Derleme / *Review*

DOI: 10.4274/uob.635

Bulletin of Urooncology 2016;15:76-9

Manyetik Rezonans - Transrektal Ultrason Füzyon Kılavuzluğunda Prostat Biyopsisi

Magnetic Resonance - Transrectal Ultrasound Fusion Guided Prostate Biopsy

Dr. Ömer Burak Argun[1], Dr. Can Öbek[2], Dr. Ali Rıza Kural[1]

[1]*Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi, Üroloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye*
[2]*Acıbadem Taksim Hastanesi, Üroloji Kliniği, İstanbul, Türkiye*

Öz

Prostat uzun yıllar boyunca içerisindeki lezyondan biyopsi yapılamayan tek solid organ olma özelliğini taşımıştır. Son yıllarda prostat kanseri görüntülemesinde çığır açan manyetik rezonans görüntüleme (MRG) teknikleri ortaya çıkmış ve prostat kanseri tanısında önemli bir tanı yöntemi haline gelmiştir. Standart biyopsi yönteminin doğruluk oranını arttırma çabaları, MRG kılavuzluğunda hedefe yönelik biyopsi yöntemlerinin doğmasını sağlamıştır. Günümüzde hedefe yönelik prostat biyopsi yöntemlerinden MRG-transrektal ultrason (TRUS) füzyon kılavuzluğunda biyopsi, özellikle daha önce biyopsisinde kanser saptanmayan, ancak prostat spesifik antijen değeri yükselmesi devam eden hastalarda ve aktif izlem hastalarının takip biyopsilerinde giderek artan oranda kullanılmaya başlanmıştır. Kılavuzlarda henüz önerilmemekle beraber, kişisel düşünce ve pratiğimiz, MRG tetkikinde anlamlı lezyonu olup biyopsi planlanan her hastada, MRG-TRUS füzyon kılavuzluğunda biyopsinin en ideal biyopsi yöntemi olduğu yönündedir.

Anahtar Kelimeler: Prostat biyopsisi, prostat kanseri, transrektal ultrason, manyetik rezonans kılavuzluğunda biyopsi

Summary

Prostate has remained as the single solid organ for which biopsy cannot be performed from a lesion for decades. Lately, the groundbreaking magnetic resonance imaging (MRI) techniques have emerged to scan prostate cancer and have become an important diagnostic tool in the diagnosis of prostate cancer. Efforts to improve the accuracy of the standard biopsy methods have led to the emergence of target-oriented biopsy methods. Today, MRI-transrectal ultrasound (TRUS) fusion guided biopsy methods are being used increasingly, especially for patients with an increasing prostate specific antigen level after a previous negative biopsy result and for patients under follow-up with active surveillance protocols. Even though it is not yet suggested in guidelines, our view and practice are in line with the fact that MRI-TRUS fusion guided biopsy is the most ideal biopsy method in any patient scheduled for a prostate biopsy with a significant lesion on MRI.

Keywords: Prostate biopsy, prostate cancer, transrectal ultrasound, magnetic resonance guided biopsy

Giriş

İçerisindeki lezyondan biyopsi yapılmayan ve kanser saptama amacıyla random biyopsi yapılan tek solid organ prostattır. Tanı için uygulanan standart sistematik random biyopsi tekniğinde biyopsi iğneleri sistematik ve randomize bir şema ile organ içerisine gönderilmekte ve hedefe yönelik bir örnekleme yapılmamaktadır. Transrektal ultrason (TRUS) eşliğinde uygulanan prostat biyopsisi, prostat kanserinin tanısında atlama taşı olmuştur. Hodge ve ark.' nın (1) 1989'da tarifledi̇ği sistematik 6 parça (sekstant) örneklenmesini takiben klinik kullanımı yaygınlaşmıştır. Altı parça biyopsi bir dönem standart prostat biyopsisi olmuş, ancak zamanla alınan kor sayısı artmıştır. Bu konuyu irdeleyen ve 68 çalışmanın değerlendirildiği bir metaanaliz, 12 kor biyopsi yönteminin daha fazla prostat kanseri yakalama oranına sahip olduğunu göstermiştir (2). Uzun yıllar 10-12 kor sistematik örnekleme ile yapılan biyopsi altın standart olarak kabul edilmiştir ve halen de en sık uygulanan yöntemdir. Standart biyopsi ile yüksek prostat spesifik antijen (PSA) değeri olan hastadaki prostat kanseri yakalama oranı yaklaşık %25-45 olarak bildirilmektedir (3,4). Buna ilaveten pubik kemikler arkasında ve pelvisin derinliklerine saklanan bu organın bazı bölgelerine ulaşmadaki zorluklardan dolayı, random biyopsi ile kanser tanısı koymak her zaman mümkün olamamaktadır. Özellikle büyük prostatlarda anterior zon ve apeks bölgesinin örneklenmesinde problemler yaşanmaktadır. Rektumdaki dentat çizgiye olan yakınlığından dolayı, apikal örneklemeler özellikle lokal anestezi altında yapılan prostat biyopsisi işlemleri sırasında daha fazla ağrıya neden olduğu için hasta konforunu da bozmaktadır. Bütün bu nedenlerden dolayı, daha doğru ve kesin bir biyopsi yöntemi araştırmaları süregelmiştir.

Zaman içinde biyopsi tanı oranını artırmak amacıyla ≥20 parça alınan satürasyon biyopsisi ve transperineal harita biyopsi yöntemleri geliştirilmiştir. Transperineal yaklaşımın genel anestezi gerektirmesi ve artmış morbidite (akut idrar retansiyonu) gibi dezavantajları bulunmaktadır (5,6). Tam da bu noktada, son

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Ömer Burak Argun, Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi, Üroloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye
Tel.: +90 505 454 96 03 **E-mail:** drburakargun@gmail.com
Geliş Tarihi/Received: 14.03.2016 **Kabul Tarihi/Accepted:** 13.04.2016

© Üroonkoloji Bülteni, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır./ © Bulletin of Urooncology, Published by Galenos Publishing.

yıllarda prostat kanseri görüntülemesinde çığır açan manyetik rezonans görüntüleme (MRG) teknikleri ortaya çıkmış ve prostat kanseri tanısında önemli bir yöntem haline gelmiştir (7). Yüksek çözünürlükteki cihazların kullanıma girmesi ile birlikte multiparametrik (Mp) çalışmalar MRG kullanımının önemini arttırmıştır. Yakın geçmişte MRG kılavuzluğunda hedefe yönelik biyopsiler (MR-InBore, MR-TRUS füzyon) gündeme gelmiş ve hızla yaygınlaşmaya başlamıştır.

Multiparametrik Manyetik Rezonans

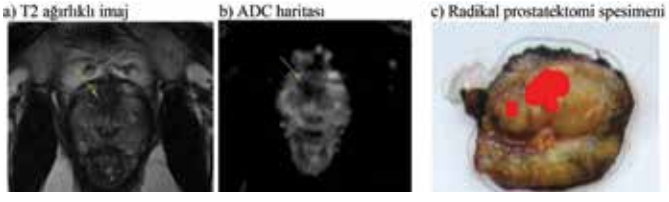
Mp-MRG T2 ağırlıklı yüksek çözünürlükteki, dinamik kontrastlı ve difüzyon ağırlıklı imajların alındığı bir çekimi tanımlar. T2 ağırlıklı imajlar ile prostatın zonal anatomisi değerlendirilirken, dinamik kontrastlanma aşamasında tümörün farmakokinetik özelliklerinden kaynaklanan kontrastlanma paterni araştırılmaktadır. Difüzyon ağırlıklı imajlar, görünür difüzyon katsayısı haritası olarak görüntülenmektedir. Bu imajlar gerçek bir görüntü değil, artmış hücre yoğunluğuna bağlı olarak azalan hücreler arası serbest sıvı hareketinin (Brownian hareket) ölçülmesiyle oluşturulan rekonstrüksiyon görüntülerdir. Difüzyon ağırlıklı görüntüleme prostat kanserli dokuya daha özgül bir sekans olup, T2 ağırlıklı imajlarla karşılaştırıldığında, kanserli doku tanısında daha duyarlıdır (Resim 1). Dinamik kontrastlı görüntüleme tümör vaskülaritesine odaklı bir sekans olup, intravenöz yoldan uygulanan kontrast madde sonrası alınan hızlı imajlar ile tümörlü alanların vaskülarite özellikleri ve artmış vasküler geçirgenliğinden dolayı erken kontrastlanma (wash-in) ve kontrast maddeden erken arınma (wash-out) eğrilerini sağlamaktadır.

Detaylı görüntülerin elde edilmesi amacıyla 'endorektal koil' veya 'yüzeyel koil' kullanılması tümör tanısını artırmakla beraber, uygulanması mutlak gerekli yöntemler değildir.

Mp-MRG görüntülerinin raporlanmasında Amerikan Radyoloji Derneği tarafından güncellenmiş PI-RADS (Prostate Imaging-Reporting and Data System) adı altında bir raporlama sistemi oluşturulmuştur (8). Ayrıca California Üniversitesi tarafından geliştirilen ayrı bir skorlama sistemi (UCLA skorlama sistemi) de mevcuttur (9). Her sistem kendi içerisinde farklı değerlendirme kriterlerine sahip olsa da, ortak amaç kişiye bağlı oluşabilecek değerlendirme farklılıklarını ortadan kaldıracak ortak bir dil oluşturabilmektir.

MRG'nin prostat biyopsisinde kullanımına ait farklı yöntemler vardır:

MR cihazı içerisinde uygulanan (In-Bore) hedefe yönelik biyopsi işlemi: MRG cihazının tüpünün içerisinde gerçekleştirilen bir işlemdir. Hasta genellikle prone pozisyonunda iken işlem uygulanır ve lezyon içerisine yönlendirilen iğnelerle gerçekleştirilir. Biyopsi işlemi sırasında kullanılan bütün ekipmanın MR cihazı ile uyumlu olması gerekmektedir. Engelhard ve ark. (10) in-bore yöntem ile 37 hastalık bir grupta kanser saptama oranını %38 olarak saptamışlardır. Ayrıca 100 hastalık bir seride Roethke ve ark. (11) %52 kanser saptama oranına ulaşmışlar, bu kanserlerin de %81'inin klinik önemli kanser olduğunu tespit etmişlerdir (4).



Resim 1. Prostat apekste anterior zon tümörü, a) T2 ağırlıklı prostat görüntüsü ve anterior zonda tümör düşündüren alan, b) Difüzyon ağırlıklı görüntüde aynı alanda difüzyon kısıtlaması, c) Radikal prostatektomi sonrasındaki spesimenin görüntüsü ve kırmızı ile işaretli indeks tümör alanı (Gleason skor 8)

Kognitif (Bilişsel) füzyon: TRUS eşliğinde biyopsi uygularken, MRG'de tespit edilen prostattaki şüpheli alana iğnenin yönlendirilmesi esasına dayanır. Bu yönlendirmeyi yapan bir yazılım sistemi yoktur; tamamen klinisyenin 3 boyutlu düşünebilme yetisini kullanarak, yani kognitif olarak, hedefe yönelmesi söz konusudur. Yazılım temelli hedefe yönelik bir biyopsi yöntemi kullanılamıyor ise, işlem başarısını arttırmak için başvurulabilir. Yazılım bazlı yöntemler ile benzer kanser saptama oranları bildiren yayınlar (12) ve standart biyopsi yöntemine göre klinik anlamlı kanser saptama açısından daha avantajlı olduğunu gösteren yayınlar mevcuttur. Haffner ve ark. (13) hastalara Mp-MRG uygulayarak MRG ile şüpheli tespit edilen alanlara kognitif olarak ek biyopsiler gerçekleştirmişler, klinik anlamlı kanser tespitinin standart tekniğe kıyasla kognitif füzyon yöntemiyle daha yüksek olduğunu göstermişlerdir.

MR-TRUS füzyon: Günümüzde en sık kullanılan yazılım bazlı MR kılavuzluğunda gerçekleştirilen biyopsi yöntemidir. Özetle prostatın yüksek çözünürlükteki T2 sekanslı görüntüleri kullanılarak sanal ortamda 3 boyutlu prostat imajları oluşturulmakta ve bu imajlar üzerinde şüpheli alanlar belirlenmektedir. Daha sonra USG görüntüleri kullanılarak oluşturulan 3 boyutlu prostat imajlarının yazılım yardımıyla birleştirilmesi ve şüpheli alanlardan biyopsi alınması esasına dayanan yöntemdir. In-bore biyopsi yöntemi ile kıyaslandığında, MRG cihazı içerisinde uygulanmıyor olması ve sadece hedefe yönelik biyopsilerle sınırlı kalmayıp, standart biyopsilerin de alınabiliyor olması, yöntemin avantajları arasındadır. Son yıllarda bu alanda farklı yazılım ve alt yapıya sahip platformlar klinik kullanıma sunulmuştur. Bazı cihazlar transrektal



Resim 2. Uronav sistemi

biyopsi olanağı sunarken, bazıları sadece transperineal biyopsi alınmasına olanak sağlamaktadır (14). Bu iki yaklaşımı bir arada sunan sistemler de vardır. Amerikan Gıda ve İlaç Kodeksi (FDA) bugüne kadar 5 sistemi onaylamıştır. Bunlar sırasıyla Philips/ Uronav, Eigen/Artemis, Koelis/Urostation, Hitachi/HI-RVS ve GeoScan/Biojet sistemleridir. Bu sistemlerin hepsi bir yazılım mantığı ile çalışmakta ve birbirlerine avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. İlk FDA onayını 2005 yılında alan sistem Uronav (Philips Electronics, Amsterdam, the Netherlands) iken (Resim 2), bunu 2008 yılında Artemis (Eigen, Grass Valley, California, USA) sistemi izlemiştir (Resim 3).

Bu sistemlerden üzerinde en çok çalışılan ve klinik kullanımda olan 2 tanesi [(Artemis, Eigen, Grass Valley, California) ve (The Philips Invivo/UroNav)] sistemleridir.

Artemis sisteminde elektromekanik bir robotik kol ultrasonografi (USG) probunu yönlendirmekte ve takip sistemi olarak kullanmakta; referans görüntü olarak MR görüntüleri kullanılmaktadır. İşlem sırasında semi-robotik kol klinisyeni yönlendirmekte, hareket ve açı algılayıcılar (encoders) kullanılarak biyopsi işlemi uygulanmaktadır (15).

Uronav sisteminde takip işlemi cihazın elektromanyetik sistemi kullanılarak yapılmakta, USG probu üzerindeki manyetik aparatın uzaydaki pozisyonu referans alınarak ve MRG kullanılarak biyopsi işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Rastinehad ve ark. (16) bu yöntemle genel kanser saptama oranını %54 olarak bulurken, hedeften alınan lezyonların yüksek oranda klinik anlamlı tümörler olduğunu ve PIRADS skorlaması ile Gleason skorlaması arasında korelasyon olduğunu bildirmişlerdir.

MR-TRUS füzyon kılavuzluğunda yapılan biyopsinin kllinikte kullanım alanları ve hedef kitle daha önce negatif prostat biyopsisi olan hastalar: Daha önce prostat biyopsisi uygulanan ve kanser saptanmayan, ancak PSA değeri artmaya devam eden hastalar klinik uygulamalarda hedefe yönelik biyopsiden en fazla fayda gören grubu oluşturmaktadır.



Resim 3. Artemis sistemi

Moore ve ark. (17) biyopsi endikasyonu olan, fakat ilk biyopsileri negatif saptanmış hastaların (599 hasta) %62'sinde MRG ile anomali saptamış, bu hastalara MRG ile hedefe yönelik biyopsi uyguladıklarında, %66 oranında kanser tespit etmişlerdir. Ayrıca klinik anlamsız kanserlerin saptanmamasında %10 oranında azalma belirtilmiştir. van Hove ve ark.'nın (18) derleme yazısında ise MRG kılavuzluğundaki biyopsilerin ilk biyopsi için tanısal bir avantaj sağlamadığı, fakat tekrarlayan biyopsilerde tanı yüzdesini arttırdığı belirtilmiştir. National Institute of Health (NIH) grubu daha önce negatif biyopsisi olan 195 hastanın %37'sinde kanser saptarken, %11'inde Gleason 4+4=8 ve üstü tümör yakalandığını rapor ettiler. Bu yüksek dereceli tümörlerin %52'sinin standart biyopside yakalanamayıp, hedefe yönelik biyopsi ile tespit edildiğini bildirdiler. Yine NIH'den Siddiqui ve ark. (19) hedefe yönelik biyopsiler ile standart biyopsileri kıyasladıklarında, hedefe yönelik yaklaşımla %30 oranında daha fazla yüksek riskli hasta ve %17 oranında daha az düşük riskli hasta saptadıklarını bildirdiler. Hedef biyopsilere standart biyopsinin eklenmesiyle %22 oranında daha fazla tümör yakaladığını, ancak bunların sadece %5'inin yüksek riskli kanser olduğunu saptadılar. Sonuç olarak standart biyopsi ile 1 tane yüksek risk grubu hasta saptamak için, 200 hastaya biyopsi yapılması gerektiğini belirlediler. Rastinehad ve ark. (20) standart biyopsi ve hedefe yönelik biyopsi sonuçlarını radikal prostatektomi spesimeninin patolojik sonuçları ile karşılaştırdıklarında, Gleason skorunda yükselme (dolayısıyla biyopside yanılma) oranlarını sırasıyla %23,5 ve %3,8 oranında saptamışlardır; bu sonuçlardan hedefe yönelik biyopsinin Gleason skorunu çok daha doğru olarak belirleyebildiği aşikardır.

Mp-MRG ile elde edilen görüntülerin değerlendirilmesinde radyologlar arasında %100 uyum sağlanamaması, yöntemin bir dezavantajı olarak sayılabilir. Avrupa Üroloji Derneği 2016 kılavuzunda, ilk biyopside kanser saptanmayan, fakat kanser şüphesinin devam ettiği hastalarda, biyopsinin mümkünse MR ile hedeflenmiş olarak yapılması önerilmektedir (21).

Aktif izlemde protokolündeki düşük riskli prostat kanserli hastalar: Hedefe yönelik biyopsi yönteminin diğer önemli bir kullanım alanı da aktif izlem protokolünü seçen düşük riskli prostat kanserli hastalardır. Özellikle standart biyopsi yöntemleri ile klinik anlamlı prostat kanseri olan hastaların saptanmasındaki yetersizlikler ve agresif tümörlerin ayrımının yapılma zorunluluğu, hedefe yönelik biyopsiyi aktif izlemi benimseyen hastalarda çok önemli bir noktaya taşımaktadır. Aktif izlemin en önemli aşamalarından biri, çok iyi yapılmış bir ilk biyopsi ve sonrasında yapılacak olan bir teyit (konfirmasyon) biyopsisidir. İlk standart biyopsinin Gleason skorunu gerçeğin altında gösterme oranı %30 civarındadır. Vargas ve ark. (22) Mp-MRG'nin aktif izlemdeki hastanın tekrar biyopsilerinde Gleason skor artışı ve dolayısıyla yeniden sınıflandırılma olasılığını %98 oranında öngörebildiği bildirmiştir. Yakın zamanda yayınlanan bir derleme yazısında Schoots ve ark. (23) standart biyopsiyi takip eden hedefe yönelik biyopsi ile %33 oranında yeniden evreleme bildirdiler. Ancak teyit biyopsisi yapmadan, sadece MRG bulgularına güvenerek progresyonun öngörülebilmesi için henüz yeterince bilimsel verinin elimizde olmadığı da aynı yayında belirtilmektedir. Artemis sisteminin daha önceki biyopsi traktlarını hafızaya alması ve kontrol biyopsilerinde bu verileri kullanmaya olanak tanıması, aktif izlem hastalarının takibinde hedefe yönelik biyopsi sistemin ayrı bir avantajı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Prostat kanseri tedavisinde her geçen gün farklı tedavi alternatifleri gündeme gelmektedir. Fokal terapinin de ivme kazanmaya başladığı günümüzde, MRG-TRUS füzyon tanı için geliştirilmiş bir yöntem olmakla beraber, ilerleyen yıllarda yaygınlaşması muhtemel olan fokal terapi teknikleri için de önemli temel basamağı oluşturmaktadır.

Sonuç

Kanımızca MR-TRUS platformu kullanılarak gerçekleştirilen hedefe yönelik biyopsi, hem standart, hem de kognitif yönteme göre üstündür ve bu konudaki deneyimli merkezlerin verileri ışığında, günümüzdeki en gelişmiş biyopsi tekniği olduğunu söylemek mümkündür. Giderek artan bilimsel veriler, MR-TRUS füzyon biyopsisi ile klinik anlamlı kanser tanısının arttığını, bunun yanı sıra klinik anlamsız kanser tanısının da azaldığını göstermektedir (13,16). Bu da uygulanan prostat biyopsisinin hedefine ulaşması olarak kabul edilebilir. Ancak bazı serilerde %5 ile %15 klinik önemli kanserin hedefe yönelik biyopside de atlanabilmesi nedeniyle, hedeften alınan korlara ilaveten standart biyopsi (özellikle daha önce biyopsisi olmayan hastalarda) uygulanmaya devam edilmelidir (24). Kılavuzlar MR-TRUS kılavuzluğunda biyopsiyi tekrar yapılan biyopsiler ve aktif izlem hastalarının biyopsilerinde önermektedir. Kılavuzlarda henüz önerilmemekle beraber, kişisel düşünce ve pratiğimiz, MR tetkikinde anlamlı lezyonu olup biyopsi planlanan her hastada, MR-TRUS füzyon kılavuzluğunda biyopsinin en ideal biyopsi yöntemi olduğu yönündedir. Son olarak MR görüntülerinin bu kadar önemli olduğunu düşündüğümüz bir dönemde, ürologların da en az radyologlar kadar MRG değerlendirme konusunda kendilerini yetiştirmeleri ve geliştirmeleri kanımızca önemli bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Etik

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: Ömer Burak Argun, Can Öbek, Konsept: Ömer Burak Argun, Can Öbek, Ali Rıza Kural, Dizayn: Ömer Burak Argun, Can Öbek, Ali Rıza Kural, Veri Toplama veya İşleme: Ömer Burak Argun, Can Öbek, Analiz veya Yorumlama: Can Öbek, Ali Rıza Kural, Literatür Arama: Ömer Burak Argun
Yazan: Ömer Burak Argun.

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

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

1. Hodge KK, McNeal JE, Stamey TA. Ultrasound guided transrectal core biopsies of the palpably abnormal prostate. J Urol 1989;142:66-70.
2. Eichler K, Hempel S, Wilby J, et al. Diagnostic value of systematic biopsy methods in the investigation of prostate cancer: a systematic review. J Urol 2006;175:1605-1612.
3. Jones JS. Saturation biopsy for detecting and characterizing prostate cancer. BJU Int 2007;99:1340-1344.
4. Lane BR, Zippe CD, Abouassaly R, et al. Saturation technique does not decrease cancer detection during followup after initial prostate biopsy. J Urol 2008;179:1746-1750.
5. Merrick GS, Taubenslag W, Andreini H, et al. The morbidity of transperineal template-guided prostate mapping biopsy. BJU Int 2008;101:1524-1529.
6. Taira AV, Merrick GS, Galbreath RW, et al. Performance of transperineal template-guided mapping biopsy in detecting prostate cancer in the initial and repeat biopsy setting. Prostate Cancer Prostatic Dis 2010;13:71-77.
7. Hricak H, Williams RD, Spring DB, et al. Anatomy and pathology of the male pelvis by magnetic resonance imaging. AJR Am J Roentgenol 1983;141:1101-1110.
8. Prostate Imaging Reportingand Data System http://www.acr.org/Quality-Safety/Resources/PIRADS.
9. Litwin MS, Hays RD, Fink A, et al. The UCLA Prostate Cancer Index: development, reliability, and validity of a health-related quality of life measure. Med Care 1998;36:1002-1012.
10. Engelhard K, Hollenbach HP, Kiefer B, et al. Prostate biopsy in the supine position in a standard 1.5-T scanner under real time MR-imaging control using a MR-compatible endorectal biopsy device. Eur Radiol 2006;16:1237-1243.
11. Roethke M, Anastasiadis AG, Lichy M, et al. MRI-guided prostate biopsy detects clinically significant cancer: analysis of a cohort of 100 patients after previous negative TRUS biopsy. World J Urol 2012;30:213-218.
12. Puech P, Rouviere O, Renard-Penna R, et al. Prostate cancer diagnosis: multiparametric MR-targeted biopsy with cognitive and transrectal US-MR fusion guidance versus systematic biopsy-prospective multicenter study. Radiology 2013;268:461-469.
13. Haffner J, Lemaitre L, Puech P, et al. Role of magnetic resonance imaging before initial biopsy: comparison of magnetic resonance imaging-targeted and systematic biopsy for significant prostate cancer detection. BJU Int 2011;108:171-178.
14. Le JD, Huang J, Marks LS. Targeted prostate biopsy: value of multiparametric magnetic resonance imaging in detection of localized cancer. Asian J Anddrol 2014;16:522-529.
15. Sonn GA, Natarajan S, Margolis DJ, et al. Targeted biopsy in the detection of prostate cancer using an Office based magnetic resonance ultrasound fusion device. J Urol 2013;189:86-91.
16. Rastinehad AR, Baccala AA Jr, Chung PH, et al. D'Amico risk stratification correlates with degree of suspicion of prostate cancer on multiparametric magnetic resonance imaging. J Urol 2011;185:815-820.
17. Moore CM, Robertson NL, Arsanious N, et al. Image-guided prostate biopsy using magnetic resonance imaging-derived targets: a systematic review. Eur Urol 2013;63:125-140.
18. Van Hove A, Savoie PH, Maurin C, Brunelle S, Gravis G, Salem N, Walz J. Comparison of image-guided targeted biopsies versus systematic randomized biopsies in the detection of prostate cancer: a systematic literature review of well-designed studies. World J Urol. 2014;32:847-58.
19. Siddiqui MM, Rais-Bahrami S, Turkbey B, et al. Comparison of MR/ultrasound fusion-guided biopsy with ultrasound-guided biopsy for the diagnosis of prostate cancer. JAMA 2015;313:390-397.
20. Rastinehad AR, Turkbey B, Salami SS, et al. Improving detection of clinically signicant prostate cancer: magnetic resonance imaging/transrectal ultrasound fusion guided prostate biopsy. J Urol 2014;191:1749-1754.
21. Heidenreich A, Bellmunt J, Bolla M, et al. EAU guidelines on prostate cancer. Part 1: screening, diagnosis, and treatment of clinically localised disease. Eur Urol 2011;59:61-71.
22. Vargas HA, Akin O, Afaq A, et al. Magnetic resonance imaging for predicting prostate biopsy findings in patients considered for active surveillance of clinically low risk prostate cancer. J Urol 2012;188:1732-1738.
23. Schoots IG, Petrides N, Giganti F, et al. Magnetic resonance imaging in active surveillance of prostate cancer: a systematic review. Eur Urol 2015;67:627-636.
24. Radtke JP, Teber D, Hohenfellner M, Hadaschik BA. The current and future role of magnetic resonance imaging in prostate cancer detection and management. Transl Androl Urol 2015;4:326-341.