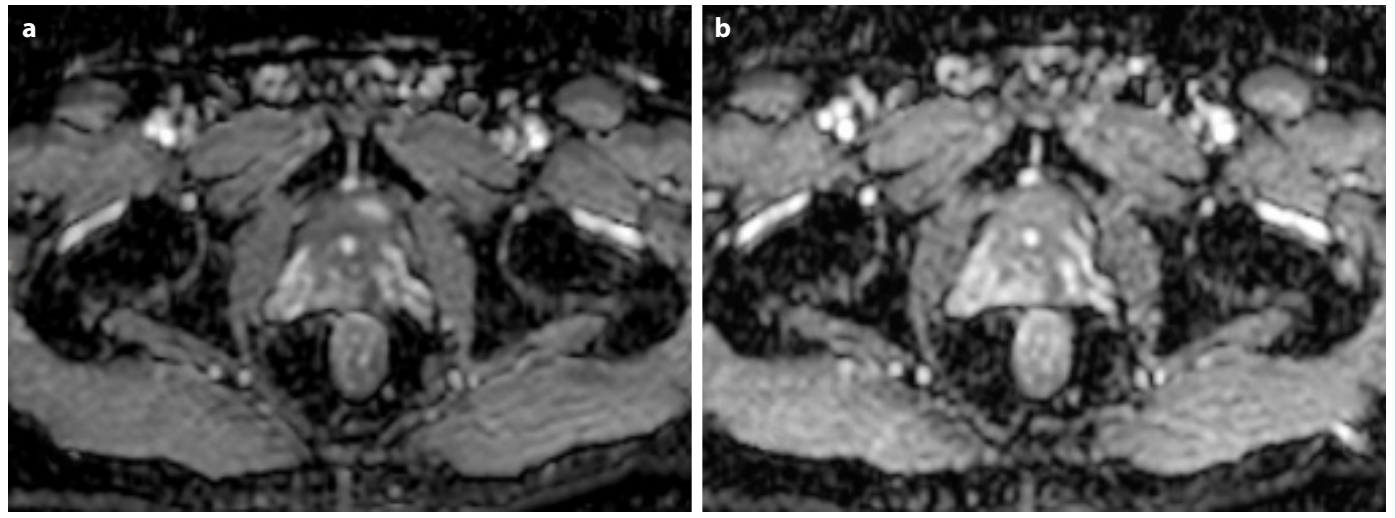
### Dinamik Kontrastlı İnceleme

Dinamik kontrastlı inceleme (DCE) -MRI 2D veya 3D gradient eko görüntüler ile düşük molekül ağırlıklı şelatlı gadolinyum bolus injeksiyonu sonrası seri T1A görüntüler alınarak elde edilir. Yağ baskılı teknik ve subtraction görüntüler önerilmektedir. Mevcut teknolojik gelişmeler nedeniyle 3D daha sıklıkla uygulanmaktadır, bu da görüntü kalitesini artırmaktadır.

Prostat kanserinde anjiogenez ve kapiller permeabilite artış izlenmektedir. Bunun sonucunda erken-fokal kontrastlanma ve washout görülmektedir<sup>[42]</sup>. DCE-MRI standartizasyonunun önemi nedeniyle PI-RADS v2'de detaylı parametreler mevcuttu. DWI için kullanılan görüntüleme planı



**Şekil 7.** Azaltılmış FOV (Field of View) görüntüsünde periferik zon tümörü görülmektedir. (Medmar Görüntüleme Merkezi'nden izin alınarak alınmıştır.)

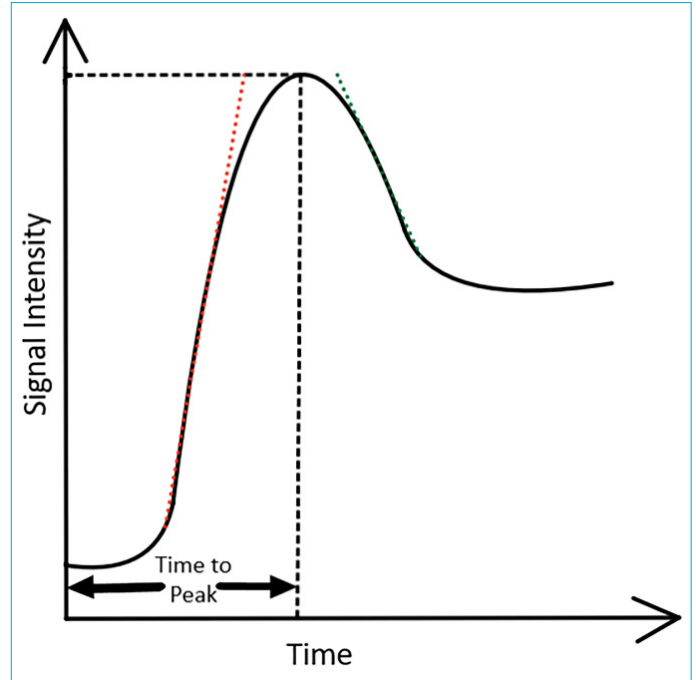


**Şekil 8.** ADC-b800 (a) ve ADC-b1400 (b) görüntüleri gösterilmektedir. Yüksek b değerlerinde ortaya çıkan difüzyon kurtosis etkisi nedeniyle periferik zon tümörü b800 ADC'de daha belirgindir.

DCE-MRI için kullanılmalıdır. Slice thickness 3 mm olmalı, boşluk olmamalıdır. Field of view (FOV) prostat glandını ve seminal vezikülü kapsamalıdır. Minimum temporal rezolüsyon her görüntü için  $\leq 15$  sn olmalı. Gadolinyum bazlı kontrast ajanlar (GBCA) için doz 0,1 mmol/kg, injeksiyon hızı ise 2-3 cc/sn önerilmektedir. Total inceleme zamanı, arada boşluk olmamak kaydıyla minimum 2 dakika olmalıdır. DCE görüntüleme, difüzyon ağırlıklı görüntülemeye yeterli SNR elde edilmediğinde veya artefaktlar mevcut olduğunda 'güvenli-sınır' inceleme olabilmektedir. PI-RADS v2.1'de teknik önerilerde bir değişiklik belirtilmemiş, DCE'nin bazı limitasyonları nedeniyle, DCE'siz uygulananan, biparametrik MRI için bazı önerilerden bahsedilmiştir.

Manyetik alan gücü arttıkça (3 Tesla) sinyal gürültü oranı, uzaysal ve temporal rezolüsyon artar. Çekim süresi kısalır. GBCA kontrast maddelerin ise relaksasyon zamanı ise azalır. Bu sebeplerden ötürü prostat kanseri ile çevre doku arasında kontrast farkı artar, DCE-MRI'in diagnostik performansı artar.<sup>[43]</sup> Endorektal koil özellikle rektal duvar çevresi periferik zonda olmak üzere görüntü kalitesini arttırır fakat çoğu merkezde hasta konforu ve ek ücretler için tercih edilmemektedir.<sup>[44]</sup>

DCE-MRI kalitatif, semi-kantitatif ve kantitatif metodlarla değerlendirilebilir. Kalitatif metod, operatörün görsel değerlendirmesi ile yapılmasıdır. PIRADS v1'de progresif (tip 1), plato (tip 2), 'washout' (tip 3) ve non-diagnostik (tip 0) olmak üzere 4 farklı tip tanımlanmıştır. Semi-kantitatif teknik sinyal-zaman eğrisinde matematiksel hesaplama dayandır (Şekil 9). Matematiksel model kontrastlanma sinyalini yumuşatmak için kullanılır, diagnostik olarak kullanışlı kinetik parametreler üretir. Bu yaklaşım heterojen kontrastlanmalar için avantaj sağlar, yaygın olarak kullanılan kompartman modelleri doğru uzaysal ve temporal yayılımla uyumlu ol-



**Şekil 9.** Semi-kantitatif DCE-MRI parametrelerinin grafiksel genel görünümü. Kırmızı noktalı çizgi "wash-in" oranını temsil eder ve yeşil noktalı çizgi "wash-out" temsil eder.

mayabilir.<sup>[45]</sup> Kantitatif analizinin asıl avantajı permeabilite ve kan akımı gibi ölçümlere olanak sağlamasıdır. Quantitative analizinin zorlayıcı noktası arterial input fonksiyonunun (AIF) doğru ölçümüdür. Spesifik AIF seçilmesinde altın standart kontrast madde injeksiyonu sonrası seri kan alımıdır. Fakat bu yöntem invaziv olduğundan dolayı popülasyonun ortalama genellikle AIF değerleri kullanılır. Kardiyak output farklılıkları AIF'de farklılıklar yaratabilir. AIF kişiden kişiye veya aynı kişide çekimler arasında bile değişim gösterebilir.<sup>[46]</sup>

## Biparametrik MR

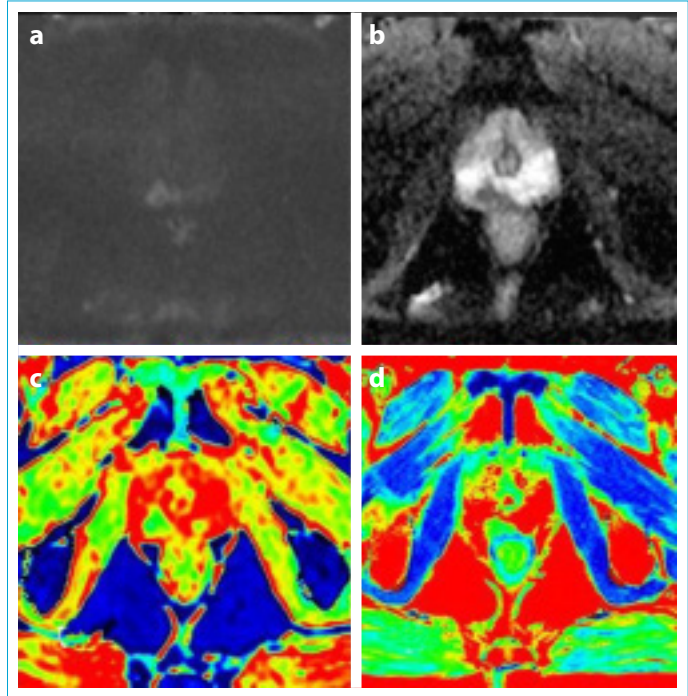
Dinamik kontrastlı incelemenin görüntüleme rolü sınırlı olabilmektedir. Biparametrik MR (bpMRI) daha düşük maliyet ve daha hızlı çekim sağlamaktadır.<sup>[47]</sup> Ayrıca kontrast kullanılmadığı için olumsuz yan etkilerden kaçınılmaktadır. Bu nedenle DCE'siz prostat MR incelemesi olan bpMRI gittikçe artan bir ilgiyle incelenilmektedir. Bazı meta analizlerde bpMRI, mpMRI ile karşılaştırıldığında tatmin edici tanısal oranlar elde etmiştir.<sup>[48]</sup> Fakat bu meta analizlerde değerlendiren operatör sayısı kısıtlı olabilmektedir. Ayrıca bu meta-analizlerde, DCE'nin nispeten katkı sağladığı, düşük kaliteli görüntülerde çalışılmamıştır. PI-RADS v2.1'e göre DCE için 3 endikasyon mevcuttur:

- Klinik anlamlı prostat kanseri içeren PI-RADS 3 lezyonlarının belirlenmesi
- Suboptimal görüntü kalitesi içeren T2 ve DWI görüntülemelerinde asiste etmek
- Daha düşük tecrübeye radyologları asiste etmek
- Ayrıca PIRADS v2.1 bazı durumlarda mpMRI'yi tercih etmeyi önermektedir:
- Önceki biyopsileri negatif, şüpheli PSA yüksekliği olan hastalar
- Aktif izlemde hızlı PSA doubling veya klinik durumda değişiklik
- Daha önce bpMRI çekilmiş, klinik şüphesi devam eden hastalar
- Prostat girişimleri veya ilaç-hormon terapisi alan, prostat anatomisi değişmiş olabilecek hastalar
- Aile hikayesi, genetik predispozisyon ve ortalama riskten yüksek riske sahip olan biyopsi yapılmamış hastalar
- Kalça implantı gibi DWI veya T2 görüntü kalitelerini düşürebilecek durumlar

BpMRI için halen standardize rapor sistemi bulunmamaktadır, bu da meta analizlerde heterojeniteye yol açmaktadır<sup>[49]</sup>. BpMRI'nin geliştirilmesi için daha fazla sayıda çok merkezli metaanalizlere ihtiyaç vardır.

## T1 ve T2 Haritalama

T1 ve T2 haritalama, dokuların T1 ve T2 relaksasyon zamanlarının hesaplanması ve renkli haritalar oluşturulmasına dayanır. Bir TR aralığında birkaç TE zamanında verinin toplanması ile elde olunur. Farklı TE zamanlarında voksellerin ortalama relaksasyon süresi matematiksel olarak hesaplanır. T1 haritalama için 'inversiyon recovery' tekniği olan MOLLI (Modified Look-Locker Inversion Recovery) tekniği, T2 haritalama için spin eko tekniği olan EPI tekniği yapılabilir (Şekil 10).



**Şekil 10.** Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (a) ve ADC (b) görüntüleme, sağ periferik zon, mid-gland hizası posteromedialinde lokalize bir tümör göstermektedir. T1 haritalama (c) ve T2 haritalama (d) görüntüleri de gösterilmiştir. Bu hastanın biyopsi sonrası tanısı adenokarsinom olarak geldi.

T1 ve T2 relaksasyon süreleri cinsiyet, yaş, egzersiz ve hemoglobin gibi çok sayıda parametreyle değişkenlik gösterebilir. Malignitelerin bazılarında T1 ve T2 sürelerinde anlamlı farklılıklar izlenmiştir, bu farklılık kullanılarak özellikle prostat ve meme kanserinde kullanılabileceği düşünülmektedir.<sup>[50]</sup>

## Radiomics

Radiomics; görüntülerden, çıplak gözle görülemeyen, kantitatif özelliklerin çıkartılmasıyla elde edilen verilerle oluşturulan, klinik kararda destekleyici olan, nispeten tıbbın yeni bir alanıdır. Bilgisayarlı tomografi, MR veya diğer modalitelerden boyut, şekil gibi tekstür özellikleri elde edilir. Son dekatta radiomics ile ilgili tümoral ve non-tümoral hastalıklarda çok sayıda çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmalardan bazıları genomik prediksyon ve prognoz tahmini üzerine olup, bazıları ise diagnostiktir. MpMRI'daki son gelişmelere rağmen transizyonel zondaki tümörlerin %25'ine halen tanı koyulamayabilmektedir. Son yıllarda yayınlanan çalışmalarda radiomics'in prostat kanseri tanısı ve lokasyonunu yüksek sensitivite ve spesifite ile belirlediği gösterilmiştir.<sup>[51]</sup> Ayrıca son yıllarda PIRADS, Gleason skoru, ekstraprostatik ekstensiyon varlığı, tümör tedaviye yanıtı ve prognoz prediksyonlarını belirlemede radiomics'in rolü üzerinde çok sayıda çalışma yayınlanmıştır.<sup>[51]</sup> Radiomics üzerine gittikçe artan bir ilgi olup, geliştirilmesi için çok merkezli çalışmalar gerekmektedir.

## Açıklamalar

**Teşekkür:** Bu çalışma üniversitemizin Bilimsel Araştırma Projele-ri Koordinatörlüğü tarafından finanse edilmiştir. Proje numarası: 36427.

**Hakemli:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Bildirilmemiştir.

**Yazarlık Katkıları:** Konsept – H.A., A.S., A.T., S.M.E.; Tasarım – H.A., A.S., A.T., S.M.E.; Denetleme – H.A., A.S., A.T., S.M.E.; Finansman – H.A., A.S., A.T., S.M.E.; Malzemeler – H.A., S.M.E.; Veri toplama ve/veya işleme – H.A., S.M.E.; Analiz ve/veya yorum – H.A., S.M.E.; Lite-ratür taraması – H.A., S.M.E.; Yazan – H.A.; Eleştirel inceleme – A.T., S.M.E.

## Kaynaklar

1. Ferlay J, Soerjomataram I, Dikshit R, Eser S, Mathers C, Rebelo M, et al.Cancer incidence and mortality worldwide: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012. *Int J Cancer* 2015;136:E359–86. [CrossRef]
2. Catalona WJ, Richie JP, Ahmann FR, Hudson MA, Scardino PT, Flanigan RC, et al.Comparison of digital rectal examination and serum prostate specific antigen in the early detection of prostate cancer: results of a multicenter clinical trial of 6,630 men. *J Urol* 1994;151:1283–90. [CrossRef]
3. Dahm P, Neuberger M, Ilic D. Screening for prostate cancer: shaping the debate on benefits and harms. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;Ed000067. [CrossRef]
4. Ahmed HU, El-Shater Bosaily A, Brown LC, Gabe R, Kaplan R, Parmar MK, et al.Diagnostic accuracy of multi-parametric MRI and TRUS biopsy in prostate cancer (PROMIS): a paired validating confirmatory study. *Lancet* 2017;389:815–22. [CrossRef]
5. Tan N, Margolis DJ, Lu DY, King KG, Huang J, Reiter RE, et al.Characteristics of detected and missed prostate cancer foci on 3-T multiparametric MRI using an endorectal coil correlated with whole-mount thin-section histopathology. *AJR Am J Roentgenol* 2015;205:W87-92. [CrossRef]
6. Barentsz JO, Richenberg J, Clements R, Choyke P, Verma S, Villeirs G, et al; European Society of Urogenital Radiology. ESUR prostate MR guidelines 2012. *Eur Radiol* 2012;22:746–57. [CrossRef]
7. Weinreb JC, Barentsz JO, Choyke PL, Cornud F, Haider MA, Macura KJ, et al.PI-RADS prostate imaging - reporting and data system: 2015, version 2. *Eur Urol* 2016;69:16–40. [CrossRef]
8. Turkbey B, Rosenkrantz AB, Haider MA, Padhani AR, Villeirs G, Macura KJ, et al.Prostate imaging reporting and data system version 2.1: 2019 update of prostate imaging reporting and data system version 2. *Eur Urol* 2019;76:340–51. [CrossRef]
9. Ullrich T, Quentin M, Schmaltz AK, Arsov C, Rubbert C, Blondin D, et al.Hyoscine butylbromide significantly decreases motion artefacts and allows better delineation of anatomic structures in mp-MRI of the prostate. *Eur Radiol* 2018;28:17–23. [CrossRef]
10. Slough RA, Caglic I, Hansen NL, Patterson AJ, Barrett T. Effect of hyoscine butylbromide on prostate multiparametric MRI anatomical and functional image quality. *Clin Radiol* 2018;73:e9–216. [CrossRef]
11. Roethke MC, Kuru TH, Radbruch A, Hadaschik B, Schlemmer HP. Prostate magnetic resonance imaging at 3 Tesla: is administration of hyoscine-N-butyl-bromide mandatory? *World J Radiol* 2013;5:259–63. [CrossRef]
12. Coskun M, Mehralivand S, Shih JH, Merino MJ, Wood BJ, Pinto PA, et al.Impact of bowel preparation with Fleet's™ enema on prostate MRI quality. *Abdom Radiol (NY)*. 2020;45:4252–9. [CrossRef]
13. Plodeck V, Radosa CG, Hübner HM, Baldus C, Borkowetz A, Thomas C, et al.Rectal gas-induced susceptibility artefacts on prostate diffusion-weighted MRI with epi read-out at 3.0 T: does a preparatory micro-enema improve image quality? *Abdom Radiol* 2020;45:4244–51. [CrossRef]
14. Lim C, Quon J, McInnes M, Shabana WM, El-Khodary M, Schieda N. Does a cleansing enema improve image quality of 3T surface coil multiparametric prostate MRI? *J Magn Reson Imaging* 2015;42:689–97. [CrossRef]
15. White S, Hricak H, Forstner R, Kurhanewicz J, Vigneron DB, Zaloudek CJ, et al.Prostate cancer: effect of postbiopsy hemorrhage on interpretation of MR images. *Radiology* 1995;195:385–90. [CrossRef]
16. Ko YH, Song PH, Moon KH, Jung HC, Cheon J, Sung DJ. The optimal timing of post-prostate biopsy magnetic resonance imaging to guide nerve-sparing surgery. *Asian J Androl* 2014;16:280–4. [CrossRef]
17. Tamada T, Sone T, Jo Y, Yamamoto A, Yamashita T, Egashira N, et al.Prostate cancer: relationships between postbiopsy hemorrhage and tumor detectability at MR diagnosis. *Radiology* 2008;248:531–39. [CrossRef]
18. Sharif-Afshar AR, Feng T, Koopman S, Nguyen C, Li Q, Shkolyar E, et al.Impact of post prostate biopsy hemorrhage on multiparametric magnetic resonance imaging. *Can J Urol* 2015;22:7698–702.
19. Choi MH, Jung SE, Park YH, Lee JY, Choi Y-J. Multiparametric MRI of prostate cancer after biopsy: little impact of hemorrhage on tumor staging. *Investig Magn Reson Imaging* 2017;21:139–47. [CrossRef]
20. Kabakus IM, Borofsky S, Mertan FV, Greer M, Daar D, Wood BJ, et al.Does abstinence from ejaculation before prostate MRI improve evaluation of the seminal vesicles? *AJR Am J Roentgenol* 2016;207:1205–09. [CrossRef]
21. Medved M, Sammet S, Yousuf A, Oto A. MR imaging of the prostate and adjacent anatomic structures before, during, and after ejaculation: qualitative and quantitative evaluation. *Radiology* 2014;271:452–60. [CrossRef]
22. Purysko AS, Baroni RH, Giganti F, Costa D, Renard-Penna R, Kim CK, et al.PI-RADS version 2.1: a critical review, from the AJR special series on radiology reporting and data systems. *AJR Am J Roentgenol* 2021;216:20–32. [CrossRef]
23. Lee G, Oto A, Giurcanu M. Prostate MRI: is endorectal coil necessary?-A review. *Life (Basel)* 2022;12:569. [CrossRef]



24. Dhatt R, Choy S, Co SJ, Ischia J, Kozlowski P, Harris AC, et al. MRI of the prostate with and without endorectal coil at 3 T: correlation with whole-mount histopathologic Gleason score. *AJR Am J Roentgenol* 2020;215:133–41. [\[CrossRef\]](#)
25. Tirumani SH, Suh CH, Kim KW, Shinagare AB, Ramaia NH, Fennessy FM. Head-to-head comparison of prostate MRI using an endorectal coil versus a non-endorectal coil: meta-analysis of diagnostic performance in staging T3 prostate cancer. *Clin Radiol* 2020;75:157. [\[CrossRef\]](#)
26. de Marini P, Cazzato RL, Garnon J, Shaygi B, Koch G, Auloge P, et al. Percutaneous MR-guided prostate cancer cryoablation technical updates and literature review. *BJR Open* 2019;1:20180043. [\[CrossRef\]](#)
27. Caglic I, Barrett T. Optimising prostate mpMRI: prepare for success. *Clin Radiol* 2019;74:831–40. [\[CrossRef\]](#)
28. Thierfelder KM, Scherr MK, Notohamiprodjo M, Weiß J, Dietrich O, Mueller-Lisse UG, et al. Diffusion-weighted MRI of the prostate: advantages of Zoomed EPI with parallel-transmit-accelerated 2D-selective excitation imaging. *Eur Radiol* 2014;24:3233–41. [\[CrossRef\]](#)
29. Brendle C, Martirosian P, Schwenzer NF, Kaufmann S, Kruck S, Kramer U, et al. Diffusion-weighted imaging in the assessment of prostate cancer: comparison of zoomed imaging and conventional technique. *Eur J Radiol* 2016;85:893–900. [\[CrossRef\]](#)
30. Tamada T, Ream JM, Doshi AM, Taneja SS, Rosenkrantz AB. Reduced field-of-view diffusion-weighted magnetic resonance imaging of the prostate at 3 Tesla: comparison with standard echo-planar imaging technique for image quality and tumor assessment. *J Comput Assist Tomogr* 2017;41:949–56. [\[CrossRef\]](#)
31. Scheenen TW, Rosenkrantz AB, Haider MA, Fütterer JJ. Multiparametric magnetic resonance imaging in prostate cancer management: current status and future perspectives. *Invest Radiol* 2015;50:594–600. [\[CrossRef\]](#)
32. Dai E, Zhang Z, Ma X, Dong Z, Li X, Xiong Y, et al. The effects of navigator distortion and noise level on interleaved EPI DWI reconstruction: a comparison between image- and k-space-based method. *Magn Reson Med* 2018;80:2024–32. [\[CrossRef\]](#)
33. Rosenkrantz AB, Parikh N, Kierans AS, Kong MX, Babb JS, Taneja SS, et al. Prostate cancer detection using computed very high b-value diffusion-weighted imaging: how high should we go? *Acad Radiol* 2016;23:704–11. [\[CrossRef\]](#)
34. Vural M, Ertaş G, Onay A, Acar Ö, Esen T, Sağlıcan Y, et al. Conspicuity of peripheral zone prostate cancer on computed diffusion-weighted imaging: comparison of cDWI1500, cDWI2000, and cDWI3000. *Biomed Res Int* 2014;2014:768291. [\[CrossRef\]](#)
35. Zhang K, Shen Y, Zhang X, Ma L, Wang H, An N, et al. Predicting prostate biopsy outcomes: a preliminary investigation on screening with ultrahigh b-value diffusion-weighted imaging as an innovative diagnostic biomarker. *PLoS One* 2016;11:e0151176. [\[CrossRef\]](#)
36. Tamada T, Dani H, Taneja SS, Rosenkrantz AB. The role of whole-lesion apparent diffusion coefficient analysis for predicting outcomes of prostate cancer patients on active surveillance. *Abdom Radiol (NY)* 2017;42:2340–45. [\[CrossRef\]](#)
37. Zhang YD, Wang Q, Wu CJ, Wang XN, Zhang J, Liu H, et al. The histogram analysis of diffusion-weighted intravoxel incoherent motion (IVIM) imaging for differentiating the Gleason grade of prostate cancer. *Eur Radiol* 2015;25:994–1004. [\[CrossRef\]](#)
38. Bao J, Wang X, Hu C, Hou J, Dong F, Guo L. Differentiation of prostate cancer lesions in the Transition Zone by diffusion-weighted MRI. *Eur J Radiol Open* 2017;4:123–28. [\[CrossRef\]](#)
39. Barbieri S, Brönnimann M, Boxler S, Vermathen P, Thoeny HC. Differentiation of prostate cancer lesions with high and with low Gleason score by diffusion-weighted MRI. *Eur Radiol* 2017;27:1547–55. [\[CrossRef\]](#)
40. Toivonen J, Merisaari H, Pesola M, Taimen P, Boström PJ, Pahikkala T, et al. Mathematical models for diffusion-weighted imaging of prostate cancer using b values up to 2000 s/mm<sup>2</sup>: correlation with Gleason score and repeatability of region of interest analysis. *Magn Reson Med* 2015;74:1116–24. [\[CrossRef\]](#)
41. Suo S, Chen X, Wu L, Zhang X, Yao Q, Fan Y, et al. Non-Gaussian water diffusion kurtosis imaging of prostate cancer. *Magn Reson Imaging* 2014;32:421–7. [\[CrossRef\]](#)
42. de Rooij M, Hamoen EH, Fütterer JJ, Barentsz JO, Rovers MM. Accuracy of multiparametric MRI for prostate cancer detection: a meta-analysis. *AJR Am J Roentgenol* 2014;202:343–51. [\[CrossRef\]](#)
43. Hagberg GE, Scheffler K. Effect of  $r_1$  and  $r_2$  relaxivity of gadolinium-based contrast agents on the  $T_1$ -weighted MR signal at increasing magnetic field strengths. *Contrast Media Mol Imaging* 2013;8:456–65. [\[CrossRef\]](#)
44. Turkbey B, Merino MJ, Gallardo EC, Shah V, Aras O, Bernardo M, et al. Comparison of endorectal coil and nonendorectal coil T2W and diffusion-weighted MRI at 3 Tesla for localizing prostate cancer: correlation with whole-mount histopathology. *J Magn Reson Imaging* 2014;39:1443–8. [\[CrossRef\]](#)
45. Port RE, Knopp MV, Hoffmann U, Milker-Zabel S, Brix G. Multicompartment analysis of gadolinium chelate kinetics: blood-tissue exchange in mammary tumors as monitored by dynamic MR imaging. *J Magn Reson Imaging* 1999;10:233–41. [\[CrossRef\]](#)
46. Lavini C, Verhoeff JJ. Reproducibility of the gadolinium concentration measurements and of the fitting parameters of the vascular input function in the superior sagittal sinus in a patient population. *Magn Reson Imaging* 2010;28:1420–30. [\[CrossRef\]](#)
47. Alver KH, Yagci AB, Utebey AR, Turk NS, Ufuk F. Comparison of multiparametric and fast MRI protocols in detecting clinically significant prostate cancer and a detailed cost analysis. *J Magn Reson Imaging* 2022;56:1437–47. [\[CrossRef\]](#)
48. Greenberg JW, Koller CR, Casado C, Triche BL, Krane LS. A

- narrative review of biparametric MRI (bpMRI) implementation on screening, detection, and the overall accuracy for prostate cancer. *Ther Adv Urol* 2022;14:17562872221096377. [\[CrossRef\]](#)
49. Belue MJ, Yilmaz EC, Daryanani A, Turkbey B. Current status of biparametric MRI in prostate cancer diagnosis: literature analysis. *Life* 2022;12:804. [\[CrossRef\]](#)
50. Hepp T, Kalmbach L, Kolb M, Martirosian P, Hilbert T, Thaiss WM, et al. T2 mapping for the characterization of prostate lesions. *World J Urol* 2022;40:1455–61. [\[CrossRef\]](#)
51. Cutaia G, La Tona G, Comelli A, Vernuccio F, Agnello F, Gagliardo C, et al. Radiomics and prostate MRI: current role and future applications. *J Imaging* 2021;7:34. [\[CrossRef\]](#)