

# Ürogenital Sistem Tümörlerinde PET/MRG: Ne Kadar Yardımcı?

## *PET/MRI in Urogenital System Tumors: How Helpful is it?*

Ayşe Erden<sup>1</sup>, Diğdem Kuru Öz<sup>1</sup>, Elgin Özkan<sup>2</sup>,  
Nuriye Özlem Küçük<sup>2</sup>

### ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Ürogenital tümörlerde pozitron emisyon tomografi/manyetik rezonans görüntüleme (PET/MRG) tekniği hakkında fikir sahibi olmak ve kullanılan radyofarmasötikleri sıralamak
- Prostat kanserinde PET/MRG yönteminin endikasyonlarını açıklamak
- Ürogenital tümörlerde PET/MRG'nin avantajları ve sınırlamalarını sıralamak

Erden A, Kuru Öz D, Özkan E, Küçük NÖ. PET/MRI in Urogenital System Tumors: How Helpful is it?.  
Trd Sem. 2024;12(2):362-387.

### ÖZ

Moleküler ve anatomik görüntülemeyi birleştiren pozitron emisyon tomografi/manyetik rezonans görüntüleme (PET/MRG), ürolojik onkoloji alanında tanı, evreleme, yeniden evreleme ve tedavi yanıtının değerlendirilmesinde kullanılabilir. Rastlantısal olarak saptanan adrenal ve böbrek lezyonlarının karakterizasyonunda PET/MRG, PET/bilgisayarlı tomografiye (BT) göre daha üstündür. Bununla birlikte, adrenokortikal kanser, feokromositom, renal hücreli kanser ve ürotelyal kanserlerin yönetiminde PET/MRG'nin rolü henüz kesin olarak ortaya konmamıştır. Böbrek ve mesane kanseri evrelemesinde rutin kullanımı tartışmalı olsa da bu kanserlerin metastazlarını saptamada ve mesane kanserinin lokal yayılımını değerlendirmede PET/MRG etkin bir yöntemdir. Galyum-68 prostat-spesifik membran antijeni (PSMA) PET/MRG, prostat kanserinin ayrıntılı ve güvenilir olarak değerlendirilmesine olanak veren bir hibrit görüntülemesidir. Prostat-spesifik antijen seviyesi yüksek hastalarda prostat kanserinin saptanmasında da kullanılabilir. PET ve MRG teknolojilerinin entegrasyonu, tümör lokalizasyonunun daha net ve güvenilir tespitine olanak sağlayarak yapılacak biyopsilerin daha güvenli ve tanısal olmasını mümkün kılabilir. PSMA PET/MRG, prostat kanserinde lokal evrelemede ve tedavi sonrasında nüksü saptamada PSMA PET/BT'den daha üstündür. PET/MRG'de, geleneksel PET/BT taramalarına kıyasla, radyasyon dozu daha düşüktür ve bu avantaj, PET/MRG'yi onkolojik hastalarda takip görüntüleme için daha güvenli bir seçenek haline getirmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** FDG, PSMA, PET/MRG, adrenal bez, böbrek, mesane, prostat

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

✉ Ayşe Erden • ayse.erden@medicine.ankara.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.04.2024 • Kabul Tarihi: 15.04.2024



## ABSTRACT

Combining molecular and anatomical imaging, positron emission tomography/magnetic resonance imaging (PET/MRI) can be used for diagnosis, staging, restaging and evaluation of treatment response in urologic oncology. PET/MRI is superior to PET/computed tomography (CT) in the characterization of incidentally detected adrenal and renal lesions. However, the role of PET/MRI in the management of adrenocortical cancer, pheochromocytoma, renal cell carcinoma and urothelial cancers has not yet been definitively established. Although its routine use in renal and bladder cancer staging is controversial, PET/MRI is an effective method for detecting metastases of these cancers and evaluating the local spread of bladder cancer. Gallium-68 prostate-specific membrane antigen (PSMA) PET/MRI is a hybrid imaging modality that allows detailed and reliable evaluation of prostate cancer. It can also be used to detect prostate cancer in patients with high prostate-specific antigen levels. The integration of PET and MRI technologies allows for more precise and reliable detection of tumor localization. This can make prostate biopsies safer and more diagnostic. PSMA PET/MRI is superior to PSMA PET/CT for local staging of prostate cancer and detection of recurrence after treatment. PET/MRI has a lower radiation dose compared to conventional PET/CT scans, making it a safer option for follow-up imaging in oncologic patients.

**Keywords:** FDG, PSMA, PET/MRI, adrenal gland, kidney, bladder, prostate

## GİRİŞ

Günümüzde, bilgisayarlı tomografi (BT) ile kombine edilen pozitron emisyon tomografi (PET) tekniği, onkolojik görüntüleme yaygın olarak kullanılmaktadır. Başlıca kullanım amacı kanserli hastalarda tanı, evreleme, yeniden evreleme ve tedavi yanıtının değerlendirilmesidir [1]. PET/manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ise pahalı bir donanım gerektirmesi nedeniyle PET/BT kadar yaygın değildir. Dolayısıyla, dünya genelinde, PET/MRG ile ilgili klinik uygulamalar ve araştırmaların sayısı grece olarak sınırlıdır.

Klinik deneyimler, MRG'nin mükemmel yumuşak doku kontrast çözümü gücü nedeniyle, PET ile kombine edildiğinde, gerek lezyonların ayırt edilmesi, gerekse karakterizasyonunda önemli rol oynadığını; PET ve MRG komponentlerinden elde edilen metabolik ve anatomik bilginin birlikte yorumlanmasının daha güvenilir bir tanısal yaklaşım sağladığını göstermektedir [2].

Onkolojik görüntüleme, multiparametrik yaklaşımın avantajı, farklı görüntüleme sekanslarından ve tekniklerinden elde edilen çeşitli parametrelerin tamamlayıcı katkılarından kaynaklanmaktadır. Böylelikle, tümörlerin farklı özellikleri değerlendirilebilmektedir. PET/MRG'nin amacı da, multiparametrik MRG'ye (mpMRG), PET ile eklenen metabolik bilginin,

tümör dokusunu değerlendirmeye alternatif bir perspektif sağlaması ve lezyonun farklı bir yönünü vurgulayarak tanısal doğruluğu artırmasıdır. Bu bağlamda, PET/MRG, radyoloji ve nükleer tıp alanlarında kazanılan deneyim ve bilgilere çeşitlilik katma potansiyeline de sahiptir. Makalemizde, PET/MRG tekniğinin ürogenital sistem tümörlerinde potansiyel kullanım alanlarından bahsedilmesi amaçlanmıştır.

## FLOR-18 FLORODEOKSİGLUKOZ (F-18 FDG) NASIL BİR RADYOFARMASÖTİK?

Güncel uygulamalarda, en yaygın kullanılan PET radyofarmasötik F-18 ile işaretli FDG bileşiğidir. Siklotronda üretilen bir radyonüklit olan F-18 birçok molekülün işaretlenmesinde kullanılabilir, pozitron yayar. Yarı ömrü kısa olup intravenöz (iv) enjeksiyon sonrasında birkaç saatlik süre zarfında görüntülenmeye olanak verir [1, 2].

Florodeoksiglukoz ise bir glukoz analogudur. Dokulardaki FDG tutulumu, hücrelerin glukoz kullanımıyla orantılıdır. Dokularda FDG birikimine yol açan başlıca moleküler faktörler, glukoz taşıyıcı membran proteinlerinin aşırı ekspresyonu ve hücre içinde artmış heksokinaz aktivitesidir. **FDG birikimi, o dokuda, sadece hücresel metabolik aktivitenin yoğun olduğunu gösteren bir durumdur. Dolayısıyla, kanser dokusunun yanı sıra, metabolik aktivitesi yüksek**

normal dokular ile enflamatuvar dokularda da FDG tutulumu görülebilir. Patolojik aktivite birikimi, komşu dokulardaki dağılıma göre, radyofarmasötüğün daha fazla miktarda bir tutulum göstermesi şeklinde tanımlanır [1, 2].

## ADRENAL BEZLER

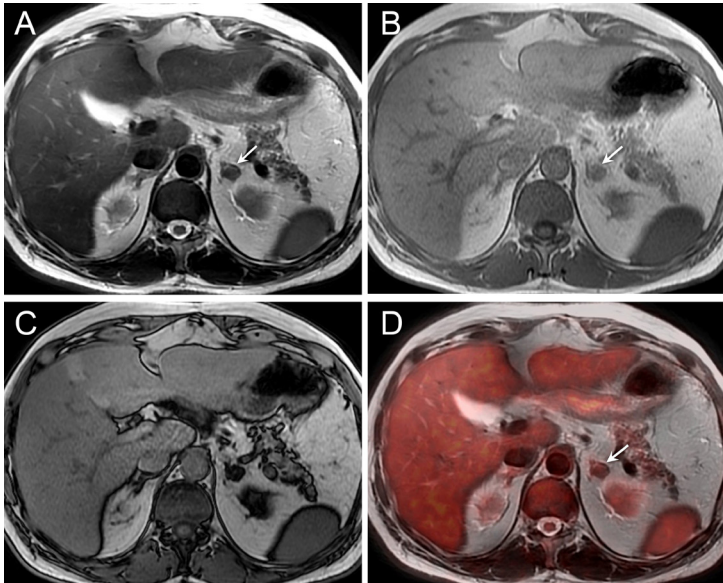
Bilgisayarlı tomografi ile görüntülenen hastaların yaklaşık %5'inde, adrenal bezlerde rastlantısal olarak kitle saptanmaktadır. Onkolojik evreleme için PET görüntüleme yapılan hastalarda da adrenal bez nodüllerine sık rastlanmaktadır [3, 4].

Flor-18 FDG PET/BT, adrenal kitlelerin karakterizasyonunda kullanılabilen bir tekniktir [5]. Ancak benin adrenal lezyonlar yanlış pozitif değerlendirmelere yol açabilmektedir. Hastanın öyküsü, laboratuvar test sonuçları ve diğer görüntüleme bulguları ile dikkatli bir korelasyon yapılmazsa, bazı iyi huylu lezyonları, kötü huylu olanlardan ayırmak zor olabilir.

Onkolojik olgularda, hastanın eski tarihli ve güncel görüntüleme bulguları karşılaştırılarak, adrenal bez boyutlarında artış ve yeni gelişimli patolojik aktivite birikimi olup olmadığının belirlenmesi, özellikle adenom-metastaz ayrımında önemlidir [5]. Ancak, her hastada karşılaştırmaya olanak sağlayacak geçmiş tarihli bir görüntüleme kaydı bulunmayabilir.

## Adenom

Herhangi bir malinitesi olduğu bilinmeyen hastalarda rastlantısal saptanan adrenal bez nodüllerinin %75'i adenomdur [4]. Adenomların yaklaşık %20'si iki taraflıdır [6]. Görsel PET analizinde, adenomda, genellikle karaciğer zemininden daha az FDG tutulumu görülür (Resim 1) [7]. Adenomların çoğunda, maksimum standardize uptake değerleri ( $SUV_{maks}$ ) 3,1'den daha azdır [8]. Hipermetabolik adenomlar nadirdir [9]. Yağdan zengin ve fakir adenomlar arasında SUV bakımından hiçbir fark yoktur [9].  $SUV_{maks}$ 'ın tümör agresifliği ve prognozu



**Resim 1.** Kolon kanseri olan olguda sol adrenal bezde adenom. (A) Transvers T2AG'de sol adrenal bezde, karaciğer dokusuyla izointens nodüler lezyon (ok). (B) Transvers T1A gradient eko aynı faz MRG'de, adrenal lezyonun dalağa kıyasla daha yüksek sinyal intensitesine sahip olduğu görülmekte (beyaz ok). (C) Karşıt fazdaki MRG'de, intraselüler yağ içeriğine bağlı olarak lezyonun sinyal intensitesinde belirgin baskılanma var (beyaz ok). (D) Transvers füzyon PET/MRG'de lezyonda hafif aktivite birikimi (ok) görülmekte. T2AG, T2 ağırlıklı görüntüler; T1A, T1 ağırlıklı; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; PET, pozitron emisyon tomografi.

ile ilişkili bir parametre olduğu gösterilmiştir. Adenomların malin lezyonlardan ayrılmasında, FDG tutulum derecesi önem taşımakla birlikte, küçük adrenal bez nodüllerinin PET ile karakterizasyonu güçtür [3].

Adenomların PET/BT ve PET/MRG ile karakterizasyonu için nodül içindeki yağın saptanması önemlidir. Nodülün, BT’de 10 Hounsfield ünitesinden düşük atenuasyon değerinde olması; dual eko MRG sekansının karşıt faz görüntülerinde sinyal kaybı göstermesi, lezyonun adenom olduğunu güvenilir bir şekilde ortaya koyar (Resim 1). Bununla birlikte, hepatosellüler karsinom ve şeffaf hücreli renal hücreli karsinom gibi bazı kanser metastazları da mikroskopik yağ içerebilir ve karşıt faz görüntüde sinyal düşüşü gösterebilir [10]. Dolayısıyla, bu tür primer kanserlerin adrenal beze olası metastazları hakkında yorum yaparken bu özelliklerini dikkate almak önemlidir.

Dual eko sekansı, genellikle, standart PET/MRG protokolünün bir parçasıdır. Yüz yetmiş üç hastayı içeren bir çalışmada, dual eko sekansı katkısıyla, PET/MRG 16 adrenal insidentalomanın 13’ünü doğru bir şekilde sınıflarken, PET/BT bunların sadece 3’ünün niteliği hakkında doğru yorum yapılmasını sağlamıştır [11]. Adrenal metastazlar, adrenal adenomlardan sıklıkla heterojen sinyal intensiteleri ve diğer metastatik lezyonlara benzer şekilde görece yüksek aktivite birikimi göstermeleriyle ayırt edilebilir [6].

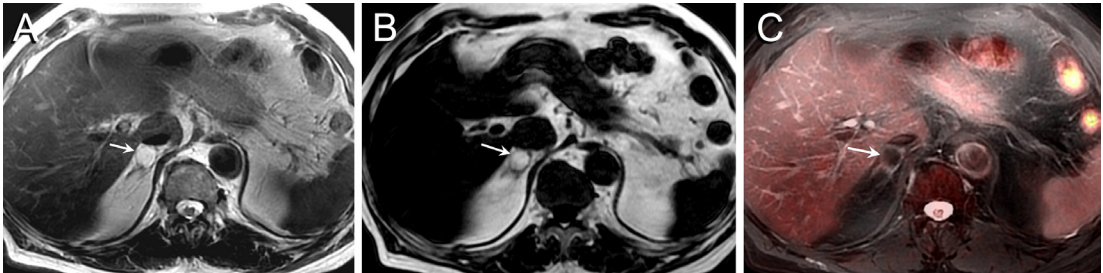
### Miyelolipom

Miyelolipom, matür yağ dokusu içinde yer yer hematopoetik hücre elemanları barındıran, hormonal olarak inaktif, iyi huylu bir adrenal bez tümörüdür. BT’de, yağ doku içeren, psödo-kapsüllü, iyi sınırlı bir adrenal kitle şeklindedir. Yağ dokunun yanı sıra, hematopoetik elemanlara bağlı olarak yer yer yüksek atenuasyonlu içerik barındırabilir [12]. PET/MRG’de miyelolipomlar, tüm sekanslarda yağ dokusuyla izointens sinyal özelliğinde olup tipik olarak karaciğer arka planına göre daha düşük FDG tutulumu gösterir (Resim 2). Hematopoetik elemanları yoğun olduğu takdirde, nadiren, yüksek FDG alımı gösterebilir [6].

### Feokromositoma

Feokromositomalar ve paragangliomlar (FPGL) adrenal medullanın kromaffin hücrelerinden kaynaklanan nöroendokrin tümörlerdir. Feokromositomalı hastaların %90’ından fazlasında idrar metanefrin veya vanilmandelik asit düzeyleri yükselmiştir [6].

Metastaz yapma ve nöks potansiyeline sahip olan bu tümörlerde, prognostik özellikler, ilk tanı sırasındaki histopatolojik değerlendirme ile öngörülemez. Anatomik ve fonksiyonel görüntüleme, tedavi kararlarına rehberlik etmede kritik öneme sahiptir. BT veya MRG’de tümörler hipervaskülerdir ve iv kontrast madde verilmesinden sonra belirgin kontrastlanma gösterirler [6].



**Resim 2.** Kolon nöroendokrin tümörü nedeniyle opere olan olguda sağ adrenal bezde miyelolipom. (A) Transvers yağ baskısız T2AG’de sağ adrenal bezde hiperintens nodüler lezyon (ok). (B) “Sadece yağ” Dixon görüntüsünde, adrenal lezyonun yağ içerikli olduğu görülmekte (ok). (C) Transvers füzyon PET/MRG’de lezyonda FDG tutulumu izlenmemekte (ok). T2AG, T2 ağırlıklı görüntüler; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; FDG, florodeoksiglukoz.

Feokromositoma ve paragangliomlarda genelenksel fonksiyonel görüntüleme tekniği 123 iyot-metaiyodobenzilguanidin tek foton emisyon tomografisidir (SPECT). Bunun yanı sıra, feokromositoma görüntülemesinde FDG de kullanılmıştır [6].

Somatostatin reseptörleri, FPGL'lerde yüksek oranda eksprese edilir. Bu nedenle somatostatin reseptör (örneğin; Galyum-68 ile işaretlenmiş DOTATATE) PET/BT, FPGL tanısında günümüzde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır [13-15]. Ga-68 DOTATATE ile karşılaştırıldığında F-18 FDG radyofarmasötiki çok daha az spesifiktir; ancak metastatik lezyonlardan şüpheleniliyorsa yine de tercih edilebilir [15]. Lezyonlarda, Ga-68 DOTATATE PET/BT'de tutulum, FDG PET/BT'ye göre anlamlı olarak daha yüksektir ve median SUV<sub>maks</sub> değerleri sırayla 21 ve 12,5 olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, Ga-68 DOTATATE, FPGL tanısında, tercih edilen görüntüleme modalitesidir [16]. FPGL olgularındaki kemik metastazlarının tanısında, mp PET/MRG'nin doğruluğu PET/BT'den yüksek bulunmuştur [15].

Pozitron emisyon tomografi/BT'nin FPGL saptamadaki mükemmel performansı, PET/MRG'nin de bu amaçla etkin bir şekilde kullanılabileceğine işaret etmektedir. Yumuşak doku kontrastının yüksek olması ve radyasyona maruziyetin çok daha az olması sayesinde, entegre PET/MRG, gelecekte, bu konuda, daha yaygın bir kullanım potansiyeline sahip olacaktır.

### Adrenokortikal Karsinom

Adrenokortikal karsinom (AKK) nadir görülen ve agresif bir malin neoplazidir. Kesitsel görüntülemenin artan kullanımı, daha fazla sayıda AKK'nin tesadüfen daha erken bir aşamada tespit edilmesine yol açmıştır. Tümörlerin yaklaşık %80'i fonksiyoneldir. AKK'nin kontrastsız BT'deki tipik görünümü, büyük, non-homojen ancak iyi sınırlı bir adrenal kitle şeklindedir. Boyutunun büyük olması nedeniyle komşu yapılarda baskıyla yer değişikliğine neden olur. İntravenöz yolla kontrast madde uygulamasından sonra, tümörde homojen olmayan bir kont-

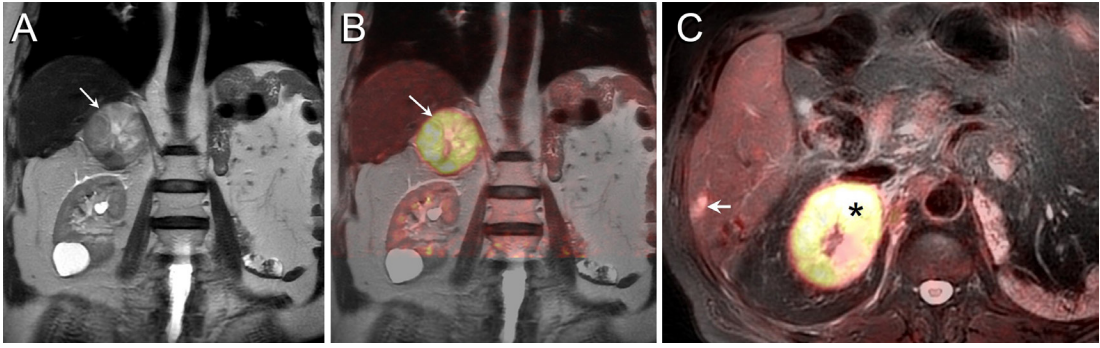
rastlanma olur; santral nekroz nedeniyle tipik olarak lezyon merkezinde görece az, lezyon periferinde daha fazla kontrastlanma görülür [6].

Pozitron emisyon tomografi, AKK'nin ilk evrelemesinde ve lokal nüksün saptanmasında tanısal BT'yi tamamlayıcı bir rol oynayabilir. AKK genellikle FDG'ye bağımlı bir tümördür. FDG PET veya PET/BT primer tümörü, lokal rekürrensi ve uzak metastazları ortaya koyabilir. AKK'li 28 hastayı kapsayan bir çalışmada, tanısal BT ile kombine edilen PET tekniğinde, akciğer metastazlarının %89'u, periton ve abdominal lenf nodu (LN) metastazlarının %75'i, kemik metastazlarının %70'i ve karaciğer metastazlarının %60'ı saptanmıştır [17]. AKK evrelemesinde, PET/MRG kullanımına ilişkin bir çalışma olmamakla beraber, MRG'nin yumuşak doku kontrast çözümüleme gücü PET/BT'ye göre daha yüksek olduğu için, PET/MRG karaciğer ve periton metastazları yanı sıra lokal nüksü saptamada da avantajlı olabilir (Resim 3).

### Lenfoma

Primer adrenal non-Hodgkin lenfoma, sıklıkla yaşlı kişilerde ortaya çıkar. Olguların %60'ında iki taraflı adrenal tutulumu vardır. Tanı anında, hastaların 2/3'ünde adrenal yetmezlik bulunur. Erken adrenal lenfomada, adrenal bezin üçgen şekli korunmuş olmakla birlikte, bezde kalınlaşma ve boyut artışı görülür [18]. Bu görünümüyle adrenal hiperplaziye benzer. Klinik bulgular ve laboratuvar testleri, adrenal lenfomayı adrenal hiperplaziden ayırmada faydalıdır. Vücudun diğer bölgelerindeki çoğu lenfoma gibi, adrenal lenfoma da FDG aktivitesi gösterir. FDG PET yöntemi, BT veya MRG ile birlikte kullanıldığında, primer adrenal lenfomadan etkilenen hastalarda evreleme, yeniden evreleme ve tedavi yanıtının değerlendirilmesinde yararlı olabilir. Başarılı bir tedaviden sonra, adrenal lezyonlarda ve diğer metastatik odaklarda FDG tutulumunda azalma görülür ve ilgili adrenal bezler sıklıkla orijinal boyutlarına ve konfigürasyonlarına geri döner [19].





**Resim 3.** Sol adrenokortikal kanser nedeniyle adrenalektomi ve sol nefrektomi uygulanan olguda sağ adrenal bezde adrenokortikal kanser metastazı. (A) Koronal T2AG'de, sağ adrenal bezde santralinde nekrotik doku içeren geniş heterojen kitle (ok), primer adrenokortikal kanserlerin tipik morfolojik özelliklerini taşımakta. (B) Koronal füzyon PET/MRG'de adrenal kökenli geniş kitlede yoğun FDG tutulumu (ok). (C) Transvers füzyon PET/MRG'de karaciğer metastazında FDG tutulumu (ok). Asterisk (\*), sağ adrenal lezyonu işaret etmekte. T2AG, T2 ağırlıklı görüntüler; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; FDG, florodeoksiglukoz.

### Metastaz

Adrenal bez, uzak metastazların en sık görüldüğü organlardan biridir. Adrenal metastazı olan 464 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada, en yaygın primer tümör bölgesinin akciğer (%35) olduğu, bunu mide (%14), özofagus (%12), karaciğer ile safra kanallarının (%10) izlediği gösterilmiştir [6]. Adrenal metastazlar, hastaların yaklaşık %50'sinde iki taraflıdır (Resim 4). Çoğunlukla asemptomatiktir ve çoklu organ metastazlarının bir parçası olarak tespit edilir.

Kanserli hastalarda adrenal lezyonların karakterizasyonu, primer hastalığı evrelendirmek, prognozu öngörmek ve tedaviyi yönlendirmek için gereklidir. FDG PET, kanserli hastalarda adrenal kitlelerin benin ve malin ayrımında doğruluğu yüksek bir yöntemdir [3]. PET/MRG erken evre metastazların karakterizasyonunda başarılıdır (Resim 5).

Adrenal bez metastazlarında FDG tutulumu, genellikle karaciğer zeminine göre daha yüksektir (Resim 4). Akciğer kanserlerindeki adrenal bez metastazlarının yaklaşık %90'ının, karaciğer zeminine göre önemli ölçüde daha yüksek FDG tutulumu gösterdiğini bildirmiştir [6]. **Böbrek kanserinden veya nöroendokrin tümörden kaynaklanan adrenal metastazlar, erken metastazlar ve nekrotik/hemorajik metastazlar-**

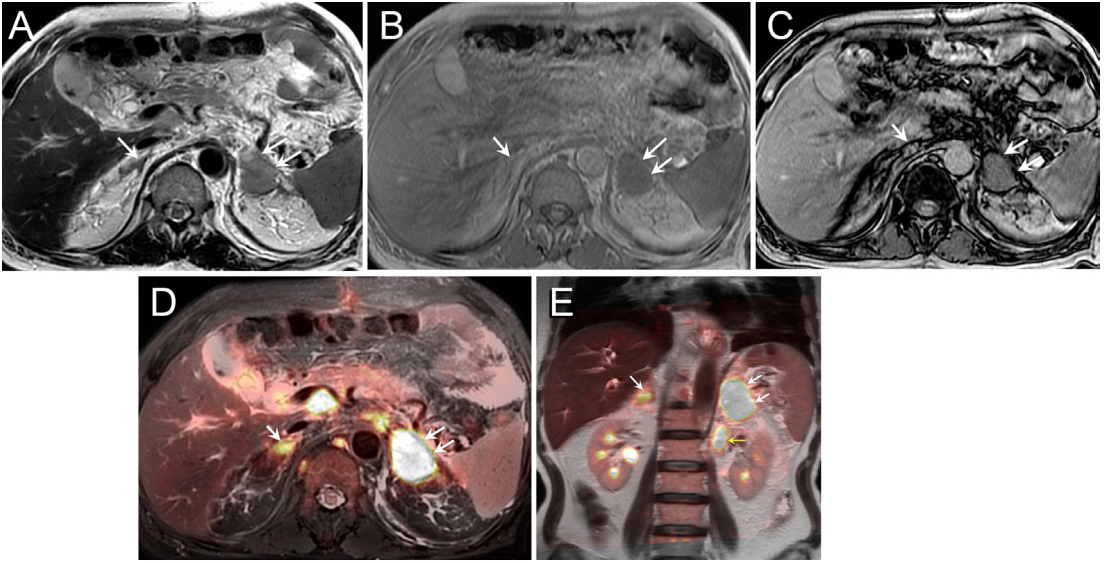
**da FDG tutulumu silik olabileceği için yanlış negatif sonuçlar olabilir [6].**

### BÖBREK KANSERİ

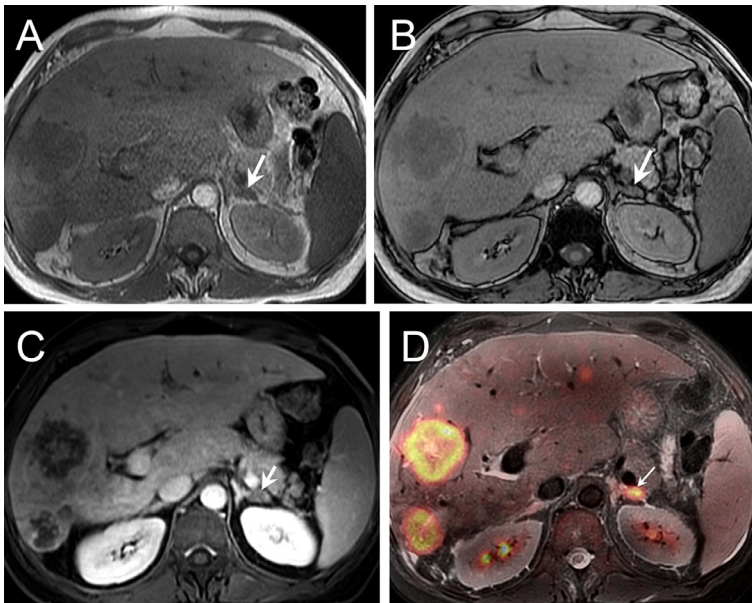
Böbrek kanserleri, dünya genelinde, yıllık olarak, tüm kanser olgularının %2,2'sini ve kansere bağlı ölümlerin %1,8'ini oluşturmaktadır [20]. Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) bir alt kuruluşu olan Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı'nın 2020 yılında yayımladığı küresel kanser yükü verilerine göre, ülkemizde böbrek kanseri olan 5,125 yeni olgu bildirilmiştir. Buna göre, tüm kanserler içinde, ülkemizde 15. sırada yer almakta olup insidansı dünya geneline benzer şekilde %2,2; mortalite oranı %1,6 olarak rapor edilmiştir [21].

Böbrek tümörlerinin çoğu, böbrek parankiminden (renal hücreli tümörler), çok daha küçük bir bölümü böbrek toplayıcı sisteminin ürotelyumundan (ürotelyal karsinom) veya mezenşimal dokudan (anjyomiyolipom, leyomyom, liposarkom) kaynaklanır (Resim 6) [22]. Renal hücreli kanserler, erkeklerde kadınlara göre neredeyse iki kat daha sık görülür. Tanı yaşı genellikle 40'ın üzerindedir; ortalama yaş 60'ların ortasıdır.

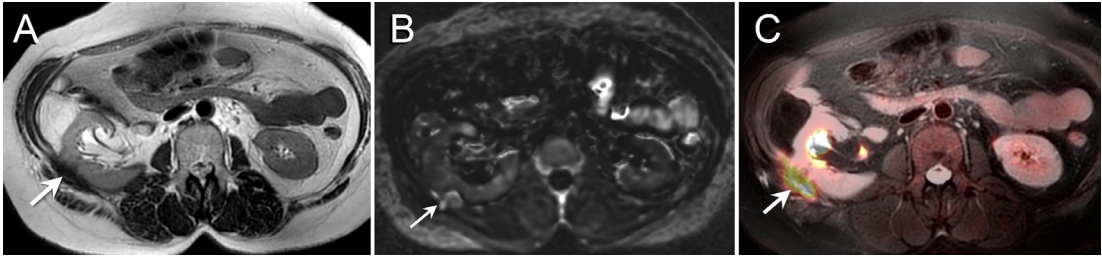
Renal hücreli kanserlerin farklı alt tiplerinde, hastalık progresyonu ve metastatik potansiyel



**Resim 4.** Opere mide kanseri (total eksize mide + özofagojejunostomi) tanısıyla izlenen olguda bilateral adrenal bez metastazı. (A) Transvers T2AG'de sol adrenal bezde 38x32 mm boyutlarında metastatik lezyon. Sağ adrenal bez gövdesinde nodüler kalınlaşma (ok). Aynı faz (B) MRG ile karşılaştırıldığında karşıt faz (C) MRG'de, bilateral adrenal bez lezyonlarında bariz sinyal kaybı yok (oklar). Transvers (D) ve koronal (E) füzyon PET/MRG'de, solda çok daha yoğun olmak üzere, bilateral adrenal bez lezyonlarında patolojik aktivite birikimi (ok) olması metastazı desteklemekte. Koronal kesitte (E), ayrıca, FDG tutulumu gösteren paraaortik metastatik lenf nodu (sarı ok). T2AG, T2 ağırlıklı görüntüler; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; PET, pozitron emisyon tomografi; FDG, florodeoksiglukoz.



**Resim 5.** Karaciğerde ve sol adrenal bezde metastazları olan kolon kanserli olgu. Dual eko görüntülemeye, aynı faz (A) MRG ile karşılaştırıldığında, karşıt faz (B) MRG'de, sol adrenal bez lateral krustaki 14x6 mm boyutlu yeni gelişmiş lezyonda bariz sinyal kaybı görülmemekte (ok). (C) Dinamik kontrastlı MRG'de, lezyon kontrast maddeyi tutmakta (ok). (D) Transvers füzyon PET/MRG'de, sol adrenal lateral krustaki lezyonda (ok) ve karaciğerdeki metastazlarda patolojik FDG birikimi. MRG, manyetik rezonans görüntüleme; PET, pozitron emisyon tomografi; FDG, florodeoksiglukoz.



**Resim 6.** Sağ perirenal iyi diferansiye lipom benzeri tümör ve içsi hücreli düşük dereceli dediferansiye nüks liposarkom. (A) Transvers T2AG'de sağ böbrek anterolateralinde sağ böbreği hafif iten lipomatöz kitle ve posterolateral karın duvarı kaslarıyla sağ böbrek arasında lokalize ve böbrek lateral kontüründe ekstrensek bası yapan hipointens nüks ile uyumlu olabilecek yumuşak doku (ok). T2 hipointens komponentte, transvers difüzyon ağırlıklı görüntüde (B) difüzyon kısıtlanması (ok) ve transvers füzyon PET/MRG'de (C) patolojik FDG birikimi (ok). T2AG, T2 ağırlıklı görüntüler; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; FDG, florodeoksiglukoz.

belirgin şekilde farklılık göstermektedir. Şeffaf hücreli kanserler en yüksek metastatik potansiyele sahipken (metastazların yaklaşık %90'ı), papiller ve kromofob kanserlerde metastatik potansiyel daha düşüktür [22].

Günümüzde, böbrek kanserinin görüntülemesinde ya da renal kitle karakterizasyonunda MRG; multiparametrik veri sağlama, üstün yumuşak doku kontrastı, lezyondaki yağ bileşenlerinin karakterizasyonu ve kontrastlanma deseninin değerlendirilmesine olanak vermesi nedeniyle, BT'den daha üstündür.

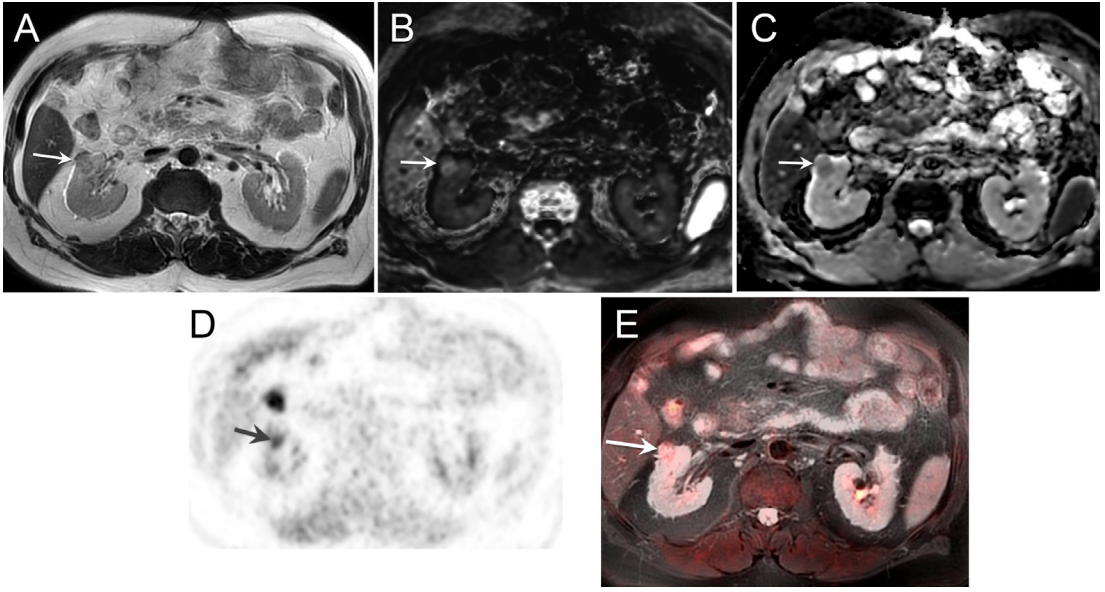
Renal hücreli kanserin saptanmasında, FDG PET/BT'nin duyarlılığının düşük olması nedeniyle bu yönde kullanım alanı sınırlıdır [23]. Onkolojik evreleme için yapılan PET görüntülemesinde adrenal nodüller gibi, böbrek lezyonları da rastlantısal olarak saptanır [24]. **Düşük greydli renal hücreli kanserler, ya FDG tutulumu göstermez ya da minimal tutulum göstererek benin lezyonlarla karıştırılabilir. Metabolik olarak aktif olmayan renal lezyonlar, incelemenin BT kısmına çok fazla dikkat edilmediği takdirde gözden kaçırılabilirken, metabolik olarak aktif lezyonlar, radyofarmasötüğün renal toplayıcı sistemdeki fizyolojik birikimi sanılarak göz ardı edilebilir. Bu nedenle, böbrek lezyonlarını tanımlamak ve tanısal yaklaşımı yönlendirmek için çalışmanın hem PET hem de BT bileşenlerine çok dikkat edilmesi gerekmektedir [25-27].** Kang ve ark. [28] tarafından 66 hasta üzerinde yapılan retrospektif bir çalışmada, primer tümörün saptanmasında FDG PET/BT'nin

duyarlılığı %60 iken kontrastlı BT'ninki %92 olarak belirlenmiştir. Ek olarak, retroperitoneal LN metastazı ve/veya böbrek yatağı nüksü için FDG PET/BT'nin duyarlılığı %75 ve özgüllüğü %100, kontrastlı BT'nin ise duyarlılığı %93 ve özgüllüğü %98 olarak bulunmuştur [28].

Bugüne kadar, PET/MRG'nin renal hücreli kanserde kullanımına ilişkin özgün bir çalışma bulunmamaktadır. Bu konuda, PET/BT ile yapılan çalışmaların bulgularını göz önüne aldığımızda, PET/MRG'nin potansiyel rolü hakkında bir çıkarım yapabiliriz. FDG tutulumu silik olmakla beraber PET/MRG'de lezyon karakterizasyonu, konvansiyonel MRG sekanslarından elde edilen çeşitli parametrelerin tamamlayıcı katkılarıyla mümkündür (Resim 7).

Abdominal insidentalomaların değerlendirildiği bir çalışmada, PET/MRG, insidental renal lezyonları karakterize etmede PET/BT'den daha üstün bulunmuştur. Yetmiş sekiz hastada saptanan 154 rastlantısal renal lezyonu kapsayan bir çalışmada, PET/MRG'de sadece 13 lezyonun niteliği aydınlatılamamış, PET/BT'de ise 25 tanesi indetermine olarak kabul edilmiş ve niteliği hakkında yorum yapılamamıştır [11]. Yin ve ark.'nın [29] yayımladığı, renal hücreli kanserin saptanmasında konvansiyonel MRG ve PET/BT gibi modalitelerin performansını karşılaştıran 2022 yılına ait metaanalizde, toplam 44 makale değerlendirilmiştir. Primer renal hücreli kanser saptanmasında, MRG'nin, PET/BT'den daha üstün olduğu belirlenmiştir





**Resim 7.** Sağ böbrekte papiller renal hücreli karsinom (tip 2) (WHO/ISUP grade 3). (A) Transvers T2AG'de sağ böbrek orta kesim anteriorda, iyi sınırlı 2 cm çapında hafif hipointens nodüler lezyon (ok). (B) Lezyon, yüksek  $b$  değerli difüzyon ağırlıklı görüntüde hiperintens (ok); (C) ADC haritasında hipointens (ok) olarak izlenmekte. (D) PET görüntüsünde ve (E) transvers füzyon PET/MRG'de, tümörün yüksek greydine rağmen oldukça düşük seviyede FDG tutulumu izlenmekte (ok). T2AG, T2 ağırlıklı görüntüler; ADC, görünür difüzyon katsayısı; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

(havuzlanmış eğri altında kalan alan  $0,97$ 'ye karşılık  $0,89$ ) [29].

Primer renal tümör ile bunun metastazları arasında, FDG tutulumu bakımından fark bulunabilir. Metastazlarda, primer böbrek tümörüne kıyasla, metabolik aktivite daha yüksektir [30]. Ulusal Kapsamlı Kanser Ağı (NCCN) yönergelerinde bahsi geçmemesine rağmen,  $^{18}\text{-F}$  FDG/BT veya PET/MRG, böbrek tümör metastazlarının saptanmasının yanı sıra, biyopsi yerinin seçimi, prognozun belirlenmesi ve tedaviye yanıtın izlenmesinde yararlı olabilir [23].

Renal hücreli kanserin, gerek tanısı, gerekse ilk evrelemesinde, günümüzde FDG PET önerilmemekle birlikte, postoperatif takip ve tekrar evrelemede, bu yöntem efektif olarak kullanılmaktadır [31]. On dört çalışmayı kapsayan bir metaanalizde, tedavi sonrasındaki dönemde FDG/BT'nin nüks ve metastatik renal hücreli kanser lezyonlarını saptamada, havuzlanmış duyarlılığı %86; özgüllüğü %88 olarak belirlenmiştir [32]. Yeniden evreleme sırasında,

PET/BT'de yalancı negatif sonuçlar, genellikle lezyonun çok küçük boyutta olması ve tarayıcı çözünürlüğünün sınırlı olmasına bağlıdır. Diğer yandan, yalancı pozitif olgular, genellikle, eş zamanlı enfeksiyonlara, postoperatif skarlaşmaya veya radyasyona bağlı enflamasyona ikincil görülebilmektedir [31].

Florodeoksiglukoz-PET, renal hücreli kanserin histolojik alt tipini öngörmeye ve prognozu belirlemede yardımcı olabilir. Renal lezyonlu 93 hastayı kapsayan bir çalışmada, yüksek greydli şeffaf hücreli renal hücreli kanserler ve papiller renal hücreli kanserlerde SUV değeri, normal renal parankime göre anlamlı olarak yüksektir [33]. Buna karşın, düşük greydli şeffaf hücreli renal hücreli kanserlerde ve kromofob renal hücreli kanserlerde ortalama SUV değerleri, normal renal parankimden farklı bulunmamıştır. Ayrıca Lee ve ark. [34], primer renal hücreli kanserin median  $\text{SUV}_{\text{maks}}$  değerinin, metastatik hastalığı olanlarda, metastatik hastalığı olmayanlara göre, anlamlı olarak daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir [2, 5, 6].

Pozitron emisyon tomografi/BT, renal hücreli kanserde tümör trombüsünü, tümöral olmayan trombüsten ayırt etmede kullanılabilir. Bu ayırım cerrahi yaklaşım, prognoz ve evreleme açısından önemlidir [33, 35]. Renal hücreli kanserli 60 hastayı kapsayan çalışmada PET/BT, inferior vena kavada tümör trombüsü olan 7 olguyu doğru bir şekilde ortaya koymuştur [36]. Bir başka çalışmada ise, benin trombüslerin ortalama  $SUV_{maks}$  değeri 3,2 iken tümör trombüsünün ortalama  $SUV_{maks}$ 'ı 6,0 olarak bulunmuştur [37].

Renal hücreli kanser hastalarında PET/BT'nin bir diğer kullanım alanı, *targeted* (hedefli) tedavilerde, örneğin; tirozin kinaz inhibitörü (TKİ) tedavisinde, terapötik yanıtın değerlendirilmesidir. Beklenilenin aksine, TKİ tedavisine iyi yanıt veren lezyonlarda, tedavi sonrasında, lezyon boyutunda, genellikle minimal azalma olur ya da herhangi bir boyut değişikliği saptanmaz [38]. Bu nedenle, tümör boyutunun kesitsel görüntülemeye ölçülmesi, TKİ tedavi yanıtı monitörizasyonunda güvenilir bir yaklaşım değildir. Metastatik renal hücreli kanserli hastaları içeren bir metaanalizde, TKİ tedavisi sonrasında  $SUV_{maks}$  değeri azalan hastaların sağkalım oranı daha yüksek bulunmuştur [39].

Sonuç olarak; renal hücreli kanserde tedavi sonrasında tekrar evreleme, prognoz belirlenmesi, tümör trombüsünün tümöral olmayan trombüsten ayrımı ve hedefli tedaviye (TKİ tedavisine) yanıtın değerlendirilmesi gibi PET/BT'nin önem kazandığı alanlarda, PET/MRG'nin de önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir.

## MESANE KANSERİ

Mesane kanseri, üriner sistemden kaynaklanan en yaygın kanser türüdür. Dünya çapında, yıllık olarak belirlenen tüm kanser olgularının yaklaşık %3'ünü ve kansere bağlı ölümlerin %2,1'ini oluşturmaktadır [20]. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı'nın 2020 yılında yayımladığı, küresel kanser yüküne ilişkin rapora göre, ülkemizde 10.476 yeni olgu bildirilmiştir.

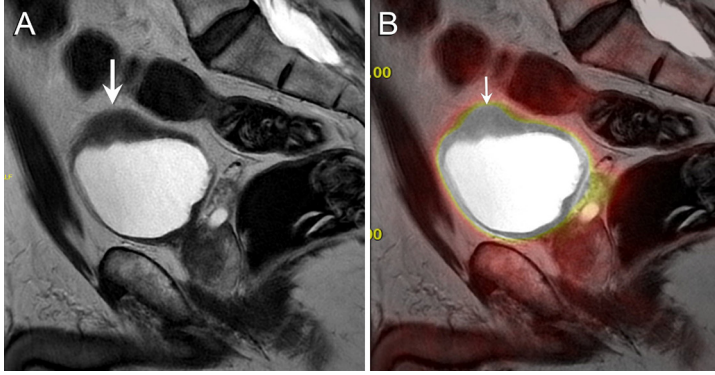
Mesane kanseri, tüm kanserler içinde, ülkemizde altıncı sırada yer almakta olup insidansı %5,2; mortalite oranı %3 olarak belirlenmiştir [21].

Ürotelyal kanser mesane kanserinin en sık görülen histolojik tipidir. DSÖ, daha önceden kullanılan 'transizyonel hücreli karsinom' terimini 'ürotelyal karsinom' ile değiştirmiştir. Tanı, evreleme, risk gruplarının belirlenmesi ve tedavi kararları için, doğru ve uygun görüntüleme temel unsurlardan biridir. Özellikle, metastatik hastalığı ameliyat öncesi tespit etmede, tedavi seçeneklerini belirlemede son derece önemlidir [40].

**Renal yolla ekskrete edilen F-18 FDG, mesane lümeninde birikerek duvardaki lezyonu örtmektedir. Dolayısıyla, F-18 FDG PET/BT, primer mesane duvarı lezyonlarını tespit etmede yetersiz kalmaktadır [27]. Aynı sınırlama, PET/MRG için de söz konusudur (Resim 8). Ayrıca, idrarla atılan FDG'nin aktivitesi, perivezikal alan yerleşimli LN'nin değerlendirilmesini de güçleştirmektedir [30]. Bu etki, inceleme öncesinde yapılacak yeterli hidrasyon ve fors diürez ile azaltılabilir. Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı, F-18 FDG PET incelemesi, mesane tümörlerinin tanısı ve evrelendirilmesinde, öncelikli tanı yöntemi değildir. Bununla birlikte, NCCN kılavuzlarında, PET/BT, invaziv mesane kanserli olgularda uzak metastazların saptanmasında önerilmektedir [41].**

Multiparametrik pelvik MRG, üstün uzaysal ve kontrast çözünürlüğü nedeniyle mesane kanserinin lokal evrelemesi için son derece başarılı bir teknik olarak öne çıkmaktadır. MRG, özellikle, kas invazyonu yapan mesane kanserini değerlendirmede yararlıdır. Bu amaçla, 5 puanlı VI-RADS (*vesical imaging reporting and data system*) skorlaması kullanılmaktadır. Yüksek VI-RADS skorları, detrusor kas invazyonu olasılığının yüksek olduğuna işaret etmektedir [40].

Pozitron emisyon tomografi/MRG, mesane kanserinin lokal yayılımı ve lokal nüksünü ortaya koymada önemli bir yöntemdir. Ayrıca, metastazların saptanmasında da, konvansiyonel morfolojik görüntülemeye çok daha üstün olduğu ortaya konmuştur. Metastazları biyopsi ve



**Resim 8.** Mesane kanseri. (A) Sagittal T2AG'de mesane üst duvarında duvar kalınlaşması şeklinde izlenen tümöral lezyon (ok). (B) Sagittal füzyon PET/MRG'de, renal yolla ekskrete edilen ve mesane lümeninde biriken F-18 FDG, mesane duvarındaki lezyonu (ok) örterek optimal değerlendirme yapılmasını engellemekte. T2AG, T2 ağırlıklı görüntüler; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

takip görüntülerle doğrulanan, mesane kanserli 15 hastayı içeren çalışmada, PET/MRG, BT'ye göre %36 daha fazla metastatik kanser saptanmasını sağlamıştır [42].

Yirmi iki mesane kanseri hastasını kapsayan prospektif nitelikteki bir pilot çalışmada, tek başına standart MRG tekniği ile “iv furosemid ve oral hidrasyona dayalı diürez protokolü”-nün uygulandığı FDG PET/MRG tekniğinin tanı performansları karşılaştırılmıştır. Çalışma, PET/MRG'nin, metastatik pelvik LN'lerini tespit etmede daha yüksek doğruluk sergilediğini (%95'e karşı %76) göstermiştir. PET/MRG, özellikle MRG'nin tek başına belirsiz bulgular sunduğu durumlarda, daha kesin evreleme sağlamış ve MRG'de şüpheli bulunan bulgular için, şüphe düzeyini artırma veya azaltmada yardımcı olmuştur [43].

Mesane kanseri metastazında PET/MRG ile PET/BT'nin tanısal etkinliğini karşılaştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Bir metaanalizde, mesane kanserlerinin metastazlarını saptamada PET/BT'nin havuzlanmış duyarlılığı %82, özgüllüğü %89 olarak bulunmuştur [44]. Daha yakın zamanda yayımlanan bir metaanalizde ise LN metastazlarının saptanmasında PET/BT'nin duyarlılığı %56,5, özgüllüğü %95,4, BT'nin ise duyarlılığı %35 ve özgüllüğü %95 olarak bildirilmiştir [45].

Pozitron emisyon tomografi/BT, neoadjuvan kemoterapinin yanıtını monitörize etmede ve tedaviye yanıt veren hastalarla yanıt vermeyen-

leri ayırt etmede önemlidir [46, 47]. PET/MRG de bu yönde, PET/BT'ye benzer katkı sağlayabilir.

Üriner sistem PET görüntülemesinde, idrar yoluyla atılmayan radyoaktif maddelerin kullanılması, tanısal yönden daha uygun olabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla, karbon-11 (C-11) kolin, C-11 asetat ve C-11 metiyonin gibi “F-18 FDG-dışı” radyofarmasitlerin kullanımı gündeme gelmiştir. C-11 kolin, idrarla atılımının minimum olması nedeniyle, en sık uygulanan bileşiktir. Ancak, LN metastazlarını saptama konusunda, C-11 kolin duyarlılığı düşüktür (%20). Kas tabakasına invazyon gösteren mesane kanserlerinde, C-11 asetat PET/MRG'nin duyarlılığı %100, özgüllüğü %69 ve doğruluğu %73 olarak rapor edilmiştir [48].

## PROSTAT KANSERİ

Prostat kanseri, erkeklerde tüm kanserler içinde ikinci sıklıkta görülmektedir. Dünya çapında, her yıl 1,4 milyon civarında yeni olgu saptanmaktadır [20]. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı'nın 2020 yılında yayımladığı, küresel kanser yüküne ilişkin raporuna göre, ülkemizde 19.444 yeni olgu bildirilmiştir. Tüm kanserler içinde, ülkemizde akciğer ve meme kanserinden sonra üçüncü sırada yer almakta olup insidansı %8,3; mortalite oranı %4,3 olarak belirlenmiştir [21].

Prostat kanseri riski olan olgularda, ilk tanı için, kanda prostat-spesifik antijen (PSA) düzeyi ve dijital rektal muayene uygulanmaktadır. PSA testi ve dijital rektal muayene sonuçları prostat kanseri riskini işaret ediyor ise, tanıyı doğrulamak için transrektal US kılavuzluğunda biyopsisi gerekmektedir. Son yıllarda, gereksiz yapılan prostat biyopsisinin sayısını azaltmak için, kanser şüphesinde, mpMRG uygulamaları çok yaygınlaşmıştır. Klinik olarak önem taşıyan kanserlerin, prostat içindeki yerini belirleyebilen bu yöntem sayesinde, hedefe odaklanan biyopsi uygulanarak daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Ayrıca, bu yöntemle, prostat bezindeki tümörün olası ekstrakapsüler yayılımı, seminal vezikül ve nörovasküler demet invazyonu saptanabilir [49].

Prostat kanseri evrelemesinde ve tedavi sonrası biyokimyasal nüksün değerlendirilmesinde, anatomik ve fonksiyonel bilgi veren görüntüleme yöntemleri kritik öneme sahiptir. Gerek evrelemede, gerekse biyokimyasal nüks durumunda, kemik sintigrafisi, MRG ve BT'nin lezyon saptama duyarlılığı sınırlıdır. PET ile moleküler görüntüleme, prostat kanserine duyarlı bir yöntem olup aynı zamanda kişiselleştirilmiş tedavi uygulamalarını kolaylaştırmaktadır [50].

**Prostat-spesifik membran antijeni (PSMA), prostat kanserinin görüntülenmesinde yararlı bir biyobelirteç olarak önem taşımaktadır.** PSMA, "glutamat karboksipeptidaz II" enzimi olarak da bilinmektedir ve transmembran glikoprotein niteliğindedir. Her ne kadar, normal prostat dokusunda diğer dokulardan daha fazla bulunsun ve prostata spesifik adıyla anılsa da, sadece prostat dokusunda bulunmaz. Tükürük bezleri, duodenal mukoza, proksimal renal tübüler hücreler ve kolonik kriptalardaki nöroendokrin hücrelerin alt popülasyonu gibi bazı normal dokularda da eksprese edilir. Aynı zamanda, birçok başka tümörde (örneğin; ürotelyal kanserin alt tipleri, renal hücreli kanser, kolon kanseri, hepatoselüler kanser ve neovaskülarizasyon gösteren peritümör ve endotümör endotel hücrelerinde) eksprese olabilmektedir. **Fizyolojik olarak PSMA, normal prostat dokusu ve benin prostat patolojilerinde düşük düzeyde eksprese olurken, prostat kanserinde 100-1000 kat daha fazla**

**eksprese olur. Ekspresyon derecesi, az diferansiye, metastatik ve androjen baskılama tedavisine (ABT) dirençli kanserlerde daha yüksektir. PSMA, tümör agresivitesi ve intratümör anjiyogenezis ile korele artış gösterir [51].**

### Ga-68 PSMA NASIL BİR RADYOFARMASÖTİK?

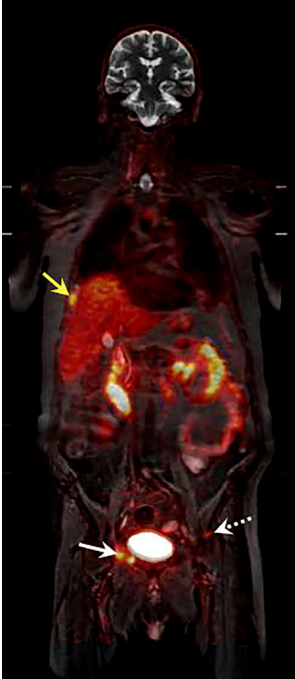
Bir radyoaktif madde (radyonüklid) ve bir taşıyıcı molekül olmak üzere iki bileşenden oluşan maddelere "radyofarmasötik" adı verilmektedir. Nükleer tıp merkezlerinde, bir jeneratör ürünü olan Ga-68 ile işaretlenen PSMA inhibitörü peptidler, radyofarmasötik haline getirilir. PSMA eksprese eden tümörleri görüntülemek için kullanılabilen olası radyofarmasötikler arasında, Ga-68 PSMA 11, en başarılı ve gelecek vaat eden PSMA radyoligandlarından biri olup birçok ülkede yaygın bir kullanım alanına sahip olmuştur. Üre temelli PSMA inhibitörü olan molekül, aynı zamanda DOTA bağlaç molekülü kullanılarak ve lutesyum-177 ile işaretlenerek tedavi radyofarmasötiği olarak kullanıma girmiştir. Mikrometastatik prostat kanserine yönelik radyoimmünoterapide de güvenle uygulanmaktadır [49-53].

### Yöntem

Ga-68 PSMA PET/MRG, hastanemizde PET/BT incelemesini takiben 'tek enjeksiyon, dual görüntüleme' yaklaşımıyla gerçekleştirilmektedir. Uyguladığımız yöntemin aşamaları şöyle özetlenebilir: Ga-68 PSMA PET/BT incelemesi öncesinde hastaların aç olması gerekmez ve kullanılan ilaçların kesilmesine gerek yoktur. Çekimin hemen öncesinde hasta tuvalete gönderilmelidir. Çekim sırasında, üriner sistemde biriken radyofarmasötik aktivitesi yoğun olduğu takdirde, artefaktlar (halo artefaktı) olabilir ve bu da özellikle perivezikal küçük lezyonların değerlendirilmesini zorlaştırabilir. Bunun için, herhangi bir kontrendikasyon yoksa, hastalara Ga-68 PSMA enjeksiyonu öncesinde, iv Furosemid uygulanabilir. Hastanemizde, iv Ga-68 PSMA enjeksiyonundan 1 saat kadar sonra, tüm



vücut PET/BT çekilmekte ve bu tarama yaklaşık 20 dakika sürmektedir. Hemen ardından hasta, PET/MRG cihazına alınmakta ve PET verileri, MRG ile eş zamanlı olarak elde edilmektedir (entegre PET/MRG). Endikasyona bağlı olarak inceleme, ya prostat bezine yönelik ya da tüm vücuda yönelik olarak yapılmaktadır. Prostat bezine yönelik incelemede, PI-RADS kılavuzunun önerdiği mpMRG parametreleri kullanılmaktadır. Tüm vücut görüntüleme, genellikle evreleme ve nüks şüphesinde kullanılmaktadır. Tüm vücut evreleme için tercih ettiğimiz sekans *Dixon* sekansıdır. Özellikle, iskelet sistemi değerlendirilmek isteniyorsa, tüm vücut için STIR sekansı da uygulanabilir (Resim 9). İnceleme sonrasında, PET verileriyle, genellikle T2 ağırlıklı görüntüler (T2AG) birleştirilerek füzyon görüntüler oluşturulmaktadır.



**Resim 9.** Gleason grade 4+4 prostat adenokarsinomu. Tüm vücut Ga-68 PSMA/PET MRG STIR görüntüsünde; sağ kostada (sarı ok), sol ilyak kemikte (kesintili çizgili ok) ve pelvis içinde sağda lenf nodlarında (beyaz ok) patolojik aktivite birikimleri. Ga-68, Galyum-68; PSMA, prostat-spesifik membran antijeni; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; STIR, *short time inversion recovery*

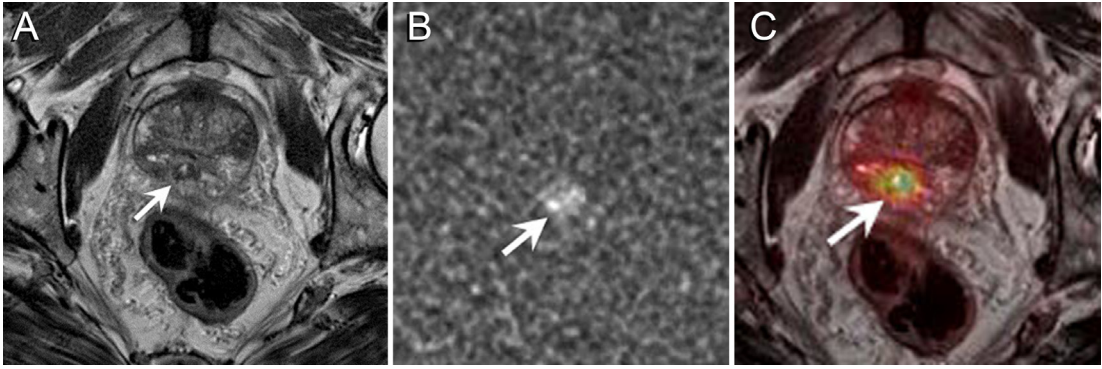
## PSMA PET/MRG Endikasyonları

Orta ve yüksek riskli hastalarda ilk evreleme, biyokimyasal nüks ve tekrar evreleme, PSMA PET/MRG'nin önemli uygulama alanlarıdır. Son yıllarda, prostat bezindeki kanserin saptanmasında ve lokasyonunun belirlenmesinde de kullanılmaktadır.

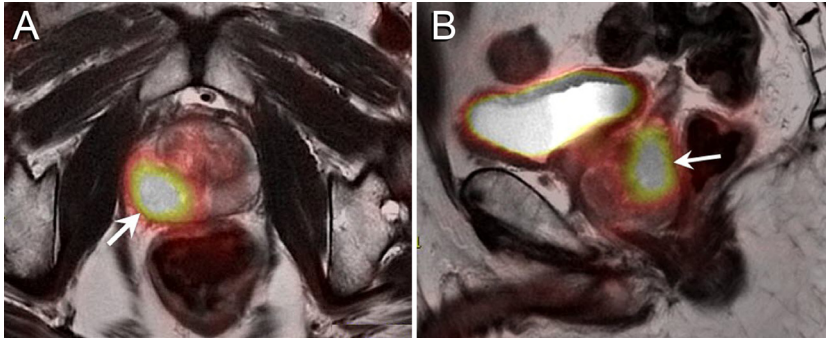
## Klinik Olarak Önemli Prostat Kanserin Saptanması

Prostat kanserinin tespiti, tümörün yeri ve yaygınlığı hakkında PSMA PET/MRG yararlı bilgi vermektedir (Resim 10, 11). Hicks ve ark.'nın [54] yayımladığı 2018 yılına ait 32 hastayı kapsayan bir çalışmada, prostattaki tümörün saptanmasında PSMA PET/MRG'nin özgüllüğü %88, mpMRG'nin özgüllüğü ise %90 olup iki yöntem arasında özgüllük temelinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Aynı çalışmada, PSMA PET/MRG'nin, kanseri saptama duyarlılığı mpMRG'ninkine göre daha yüksek olup %73'e karşılık %69'dur [54]. Margel ve ark. [55] ise, prostat kanserinin saptanmasında PSMA PET/MRG'nin özgüllüğünün yüksek, ancak duyarlılığının düşük olduğunu rapor etmiştir. mpMRG ile karşılaştırıldığında, özellikle PI-RADS 3 kategorisindeki lezyonlarda, klinik olarak anlamlı prostat kanser varlığının saptanmasında, Ga-68 PSMA PET/MRG'nin özgüllüğü yüksek bulunmuştur [55]. Ferraro ve ark. [56] prospektif tek merkezli bir çalışmada, 42 hastanın %62'sinde klinik olarak önemli kanser saptamıştır. Bu çalışmaya göre, PSMA-PET/MRG'nin, klinik olarak önemli prostat kanserini saptamada hasta bazlı duyarlılığı %96, özgüllüğü %81 ve doğruluğu %90 olarak bulunmuştur ve kanser şüphesi olan hastaların biyopsi için seçilmesinde umut vadeden bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır [56].

Hope ve ark.'nın [57] Ga-68 PSMA PET'in tanısal etkinliğinin değerlendirildiği metaanalizlerinde, prostat kanserinin saptanmasında yöntemin duyarlılığı %74 ve özgüllüğü %96 olarak belirlenmiştir. 2020 yılında yayımlanan



**Resim 10.** Gleason grade 3+4 prostat adenokarsinomu. (A) Transvers T2AG'de midgland sağ posteromedialde hipointens lezyon (ok). (B) Lezyon,  $b=2000 \text{ sn/mm}^2$  difüzyon ağırlıklı görüntüde hiperintens izlenmekte (ok). (C) Transvers füzyon Ga-68 PSMA PET/MRG'de, lezyonda artmış aktivite birikimi (ok). T2AG, T2 ağırlıklı görüntüler; Ga-68, Galyum-68; PSMA, prostat-spesifik membran antijeni; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.



**Resim 11.** Gleason grade 4+4 prostat adenokarsinomu. (A) Transvers ve (B) sagittal füzyon Ga-68 PSMA PET/MRG'de, prostat bezi sağ periferik zonda geniş alanda patolojik aktivite birikimleri (ok). Ga-68, Galyum-68; PSMA, prostat-spesifik membran antijeni; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

PET/MRG ile ilgili 23 makale içeren metaanalizde ise, primer tümör saptanmasında, PET/MRG'nin havuzlanmış duyarlılığı hasta bazında %94,9, özgüllüğü lezyon bazında %91 olarak rapor edilmiştir [58].

Park ve ark. [59], Ga-68 PSMA PET'in prostat kanserini saptamada kullanılabileceğini ve iv enjeksiyondan sonra, rutine göre daha geç evrelerde yapılan görüntülemelerde (enjeksiyondan 87-125 dakika sonra), kanser dokusunda birikimin daha yoğun olduğunu belirlemişlerdir. Geç görüntülerde, ortalama  $\text{SUV}_{\text{maks}}$  daha yüksek olarak ölçülmüştür (15,3'e karşı 12,3;  $p<0,001$ ). Ancak, aynı çalışmada, geç görüntülemelerde sadece bir tane ek prostat kanseri tespit edilmiştir [59].

Prostat kanserinde, Ga-68 PSMA tutulumunun düşük olmasının nedenleri arasında; PSMA negatif yani PSMA ekspresyonu göstermeyen lezyonlar (nöroendokrin prostat kanseri, agresif natürde kanserler), infiltratif yayılım deseni gösteren kanserler, küçük boyutlu kanserler ve *WHO/ISUP grade 2* (Gleason 3+4) olanlar yer almaktadır [60].

### PROSTAT KANSERİNDE PRİMER EVRELEME

Prognoz tayini ve tedavi protokolünün belirlenmesi için evrelemenin doğru yapılması gerekmektedir. Günümüzde, mpMRG lokal evrelemede en duyarlı yöntem olarak kabul

edilmektedir. PSMA PET/MRG'nin, prostat kanseri lokal evrelemesinde ne derece katkıda bulunduğunu belirlemek için yapılan bir çalışmada, mpMRG ile karşılaştırıldığında, PSMA PET/MRG'nin ektrakapsüler uzanımı belirlemede duyarlılığı daha yüksek (%69, %46) fakat özgüllüğü daha düşük bulunmuştur (%90, %94) [61].

**Prostat kanseri tanısı alan hastalarda tedavi planlaması için risk sınıflandırması yapılmaktadır. Orta ve yüksek riskli bulunan gruplarda, vücuttaki olası metastatik odakların dışlanması önemlidir.** Prostat kanseri, sıklıkla bölgesel LN'ye ve kemiğe metastaz yapmaktadır [50]; ektrakapsüler tümör uzanımı ve seminal vezikül invazyonu da görülebilmektedir (Resim 12).

### Lenf Nodu Metastazı

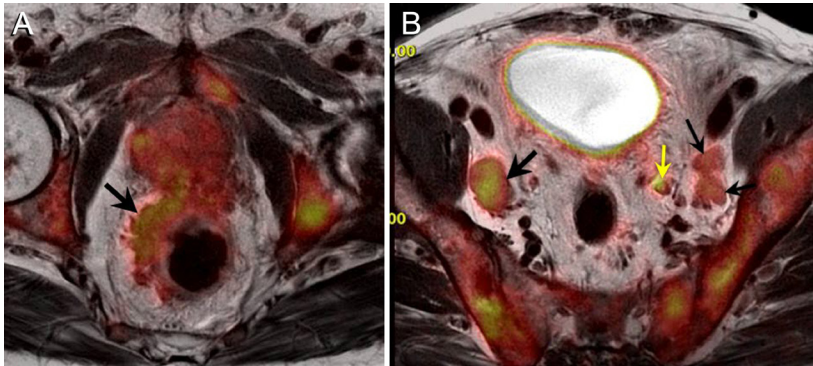
Ga-68 PSMA PET/MRG, pelvik LN diseksiyonunun gerekliliği ve kapsamı hakkında bilgi verebilir. 2018 yılında *Radiology* dergisinde yayımlanan bir çalışma, ilk evreleme sırasında, metastatik LN'leri saptamada PET/MRG incelemesinin, mpMRG'den daha duyarlı olduğunu göstermiştir (%50, %0). Bu çalışmada, her 2 yöntemin LN saptamada özgüllüğü benzer düzeylerde rapor edilmiştir (%98,4, %97,6) [59].

Lenf nodu metastazı, biyokimyasal nüks için bağımsız bir risk faktörüdür ve prostat kanse-

rinde kötü prognoz işaretidir [62, 63]. Metastatik LN saptanmasında, BT ve tek başına MRG, PSMA PET'den daha düşük doğruluğa sahiptir [64, 65]. "ProPSMA" klinik çalışmasında, PSMA PET/BT'nin, standart BT'ye göre pelvik nodal metastaz saptanmasında eğri altında kalan alanı %32 daha yüksek bulunmuştur. PSMA PET-BT, standart BT ve kemik sintigrafisinin birleşik bulgularına üstün doğruluk sağlayan, geleneksel görüntülemenin yerine geçecek bir yöntemdir [65]. Bu veriler, PSMA PET/MRG'nin üstün yumuşak doku çözümleme gücü nedeniyle, prostat kanserinin LN metastazının saptanmasında da etkin olabileceğini göstermektedir (Resim 13). Evangelista ve ark. [58] 2021 yılında yayınladıkları metaanalizde, LN metastazı için PET/MRG'nin havuzlanmış duyarlılığını; hasta bazında %67 ve lezyon bazında %64, havuzlanmış özgüllüğünü ise hasta bazında %93 ve lezyon bazında %97 olarak bulmuşlardır.

### Kemik Metastazı

Prostat kanserinde kemik metastazı sık görülür [66]. Birkaç çalışmada, PSMA PET/MRG'nin konvansiyonel görüntüleme yöntemlerine göre, uzak metastazları saptamada daha üstün olduğu ortaya konmuştur [65, 67, 68].



**Resim 12.** Metastatik prostat adenokarsinomu. Transvers füzyon PET/MRG'de (A), prostat bezinde ektrakapsüler dokuya ve seminal veziküle (ok) invazyon gösteren patolojik aktivite tutulumu. (B) Bilateral eksternal iliyakö damarlar komşuluğunda metastatik lenf nodları (siyah oklar). Mezorektal yağ doku sol-ön kısmındaki kısa çapı 6 mm olarak ölçülen lenf nodunda da patolojik aktivite (sarı ok) dikkati çekmekte. Pelvis kemiklerinde metastazla uyumlu multifokal yoğun Ga-68 PSMA tutulumu (A ve B) çok net seçilmekte. PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; Ga-68, Galyum-68; PSMA, prostat-spesifik membran antijeni.



“ProPSMA” klinik çalışmasında, uzak metastazi saptamada PSMA PET/BT’nin, standart BT ve tüm vücut SPECT taramasına göre eğri altında kalan alanının %22 daha yüksek olduğu belirlenmiştir [65]. Kemik metastazlarının tespitinde, 3 boyutlu T1 ağırlıklı tüm vücut MRG, 2 boyutlu sekanslarla aynı veya daha iyi tanınal performans sağlar [69]. Esasen, prostat dışı malinitelerdeki kemik metastazlarının saptanmasında PET/MRG’nin, PET/BT’den daha başarılı olduğunu gösteren çalışmalar vardır [70]. Prostat kanserinde PSMA PET/MRG, kemik metastazları hakkında daha güvenli yorum yapılmasını sağlamaktadır (Resim 9, 12, 13).

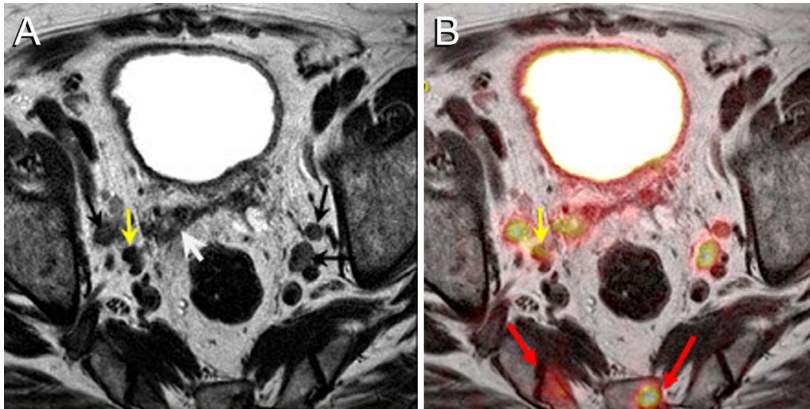
Peki, PET/MRG’nin ilk evrelemeye etkisi nedir ya da başka bir deyişle PET/MRG ilk evrelemede tedavi protokolünü değiştiriyor mu? Buna ilişkin bir çalışmada, prostat kanserli hastaların ilk değerlendirmesine PET/MRG’nin katılmasıyla, olguların en az %30’unda tedavi protokolünün değiştiği ortaya konmuştur [71]. Özellikle, “genişletilmiş LN diseksiyonu” için hasta seçiminde, Ga-68 PSMA PET/MRG, güncel klinik nomogramlara göre, daha değerli bilgi vermektedir [59, 72].

### Nüks Saptanması

Radikal prostatektomi sonrasında olguların %30’unda nüks gelişmektedir [50]. Biyokimya-

sal nüks, radikal prostatektomi veya radyoterapi (RT) sonrasında PSA düzeyinde artış olarak tanımlanabilir. Biyokimyasal nüks gelişen olgularda, lokal nüks/sistemik metastaz ayrımı, tedavi protokolünü değiştireceği için önemlidir. Nüksün saptanması kurtarma tedavisini başlatabilir. Böylelikle, mümkün olan en erken zamanda, en doğru tedavi stratejisinin uygulanması mümkün olur [50].

Amerikan Üroloji Derneği’nin tanımlamasına göre, radikal prostatektomiden 6-8 hafta sonra, ardışık 2 PSA düzeyinin, 0,2 ng/mL üzerinde olması biyokimyasal nüks olarak kabul edilir [50]. Prostat yatağı biyopsilerinin tanıda sınırlı bir rolü vardır. Özellikle PSA seviyeleri düşük olduğunda, nüks yerinin belirlenmesi zor olabilir. PSMA-PET, düşük PSA seviyelerinde bile (PSA: 0,5 ng/mL) yararlı olabilir [73]. Eğer kanser metastatik hale gelirse, pelvik kemik ve LN’ler öncelikle değerlendirilmelidir. Radikal prostatektomi sonrası, lokal nüks yerleri; veziköüretal anastomoz yeri (%50-60), seminal vezikül yatağı-vaz deferens güdüğü (%10-30), retrovezikal bölge (%10-20), mesane boynu, Denonvilliers fasyası ve levator ani kasıdır. Diğer nadir alanlar; prevezikal bölge, distal üreter, rektum duvarı, mezorektal doku, penis tabanı ve testistir. Çok nadiren tümör, lumbosakral plexus boyunca perinöral yayılım gösterebilir ve genellikle atlanır. Bunun ayırıcı tanısında, RT sonrası gelişen nörit yer almaktadır [74, 75].



**Resim 13.** Gleason grade 4+5 prostat adenokarsinomu olan ve hormonoterapi gören olgu. (A) Transvers T2AG’de, sağ seminal vezikül invazyonu (beyaz ok), bilateral büyümüş parailyak lenf nodları (siyah oklar); vasküler yapılarla benzer sinyal intensite ve morfolojide nodüler oluşum (sarı ok). (B) Transvers füzyon Ga-68 PSMA PET/MRG’de, sarı okla işaretlenen hipointensitenin de metastatik lenf nodu olduğu görülmekte. Sakrumda metastatik lezyonlar (kırmızı oklar). Ga-68, Galyum-68; PSMA, prostat-spesifik membran antijeni; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

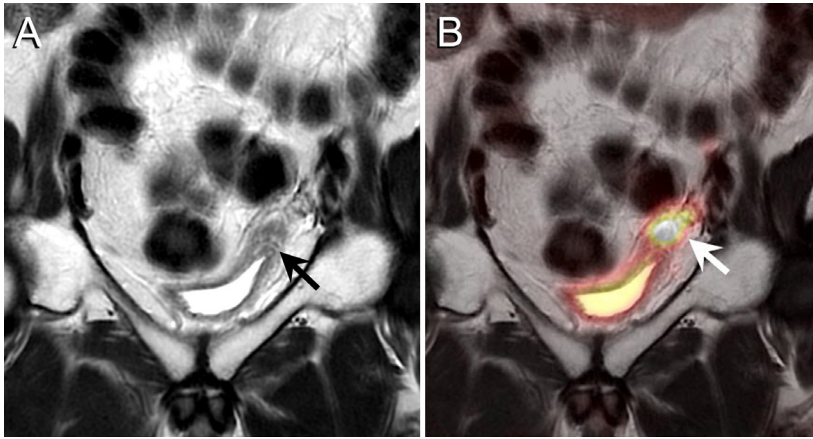


Nüks tümör, T2AG'de primer tümör intensitesinde; hafif hiperintens ya da ara intensitede nodüler bir lezyon şeklinde görülür. Metalik klipsler, difüzyon ağırlıklı görüntülerde artefaktlara neden olduğundan, lokal nüksü saptamada en başarılı sekans dinamik kontrastlı incelemedir (DKİ). Nüksler, erken nodüler boyanma gösterebilir; ancak boyutları çok küçük olabilir. T2AG'ye DKİ eklenmesi, duyarlılığı ve özgüllüğü %40-50'den %90-100'e çıkarmaktadır [76]. mp-MRG lokal prostat yatağı nükslerini saptamada, PET tekniğine göre daha başarılı bulunmuştur [73].

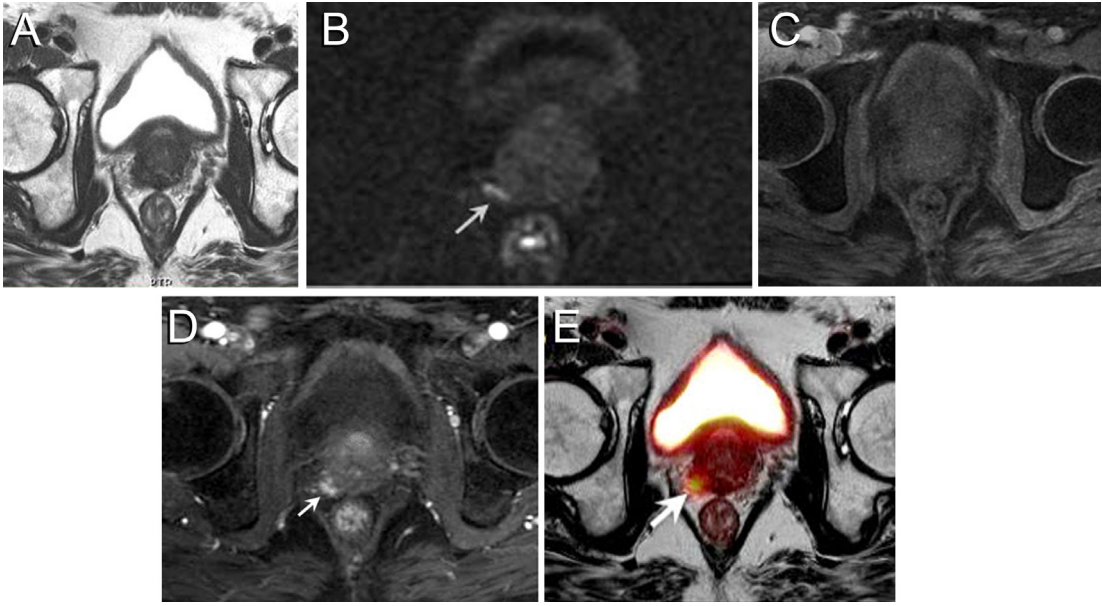
Lokalize prostat kanserinde, ikinci sıklıkta uygulanan definitif tedavi yöntemi RT'dir. RT, eksternal RT veya brakiterapi şeklinde olabilir. RT sonrası olguların %25-50'sinde nüks ortaya çıkar. PSA nadir, prostat kanserinde lokal tedavi sonrası ulaşılan en düşük PSA değeridir. Post-RT PSA nadire ulaşmak 18-24 ay alabilir. RT sonrası biyokimyasal nüks, Amerikan *Phoenix* Kılavuzu'na göre, tedavi sonrası PSA nadirin 2,0 ng/mL üzerinde artışıdır [50]. Radyasyon tedavisi sonrası nüks, genellikle, tümörün orijinal yerinde; %4-7 olguda ise farklı yerlerde gelişebilir. RT sonrasında lokal nüksün mpMRG ile saptanması zordur; çünkü prostat bezinde, fibrozise bağlı atrofi gelişmiş ve T2 sinyal intensitesi difüz olarak azalmıştır [74, 75].

Prostat-spesifik membran antijeni PET/MRG, hem prostatektomi hem de RT sonrası biyokimyasal nüksleri lokalize etmede önemli bir rol oynar (Resim 14) [77]. Yüksek riskli prostat kanseri olgularında, RT ile birlikte ABT uygulanabilir. Bu tedavi, PSA'da düşüşe, normal glandüler dokuda azalmaya ve glandüler dokunun stromal dokuya dönüşümüne yol açar. MRG'de prostat bezinde küçülmenin yanı sıra normal dokunun T2 sinyalinde ve görünür difüzyon katsayısı (ADC) değerinde azalma görülür. Tümörün ADC'sinde artış ve boyutunda azalma izlenir. Prostat zonal anatomisinin kaybolduğu olgularda, nüks tümörün saptanmasında PET/MRG yararlı olabilir (Resim 15) [75].

Kranzbühler ve ark.'nın [78] çalışmasına göre, radikal prostatektomi sonrasında, çok düşük PSA düzeyi olanlarda (<0,05 ng/mL), PSMA PET/ MRG biyokimyasal nüks neden olan odakları efektif olarak lokalize edebilmektedir. Bu çalışmada, nükslerin saptanma oranı %55 olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada, PSMA pozitif lezyonların %39,4'ünün, standart kurtarma RT'si hacminin dışında olduğu saptanmıştır [78]. Guberina ve ark. [79], radikal prostatektomi sonrası biyokimyasal nüksü olan toplam 93 hastaya önce Ga-68 PSMA PET/BT ve hemen ardından tüm vücut entegre PET/MRG incelemesi uygulamışlardır. Tüm vücut bazında, entegre PSMA PET/MRG ve PSMA PET/



**Resim 14.** Yedi yıl önce prostat kanseri nedeniyle radikal prostatektomi uygulanan olgu. (A) Koronal T2AG'de, solda perivezikal alanda takip incelemelerde boyut artışı göstererek kitle formunu alan nüks lezyon (ok). (B) Koronal füzyon PET/MRG'de, lezyonda patolojik Ga-68 PSMA tutulumu (ok). T2AG, T2 ağırlıklı görüntüler; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; Ga-68, Galyum-68; PSMA, prostat-spesifik membran antijeni.



**Resim 15.** Tüm sektörlerde Gleason grade 4+3 prostat adenokarsinomu olan ve androjen baskılama tedavisi ve kemoterapi (dosetaksel) sonrası tedavi yanıtının değerlendirilmesi istenen olgu. (A) Transvers T2AG'de prostat bezi boyutları ve sinyal intensitesinde tedaviye ikincil belirgin derecede azalma. (B) Yüksek *b* değerli difüzyon ağırlıklı görüntüde prostat tabanında sağda rezidü lehine değerlendirilen difüzyon kısıtlanması gösteren alan (ok). Prekontrast (C) görüntüyle karşılaştırıldığında, dinamik kontrastlı incelemede (D), difüzyon kısıtlanması olan yerde kontrast tutulumu (ok). (E) Transvers füzyon Ga-68 PSMA PET/MRG'de, söz konusu lezyonda artmış aktivite birikimi (ok) olması rezidü tanısının güvenilirliğine katkıda bulunmakta. T2AG, T2 ağırlıklı görüntüler; Ga-68, Galyum-68; PSMA, prostat-spesifik membran antijeni; PET, pozitron emisyon tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

BT'nin biyokimyasal nüksü saptamada duyarlılıklarının benzer olduğunu (sırasıyla %98,8 ve %93,2) belirlemişlerdir. Bununla birlikte, aynı çalışmada, PSMA PET/MRG'nin prostatektomi yatağındaki lokal nüksü göstermede PSMA PET/BT'den daha üstün olduğu ortaya konmuştur [79].

Biyokimyasal nüksü olgularda, PSMA- PET/MRG ile PET/BT'yi birebir karşılaştırdıkları çalışmalarında, Jentjens ve ark. [80], PET/MRG'nin lokal nüksü, LN ve uzak metastazları, en az PET/BT kadar doğru bir şekilde saptadığını belirlemişlerdir. Hem MRG, hem de PET bileşenlerinden dolayı, yöntemin uzak nüks lezyonlarının saptanmasında duyarlılığının yüksek olduğu sonucuna varmışlardır [80].

Liu ve ark. [52] ise, PET-MRG'nin, lokal ve bölgesel hastalıkta, gerek primer evreleme gerekse yeniden evreleme açısından daha üstün olduğunu gözlemlemişlerdir. Kemik veya uzak

organ metastazlarını tespit etmede ise PET/BT ve PET/MRG'nin eşdeğer performansa sahip olması nedeniyle, maliyet-etkinlik faktörü göz önüne alınarak, tanısız algoritmada PET/BT'nin öncelikli olarak kullanılabileceği kanaatine varmışlardır [52].

Konuyla ilgili metaanaliz sonuçlarına baktığımızda, 2018 yılında yayımlanan bir çalışmada, prostat fossasındaki lokal nüksü değerlendirmede mpMRG tek başına yeterli bulunmuştur ve PET/MRG'ye göre daha fazla bilgi vermektedir [58]. **Radikal prostatektomi sonrası biyokimyasal nüksü olan toplam 8,409 hastayı kapsayan 37 çalışmanın incelendiği, 2023 yılına ait bir metaanaliz ve sistematik derlemede ise, Ga-68 PSMA PET/BT ve Ga-68 PSMA PET/MRG'nin biyokimyasal nüksü yönelik genel lezyon saptama oranları karşılaştırılmış ve bu bağlamda önemli bir farklılık saptanmamıştır (%70, %71) [56].**

### Tedavi Yanıtının İzlenmesi

Bu yöntem, RT ve sistemik tedaviler gibi çeşitli prostat kanseri tedavilerine verilen yanıtın izlenmesi için kullanılabilir. Takip incelemelerinde, PSMA aktivite seviyelerindeki değişikliklerin değerlendirilmesi klinik yönetim için yol gösterici olabilmektedir (Resim 15) [57].

### Ga-68 PSMA PET/MRG'nin Limitasyonları

**Standardizasyon:** PET/MRG protokollerinin ve raporlama kriterlerinin standardizasyonu için PSMA, RADS ve PROMISE gibi klinik çalışmalarda bazı öneriler getirilse de henüz tam bir görüş birliği sağlanmamıştır. Bu, radyologlar ve klinisyenler arasındaki doğru iletişim için kısıtlayıcı bir durumdur [49, 50].

**Yanlış pozitif durumlar:** PSMA'nın kolon, meme, tiroid, renal hücreli kanser, hepatosellüler kanser gibi malinitelerde ekspresyon artışı göstererek aktivite tutulumuna neden olabileceği bilinmektedir. Paget hastalığı, fibröz displazi ve hemanjiyom gibi patolojiler de aktivite tutulumu gösterebilir. Ayrıca, vücuttaki lakrimal bez, parotis bezi, renal tübüller, duodenum ve ileum gibi normal dokular da fizyolojik olarak aktivite tutulumu gösterebilir [50]. Bu yanlış pozitiflikler, gerek hastalığın tespitinde ve evrelelendirmesinde, gerekse nüksü ortaya koymada her zaman akılda tutulması gereken bir kısıtlayıcı faktördür.

### SONUÇ

Sonuç olarak, moleküler ve anatomik görüntülemeyi birleştiren PET/MRG, ürolojik onkolojinin birçok alanında yer bulmuştur. Rastlantısal olarak saptanan adrenal ve böbrek lezyonlarının karakterizasyonunda PET/MRG, PET/BT'ye göre daha üstündür. Bununla birlikte, adrenokortikal kanser, feokromositoma, renal hücreli kanser ve ürotelyal kanserlerin yönetiminde PET/MRG'nin rolü henüz kesin

olarak ortaya konmamıştır. PET/MRG, mesane kanseri metastazlarını saptamada ve mesane kanserinin lokal yayılımını değerlendirmede etkin bir yöntemdir.

Galyum-68 PSMA PET/MRG, prostat kanserinin ayrıntılı ve güvenilir olarak değerlendirilmesine olanak veren bir hibrit görüntülemesidir. PSA seviyesi yüksek hastalarda prostat kanserinin saptanmasında da kullanılabilir. PET ve MRG teknolojilerinin entegrasyonu, tümör lokalizasyonunun daha net ve güvenilir tespitine olanak sağlar. Bu sayede, yapılacak biyopsilerin daha güvenli ve tanısal olması sağlanabilir. PSMA PET/MRG, prostat kanserinde lokal evrelemede ve radikal prostatektomi sonrasında nüksü saptamada PSMA PET/BT'den daha üstündür.

Pozitron emisyon tomografi/MRG'de, gelecekte PET/BT taramalarına kıyasla, radyasyon dozu daha düşüktür ve bu da, bu yöntemi onkolojik hastalarda takip görüntüleme için daha güvenli bir seçenek haline getirmektedir.

### Teşekkür

MRG ve PET/MRG sekanslarının elde edilmesinde katkısı olan Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

### Kaynaklar

- [1]. Ashraf MA, Goyal A. Fludeoxyglucose (18F). 2023 Aug 28. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. [CrossRef]
- [2]. Broski SM, Goenka AH, Kemp BJ, Johnson GB. Clinical PET/MRI: 2018 update. *AJR Am J Roentgenol*. 2018; 211: 295-313. [CrossRef]
- [3]. Boland GW, Dwamena BA, Jagtiani Sangwaiya M, Goehler AG, Blake MA, et al. Characterization of adrenal masses by using FDG PET: a systematic

- review and meta-analysis of diagnostic test performance. *Radiology*. 2011; 259: 117-26. [\[CrossRef\]](#)
- [4]. Song JH, Chaudhry FS, Mayo-Smith WW. The incidental adrenal mass on CT: prevalence of adrenal disease in 1,049 consecutive adrenal masses in patients with no known malignancy. *AJR Am J Roentgenol*. 2008; 190: 1163-8. [\[CrossRef\]](#)
- [5]. Ansquer C, Scigliano S, Mirallié E, Taïeb D, Brunaud L, Sebag F, et al. 18F-FDG PET/CT in the characterization and surgical decision concerning adrenal masses: a prospective multicentre evaluation. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2010; 37: 1669-78. [\[CrossRef\]](#)
- [6]. Dong A, Cui Y, Wang Y, Zuo C, Bai Y. (18)F-FDG PET/CT of adrenal lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2014; 203: 245-52. [\[CrossRef\]](#)
- [7]. Boland GW, Blake MA, Holalkere NS, Hahn PF. PET/CT for the characterization of adrenal masses in patients with cancer: qualitative versus quantitative accuracy in 150 consecutive patients. *AJR Am J Roentgenol*. 2009; 192: 956-62. [\[CrossRef\]](#)
- [8]. Metser U, Miller E, Lerman H, Lievshitz G, Avital S, Even-Sapir E. 18F-FDG PET/CT in the evaluation of adrenal masses. *J Nucl Med*. 2006; 47: 32-7. [\[CrossRef\]](#)
- [9]. Shimizu A, Oriuchi N, Tsushima Y, Higuchi T, Aoki J, Endo K. High [18F] 2-fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG) uptake of adrenocortical adenoma showing subclinical Cushing's syndrome. *Ann Nucl Med*. 2003; 17: 403-6. [\[CrossRef\]](#)
- [10]. Adam SZ, Nikolaidis P, Horowitz JM, Gabriel H, Hammond NA, Patel T, et al. Chemical shift MR imaging of the adrenal gland: principles, pitfalls, and applications. *Radiographics*. 2016; 36: 414-32. [\[CrossRef\]](#)
- [11]. Schaarschmidt BM, Grueneisen J, Heusch P, Gomez B, Umutlu L, Ruhlmann V, et al. Does 18F-FDG PET/MRI reduce the number of indeterminate abdominal incidentalomas compared with 18F-FDG PET/CT? *Nucl Med Commun*. 2015; 36: 588-95. [\[CrossRef\]](#)
- [12]. Rao P, Kenney PJ, Wagner BJ, Davidson AJ. Imaging and pathologic features of myelolipoma. *Radiographics*. 1997; 17: 1373-85. [\[CrossRef\]](#)
- [13]. Koopmans KP, Jager PL, Kema IP, Kerstens MN, Albers F, Dullaart RP. 111In-octreotide is superior to 123I-metaiodobenzylguanidine for scintigraphic detection of head and neck paragangliomas. *J Nucl Med*. 2008; 49: 1232-7. [\[CrossRef\]](#)
- [14]. Tan TH, Hussein Z, Saad FF, Shuaib IL. Diagnostic performance of (68)Ga-DOTATATE PET/CT, (18)F-FDG PET/CT and (131)I-MIBG scintigraphy in mapping metastatic pheochromocytoma and paraganglioma. *Nucl Med Mol Imaging*. 2015; 49: 143-51. Erratum in: *Nucl Med Mol Imaging*. 2015; 49: 152. [\[CrossRef\]](#)
- [15]. Xu S, Pan Y, Zhou J, Ju H, Zhang Y. Integrated PET/MRI with 68Ga-DOTATATE and 18F-FDG in pheochromocytomas and paragangliomas: an initial study. *Clin Nucl Med*. 2022; 47: 299-304. [\[CrossRef\]](#)
- [16]. Chang CA, Pattison DA, Tothill RW, Kong G, Akhurst TJ, Hicks RJ, et al. (68)Ga-DOTATATE and (18)F-FDG PET/CT in paraganglioma and pheochromocytoma: utility, patterns and heterogeneity. *Cancer Imaging*. 2016; 16: 22. [\[CrossRef\]](#)
- [17]. Leboulleux S, Dromain C, Bonniaud G, Aupérin A, Caillou B, Lumbroso J, et al. Diagnostic and prognostic value of 18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in adrenocortical carcinoma: a prospective comparison with computed tomography. *J Clin Endocrinol Metab*. 2006; 91: 920-5. [\[CrossRef\]](#)
- [18]. Zhou L, Peng W, Wang C, Liu X, Shen Y, Zhou K. Primary adrenal lymphoma: radiological; pathological, clinical correlation. *Eur J Radiol*. 2012; 81: 401-5. [\[CrossRef\]](#)
- [19]. Evangelista L, Crimi F, Visentin A, Voltan G, Trentin L, Lacognata C, et al. [18F]FDG PET/CT and PET/MR in patients with adrenal lymphoma: a systematic review of literature and a collection of cases. *Curr Oncol*. 2022; 29: 7887-99. [\[CrossRef\]](#)
- [20]. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2021; 71: 209-49. [\[CrossRef\]](#)
- [21]. Data visualization tools for exploring the global cancer burden in 2022. [\[CrossRef\]](#)
- [22]. Le O, Roy A, Silverman PM, Kundra V. Common and uncommon adult unilateral renal masses other than renal cell carcinoma. *Cancer Imaging*. 2012; 12: 194-204. [\[CrossRef\]](#)
- [23]. Krajewski KM, Pedrosa I. Imaging advances in the management of kidney cancer. *J Clin Oncol*. 2018; 36: JCO2018791236. [\[CrossRef\]](#)
- [24]. Kochhar R, Brown RK, Wong CO, Dunnick NR, Frey KA, Manoharan P. Role of FDG PET/CT in imaging of renal lesions. *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2010; 54: 347-57. [\[CrossRef\]](#)
- [25]. Nakajima R, Nozaki S, Kondo T, Nagashima Y, Abe K, Sakai S. Evaluation of renal cell carcinoma histological subtype and fuhrman grade using <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose-positron emission tomography/computed tomography. *Eur Radiol*. 2017; 27: 4866-73. [\[CrossRef\]](#)
- [26]. Zukotynski K, Lewis A, O'Regan K, Jacene H, Sakellis C, Krajewski K, et al. PET/CT and renal pathology: a blind spot for radiologists? Part 1, primary pathology. *AJR Am J Roentgenol*. 2012; 199: W163-7. [\[CrossRef\]](#)



- [27]. Kitajima K, Yamamoto S, Fukushima K, Minamimoto R, Kamai T, Jadvar H. Update on advances in molecular PET in urological oncology. *Jpn J Radiol.* 2016; 34: 470-85. [\[CrossRef\]](#)
- [28]. Kang DE, White RL Jr, Zuger JH, Sasser HC, Teigland CM. Clinical use of fluorodeoxyglucose F 18 positron emission tomography for detection of renal cell carcinoma. *J Urol.* 2004; 171: 1806-9. [\[CrossRef\]](#)
- [29]. Yin Q, Xu H, Zhong Y, Ni J, Hu S. Diagnostic performance of MRI, SPECT, and PET in detecting renal cell carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer.* 2022; 22: 163. [\[CrossRef\]](#)
- [30]. Lakhani A, Khan SR, Bharwani N, Stewart V, Rockall AG, Khan S, et al. FDG PET/CT pitfalls in gynecologic and genitourinary oncologic imaging. *Radiographics.* 2017; 37: 577-94. [\[CrossRef\]](#)
- [31]. Liu Y. The Place of FDG PET/CT in renal cell carcinoma: value and limitations. *Front Oncol.* 2016; 6: 201. [\[CrossRef\]](#)
- [32]. Ma H, Shen G, Liu B, Yang Y, Ren P, Kuang A. Diagnostic performance of 18F-FDG PET or PET/CT in restaging renal cell carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *Nucl Med Commun.* 2017; 38: 156-63. [\[CrossRef\]](#)
- [33]. Takahashi M, Kume H, Koyama K, Nakagawa T, Fujimura T, Morikawa T, et al. Preoperative evaluation of renal cell carcinoma by using 18F-FDG PET/CT. *Clin Nucl Med.* 2015; 40: 936-40. [\[CrossRef\]](#)
- [34]. Lee H, Hwang KH, Kim SG, Koh G, Kim JH. Can Initial (18)F-FDG PET-CT imaging give information on metastasis in patients with primary renal cell carcinoma? *Nucl Med Mol Imaging.* 2014; 48: 144-52. [\[CrossRef\]](#)
- [35]. Quencer KB, Friedman T, Sheth R, Oklu R. Tumor thrombus: incidence, imaging, prognosis and treatment. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2017; 7 (Suppl 3): S165-S77. [\[CrossRef\]](#)
- [36]. Ferda J, Ferdova E, Hora M, Hes O, Finek J, Topolcan O, et al. 18F-FDG-PET/CT in potentially advanced renal cell carcinoma: a role in treatment decisions and prognosis estimation. *Anticancer Res.* 2013; 33: 2665-72. [\[CrossRef\]](#)
- [37]. Sharma P, Kumar R, Jeph S, Karunanithi S, Naswa N, Gupta A, Malhotra A. 18F-FDG PET-CT in the diagnosis of tumor thrombus: can it be differentiated from benign thrombus? *Nucl Med Commun.* 2011; 32: 782-8. [\[CrossRef\]](#)
- [38]. Chen JL, Appelbaum DE, Kocherginsky M, Cowey CL, Rathmell WK, McDermott DF, et al. FDG-PET as a predictive biomarker for therapy with everolimus in metastatic renal cell cancer. *Cancer Med.* 2013; 2: 545-52. [\[CrossRef\]](#)
- [39]. Caldarella C, Muoio B, Isgrò MA, Porfiri E, Treglia G, Giovanella L. The role of fluorine-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in evaluating the response to tyrosine-kinase inhibitors in patients with metastatic primary renal cell carcinoma. *Radiol Oncol.* 2014; 48: 219-27. [\[CrossRef\]](#)
- [40]. Lai AL, Law YM. VI-RADS in bladder cancer: overview, pearls and pitfalls. *Eur J Radiol.* 2023; 160: 110666. [\[CrossRef\]](#)
- [41]. Spiess PE, Agarwal N, Bangs R, Boorjian SA, Buyyounouski MK, Clark PE, et al. Bladder cancer, version 5.2017, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *J Natl Compr Canc Netw.* 2017; 15: 1240-67. [\[CrossRef\]](#)
- [42]. Civelek AC, Niglio SA, Malayeri AA, Lin J, Gurram S, Chalfin HJ, et al. Clinical value of <sup>18</sup>FDG PET/MRI in muscle-invasive, locally advanced, and metastatic bladder cancer. *Urol Oncol.* 2021; 39: 787.e17-787.e21. [\[CrossRef\]](#)
- [43]. Rosenkrantz AB, Friedman KP, Ponzo F, Raad RA, Jackson K, Huang WC, et al. Prospective pilot study to evaluate the incremental value of PET information in patients with bladder cancer undergoing 18F-FDG simultaneous PET/MRI. *Clin Nucl Med.* 2017; 42: e8-e15. [\[CrossRef\]](#)
- [44]. Lu YY, Chen JH, Liang JA, Wang HY, Lin CC, Lin WY, et al. Clinical value of FDG PET or PET/CT in urinary bladder cancer: a systemic review and meta-analysis. *Eur J Radiol.* 2012; 81: 2411-6. [\[CrossRef\]](#)
- [45]. Soubra A, Hayward D, Dahm P, Goldfarb R, Froehlich J, Jha G, et al. The diagnostic accuracy of 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography and computed tomography in staging bladder cancer: a single-institution study and a systematic review with meta-analysis. *World J Urol.* 2016; 34: 1229-37. [\[CrossRef\]](#)
- [46]. Giannatempo P, Alessi A, Miceli R, Raggi D, Farè E, Nicolai N, et al. Interim fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography for early metabolic assessment of therapeutic response to chemotherapy for metastatic transitional cell carcinoma. *Clin Genitourin Cancer.* 2014; 12: 433-9. [\[CrossRef\]](#)
- [47]. Mertens LS, Fioole-Bruining A, van Rhijn BW, Kerst JM, Bergman AM, Vogel WV, et al. FDG-positron emission tomography/computerized tomography for monitoring the response of pelvic lymph node metastasis to neoadjuvant chemotherapy for bladder cancer. *J Urol.* 2013; 189: 1687-91. [\[CrossRef\]](#)
- [48]. Salminen A, Jambor I, Merisaari H, Ettala O, Virtanen J, Koskinen I, et al. <sup>11</sup>C-acetate PET/MRI in bladder cancer staging and treatment response evaluation to neoadjuvant chemotherapy: a prospective multicenter study (ACEBIB trial). *Cancer Imaging.* 2018; 18: 25. [\[CrossRef\]](#)
- [49]. Cereser L, Evangelista L, Giannarini G, Girometti R. Prostate MRI and PSMA-PET in the primary diagnosis of prostate cancer. *Diagnostics (Basel).* 2023; 13: 2697. [\[CrossRef\]](#)

- [50]. Hope TA, Afshar-Oromieh A, Eiber M, Emmett L, Fendler WP, Lawhn-Heath C, et al. Imaging prostate cancer with prostate-specific membrane antigen PET/CT and PET/MRI: current and future applications. *AJR Am J Roentgenol*. 2018; 211: 286-94. [\[CrossRef\]](#)
- [51]. Hofman MS, Irvani A. Gallium-68 prostate-specific membrane antigen PET imaging. *PET Clin*. 2017; 12: 219-34. [\[CrossRef\]](#)
- [52]. Liu FY, Sheng TW, Tseng JR, Yu KJ, Tsui KH, Pang ST, et al. Prostate-specific membrane antigen (PSMA) fusion imaging in prostate cancer: PET-CT vs PET-MRI. *Br J Radiol*. 2022; 95: 20210728. [\[CrossRef\]](#)
- [53]. Huang R, Li Y, Wu H, Liu B, Zhang X, Zhang Z. <sup>68</sup>Ga-PSMA-11 PET/CT versus <sup>68</sup>Ga-PSMA-11 PET/MRI for the detection of biochemically recurrent prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Front Oncol*. 2023; 13: 1216894. [\[CrossRef\]](#)
- [54]. Hicks RM, Simko JP, Westphalen AC, Nguyen HG, Greene KL, Zhang L, et al. Diagnostic accuracy of <sup>68</sup>Ga-PSMA-11 PET/MRI compared with multiparametric MRI in the detection of prostate cancer. *Radiology*. 2018; 289: 730-7. [\[CrossRef\]](#)
- [55]. Margel D, Bernstine H, Groshar D, Ber Y, Nezir O, Segal N, et al. Diagnostic performance of <sup>68</sup>Ga prostate-specific membrane antigen PET/MRI compared with multiparametric MRI for detecting clinically significant prostate cancer. *Radiology*. 2021; 301: 379-86. [\[CrossRef\]](#)
- [56]. Ferraro DA, Becker AS, Kranzbühler B, Mebert I, Baltensperger A, Zeimpekis KG, et al. Diagnostic performance of <sup>68</sup>Ga-PSMA-11 PET/MRI-guided biopsy in patients with suspected prostate cancer: a prospective single-center study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021; 48: 3315-24. [\[CrossRef\]](#)
- [57]. Hope TA, Goodman JZ, Allen IE, Calais J, Fendler WP, Carroll PR. Metaanalysis of <sup>68</sup>Ga-PSMA-11 PET accuracy for the detection of prostate cancer validated by histopathology. *J Nucl Med*. 2019; 60: 786-93. [\[CrossRef\]](#)
- [58]. Evangelista L, Zattoni F, Cassarino G, Artioli P, Cecchin D, Dal Moro F, et al. PET/MRI in prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021; 48: 859-73. [\[CrossRef\]](#)
- [59]. Park SY, Zacharias C, Harrison C, Fan RE, Kunder C, Hatami N, et al. Gallium 68 PSMA-11 PET/MR Imaging in Patients with Intermediate- or high-risk prostate cancer. *Radiology*. 2018; 288: 495-505. [\[CrossRef\]](#)
- [60]. Rüschhoff JH, Ferraro DA, Muehlematter UJ, Laudicella R, Hermanns T, Rodewald AK, et al. What's behind <sup>68</sup>Ga-PSMA-11 uptake in primary prostate cancer PET? Investigation of histopathological parameters and immunohistochemical PSMA expression patterns. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021; 48: 4042-53. [\[CrossRef\]](#)
- [61]. Muehlematter UJ, Burger IA, Becker AS, Schawkat K, Hötter AM, Reiner CS, et al. Diagnostic accuracy of multiparametric MRI versus <sup>68</sup>Ga-PSMA-11 PET/MRI for extracapsular extension and seminal vesicle invasion in patients with prostate cancer. *Radiology*. 2019; 293: 350-8. [\[CrossRef\]](#)
- [62]. Datta K, Mudders M, Zhang H, Tindall DJ. Mechanism of lymph node metastasis in prostate cancer. *Future Oncol*. 2010; 6: 823-36. [\[CrossRef\]](#)
- [63]. Ghafoor S, Burger IA, Vargas AH. Multimodality imaging of prostate cancer. *J Nucl Med*. 2019; 60: 1350-8. [\[CrossRef\]](#)
- [64]. Herlemann A, Wenter V, Kretschmer A, Thierfelder KM, Bartenstein P, Faber C, et al. <sup>68</sup>Ga-PSMA positron emission tomography/computed tomography provides accurate staging of lymph node regions prior to lymph node dissection in patients with prostate cancer. *Eur Urol*. 2016; 70: 553-7. [\[CrossRef\]](#)
- [65]. Hofman MS, Lawrentschuk N, Francis RJ, Tang C, Vela I, Thomas P, et al. Prostate-specific membrane antigen PET-CT in patients with high-risk prostate cancer before curative-intent surgery or radiotherapy (proPSMA): a prospective, randomised, multicentre study. *Lancet*. 2020; 395: 1208-16. [\[CrossRef\]](#)
- [66]. Quiroz-Munoz M, Izadmehr S, Arumugam D, Wong B, Kirschenbaum A, Levine AC. Mechanisms of osteoblastic bone metastasis in prostate cancer: role of prostatic acid phosphatase. *J Endocr Soc*. 2019; 3: 655-64. [\[CrossRef\]](#)
- [67]. Donswijk ML, van Leeuwen PJ, Vegt E, Cheung Z, Heijmink SWTPJ, van der Poel HG, et al. Clinical impact of PSMA PET/CT in primary prostate cancer compared to conventional nodal and distant staging: a retrospective single center study. *BMC Cancer*. 2020; 20: 723. [\[CrossRef\]](#)
- [68]. Zhao Y, Morka N, Simpson BSS, Freeman A, Kirkham A, Kelly D, et al. Prostate-specific membrane antigen positron emission tomography compared to multiparametric MRI for prostate cancer diagnosis: a protocol for a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2021; 11: e052277. [\[CrossRef\]](#)
- [69]. Pasoglou V, Michoux N, Peeters F, Larbi A, Tombal B, Selleslagh T, et al. Whole-body 3D T1-weighted MR imaging in patients with prostate cancer: feasibility and evaluation in screening for metastatic disease. *Radiology*. 2015; 275: 155-66. [\[CrossRef\]](#)
- [70]. Catalano OA, Nicolai E, Rosen BR, Luongo A, Catalano M, Iannace C, et al. Comparison of CE-FDG-PET/CT with CE-FDG-PET/MR in the evaluation of osseous metastases in breast cancer patients. *Br J Cancer*. 2015; 112: 1452-60. [\[CrossRef\]](#)
- [71]. Grubmüller B, Baltzer P, Hartenbach S, D'Andrea D, Helbich TH, Haug AR, et al. PSMA ligand

- PET/MRI for primary prostate cancer: staging performance and clinical impact. *Clin Cancer Res.* 2018; 24: 6300-7. [\[CrossRef\]](#)
- [72]. Ferraro DA, Muehlematter UJ, Garcia Schüller HI, Rupp NJ, Huellner M, Messerli M, et al.  $^{68}\text{Ga}$ -PSMA-11 PET has the potential to improve patient selection for extended pelvic lymph node dissection in intermediate to high-risk prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2020; 47: 147-59. [\[CrossRef\]](#)
- [73]. McCormick BZ, Mahmoud AM, Williams SB, Davis JW. Biochemical recurrence after radical prostatectomy: current status of its use as a treatment endpoint and early management strategies. *Indian J Urol.* 2019; 35: 6-17. [\[CrossRef\]](#)
- [74]. Patel P, Mathew MS, Trilisky I, Oto A. Multiparametric MR imaging of the prostate after treatment of prostate cancer. *Radiographics.* 2018; 38: 437-49. [\[CrossRef\]](#)
- [75]. Gaur S, Turkbey B. Prostate MR imaging for posttreatment evaluation and recurrence. *Radiol Clin North Am.* 2018; 56: 263-75. [\[CrossRef\]](#)
- [76]. Notley M, et al. BJR 2015, Roy C, et al. AJR 2013, Sciarra et al. Eur Urol 2008. [\[CrossRef\]](#)
- [77]. Fendler WP, Calais J, Eiber M, Flavell RR, Mishoe A, Feng FY, et al. Assessment of  $^{68}\text{Ga}$ -PSMA-11 PET accuracy in localizing recurrent prostate cancer: a prospective single-arm clinical trial. *JAMA Oncol.* 2019; 5: 856-63. [\[CrossRef\]](#)
- [78]. Kranzbühler B, Müller J, Becker AS, Garcia Schüller HI, Muehlematter U, Fankhauser CD, et al. Detection rate and localization of prostate cancer recurrence using  $^{68}\text{Ga}$ -PSMA-11 PET/MRI in patients with low PSA values  $\leq 0.5$  ng/mL. *J Nucl Med.* 2020; 61: 194-201. [\[CrossRef\]](#)
- [79]. Guberina N, Hetkamp P, Ruebben H, Fendler W, Grueneisen J, Suntharalingam S, et al. Whole-body integrated [ $^{68}\text{Ga}$ ]PSMA-11-PET/MR imaging in patients with recurrent prostate cancer: comparison with whole-body PET/CT as the standard of reference. *Mol Imaging Biol.* 2020; 22: 788-96. [\[CrossRef\]](#)
- [80]. Jentjens S, Mai C, Ahmadi Bidakhvidi N, De Coster L, Mertens N, Koole M, et al. Prospective comparison of simultaneous [ $^{68}\text{Ga}$ ]Ga-PSMA-11 PET/MR versus PET/CT in patients with biochemically recurrent prostate cancer. *Eur Radiol.* 2022; 32: 901-11. [\[CrossRef\]](#)

## Eğitici Noktalar

### Sayfa 363

Klinik deneyimler, MRG'nin mükemmel yumuşak doku kontrast çözümleme gücü nedeniyle, PET ile kombine edildiğinde, gerek lezyonların ayırt edilmesi, gerekse karakterizasyonunda önemli rol oynadığını; PET ve MRG komponentlerinden elde edilen metabolik ve anatomik bilginin birlikte yorumlanmasının daha güvenilir bir tanısal yaklaşım sağladığını göstermektedir.

### Sayfa 363

FDG birikimi, o dokuda, sadece hücrel metabolik aktivitenin yoğun olduğunu gösteren bir durumdur. Dolayısıyla, kanser dokusunun yanı sıra, metabolik aktivitesi yüksek normal dokular ile enflamatuvar dokularda da FDG tutulumu görülebilir.

### Sayfa 364

Onkolojik olgularda, hastanın eski tarihli ve güncel görüntüleme bulguları karşılaştırılarak, adrenal bez boyutlarında artış ve yeni gelişimli patolojik aktivite birikimi olup olmadığının belirlenmesi, özellikle adenom-metastaz ayrımında önemlidir.

### Sayfa 367

Böbrek kanserinden veya nöroendokrin tümörden kaynaklanan adrenal metastazlar, erken metastazlar ve nekrotik/hemorajik metastazlarda FDG tutulumu silik olabileceği için yanlış negatif sonuçlar olabilir.

### Sayfa 369

Düşük greydli renal hücreli kanserler, ya FDG tutulumu göstermez ya da minimal tutulum göstererek benin lezyonlarla karıştırılabilir. Metabolik olarak aktif olmayan renal lezyonlar, incelemenin BT kısmına çok fazla dikkat edilmediği takdirde gözden kaçırılabilirken, metabolik olarak aktif lezyonlar, radyofarmasötüğün renal toplayıcı sistemdeki fizyolojik birikimi sanılarak göz ardı edilebilir. Bu nedenle, böbrek lezyonlarını tanımlamak ve tanısal yaklaşımı yönlendirmek için çalışmanın hem PET hem de BT bileşenlerine çok dikkat edilmesi gerekmektedir.

### Sayfa 371

Renal yolla ekskrete edilen F-18 FDG, mesane lümeninde birikerek duvardaki lezyonu örtmektedir. Dolayısıyla, F-18 FDG PET/BT, primer mesane duvarı lezyonlarını tespit etmede yetersiz kalmaktadır. Aynı sınırlama, PET/MRG için de söz konusudur.

### Sayfa 371

Bununla birlikte, NCCN kılavuzlarında, PET/BT, invaziv mesane kanserli olgularda uzak metastazların saptanmasında önerilmektedir.

### Sayfa 373

Prostat-spesifik membran antijeni (PSMA), prostat kanserinin görüntülenmesinde yararlı bir biyobelirteç olarak önem taşımaktadır.



## Eğitici Noktalar

### Sayfa 373

Fizyolojik olarak PSMA, normal prostat dokusu ve benin prostat patolojilerinde düşük düzeyde eksprese olurken, prostat kanserinde 100-1000 kat daha fazla eksprese olur. Ekspresyon derecesi, az diferansiye, metastatik ve androjen baskılama tedavisine (ABT) dirençli kanserlerde daha yüksektir. PSMA, tümör agresivitesi ve intratümöral anjiyogenezis ile korele artış gösterir.

### Sayfa 374

Orta ve yüksek riskli hastalarda ilk evreleme, biyokimyasal nüks ve tekrar evreleme, PSMA PET/MRG'nin önemli uygulama alanlarıdır.

### Sayfa 374

Prostat kanserinin tespiti, tümörün yeri ve yaygınlığı hakkında PSMA PET/MRG yararlı bilgi vermektedir.

### Sayfa 376

Prostat kanseri tanısı alan hastalarda tedavi planlaması için risk sınıflandırması yapılmaktadır. Orta ve yüksek riskli bulunan gruplarda, vücuttaki olası metastatik odakların dışlanması önemlidir.

### Sayfa 377

Özellikle PSA seviyeleri düşük olduğunda, nüks yerinin belirlenmesi zor olabilir. PSMA-PET, düşük PSA seviyelerinde bile (PSA: 0,5 ng/mL) yararlı olabilir.

### Sayfa 378

Prostat-spesifik membran antijeni PET/MRG, hem prostatektomi hem de RT sonrası biyokimyasal nüksleri lokalize etmede önemli bir rol oynar. Yüksek riskli prostat kanseri olgularında, RT ile birlikte ABT uygulanabilir. Bu tedavi, PSA'da düşüşe, normal glandüler dokuda azalmaya ve glandüler dokunun stromal dokuya dönüşümüne yol açar. MRG'de prostat bezinde küçülmenin yanı sıra normal dokunun T2 sinyalinde ve görünür difüzyon katsayısı (ADC) değerinde azalma görülür. Tümörün ADC'sinde artış ve boyutunda azalma izlenir. Prostat zonal anatomisinin kaybolduğu olgularda, nüks tümörün saptanmasında PET/MRG yararlı olabilir.

### Sayfa 379

Radikal prostatektomi sonrası biyokimyasal nüksü olan toplam 8,409 hastayı kapsayan 37 çalışmanın incelendiği, 2023 yılına ait bir metaanaliz ve sistematik derlemede ise, Ga-68 PSMA PET/BT ve Ga-68 PSMA PET/MRG'nin biyokimyasal nükse yönelik genel lezyon saptama oranları karşılaştırılmış ve bu bağlamda önemli bir farklılık saptanmamıştır (%70, %71).

## Çalışma Soruları

- Flor-18 florodeoksiglukoz (F-18 FDG) ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi doğrudur?
  - F-18 bir jeneratör ürünüdür.
  - F-18 pozitron yayar.
  - FDG, bir trigliserid analogudur.
  - F-18 FDG, heksokinaz aktivitesi düşük olan hücreler içinde birikmeye eğilimlidir.
  - F-18'in yarı ömrü 18 saattir.
- Somatostatin reseptörlerinin yüksek oranda eksprese edildiği adrenal tümörü hangisidir?
  - Adenom
  - Adrenokortikal karsinom
  - Feokromositoma
  - Hemanjiyom
  - Miyelolipom
- FDG tutulumu düşük olan lezyon hangisidir?
  - Adrenokortikal karsinom
  - Lenfoma
  - Renal apse
  - Akciğer kanserinin adrenal metastazı
  - Düşük greydli renal hücreli karsinom
- Prostat kanserinde PET/MRG kullanımına ilişkin olarak aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
  - Prostat kanseri evrelemesinde en yaygın kullanılan radyofarmasötik Ga-68 PSMA'dır.
  - PSMA, normal prostat dokusuna göre, prostat kanserinde 100 - 1000 kat daha fazla eksprese olur.
  - Prostat bezindeki kanserin saptanması ve lokalize edilmesinde Ga-68 PSMA PET/MRG kullanılabilir.
  - Lokal prostat yatağı nüksünde, mpMRG, Ga-68 PSMA PET/MRG'ye göre daha başarılı bulunmuştur.
  - Radyoterapi sonrasında, prostat bezindeki nüksün ortaya konmasında, mpMRG, Ga-68 PSMA PET/MRG'ye göre daha başarılı bulunmuştur.
- Prostat kanseri metastazlarına ilişkin olarak aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
  - Kemik ve uzak organ metastazlarını saptamada, PET/BT ve PET/MRG'nin tanısal performansları benzerdir.
  - Lenf nodu metastazı, biyokimyasal nüks için bağımsız bir risk faktörüdür.
  - Prostat kanseri en sık adrenal glandlara metastaz yapar.
  - Orta ve yüksek riskli prostat kanserli olgularda, tedavi planlaması için vücuttaki olası metastazların dışlanması önemlidir.
  - Prostat kanserinde bölgesel lenf nodlarına metastaz, uzak lenf nodlarına metastaza göre daha siktir.