Transplant Böbrek Sintigrafisi

Renal Transplant Scintigraphy

© Bülent Yazıcı

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Öz

Son dönem böbrek yetmezliğinin en iyi tedavi şekli olan böbrek nakli diyalize göre daha uzun ve kaliteli bir yaşam süresi sağlar. Sintigrafi, nakil sonrasında ve takipte greft fonksiyonunun yanı sıra vasküler komplikasyonları, üriner kaçığı ve obstrüksiyonları değerlendirmede invaziv olmayan, sık tekrarlanabilen ve kolay uygulanabilen bir tetkiktir. Ayrıca akut tübüler nekroz ve akut rejeksiyon gibi medikal komplikasyonların değerlendirmesinde de yol göstericidir. Nakilden sonra 2-3 gün içinde yapılan bazal transplant böbrek sintigrafisinin prognostik değeri de vardır. Uygulaması normal dinamik böbrek sintigrafilerinden çok farklı olmamakla birlikte gerek nitel gerekse de nicel olarak böbreğin perfüzyonunun değerlendirilmesi açısından diğer sintigrafilere göre bazı farklılıkları vardır.

Anahtar Kelimeler: Böbrek nakli, sintigrafi, böbrek taraması, Tc-99m DTPA, Tc-99m MAG3

Abstract

Renal transplantation, which is the best treatment for end-stage renal failure, increases the life expectancy and provides a better quality of life when compared to dialysis. Scintigraphy is a non-invasive, frequently repeated, and easily applicable study for evaluating vascular complications, urinary leakage, and obstructions as well as graft function after transplantation and during follow-up. It is also a guide for the evaluation of medical complications such as acute tubular necrosis and acute rejection. Basal transplant kidney scintigraphy performed within 2-3 days after transplantation also has prognostic value. Although its application is not very different from normal dynamic renal scans, it has some differences in terms of both quantitative and qualitative evaluations of kidney perfusion compared to other renal scans.

Keywords: Transplanted kidney, scintigraphy, renal scan, Tc-99m DTPA, Tc-99m MAG3

Giriş

Bu derlemede öncelikle nükleer tıp asistanlarını ve yeni uzmanlarını bilgilendirmeyi amaçladım. Bu nedenle ayrıntılı literatür analizlerinden kaçınarak konunun uygulama ve pratik yönlerine daha fazla yer vermeye çalıştım. Bu derlemeyi inceleyen meslektaşlarım ayrıca Belkis Erbaş ve Ayşe Aktaş hocalarımızın derlemelerini de okuyacak olurlarsa konuya çok daha iyi hakim olacaklardır (1,2).

Böbrek nakli diyalize oranla daha uzun ve kaliteli bir yaşam süresi sağlamaktadır (3). Gelişmiş ülkelerde böbrek nakli daha çok kadavradan yapılırken ülkemizde ise canlıdan yapılan nakiller daha fazladır. Bununla birlikte 10 yıl öncesine kadar canlı/kadavra

nakil oranı çok daha yüksekken günümüzde ise bazı merkezlerde eşitlenmiş durumdadır. Her ne kadar canlı vericiden yapılan nakillerde komplikasyon riski daha düşük ve greftin yaşam süresi daha uzun olsa da kadavradan yapılan nakillerin artması arzulanmaktadır. Nakil sonrasında böbreğin fonksiyonlarını ve bazı komplikasyonları değerlendirmede transplant böbrek sintigrafisi (TBS), invaziv olmayan, sık tekrarlanabilen ve kolay uygulanabilen bir tetkik olması ile ön plana çıkar.

Bazı Temel Konular ve Kavramlar

Canlı vericiden hangi böbreğin nakledileceğine nasıl karar verilir? Öncelikle vericinin bir böbreği sorunlu (küçük böbrek, taş, kist, düşük fonksiyon vb.) ise o

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Doç. Dr. Bülent Yazıcı, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Tel.: +90 505 221 16 27 **E-posta:** bulentayseyazici@yahoo.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0001-6207-9162

©Telif Hakkı 2019 Türkiye Nükleer Tıp Derneği / Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

böbrek nakledilmelidir. Tabii eğer işe yaramayacak kadar sorunlu ise işlem iptal edilir ve başka bir verici aranır. Daha iyi olan böbrek haliyle vericide kalmalıdır. Vericinin böbreklerinin diferansiyel fonksiyonları teknesyum-99m (Tc-99m) dimerkaptosüksinik asit (DMSA) sintigrafisi ile değerlendirilebilir. Bu işlem bazı merkezlerde rutin olarak yapılırken bazı merkezlerde ise ultrasonda bir sorun (boyut farkı, kortikal incelme, kist vb.) saptanırsa yapılmaktadır. İki böbrek birbirine eş ise cerrahlar veni daha uzun olduğu için sol böbreği almayı tercih ederler ve bu böbrek alıcıda genellikle sağ iliyak fossaya yerleştirilir. Böylece retroperitoneal olan organ intraperitoneal olur. Renal arter anastomozu eksternal iliyak artere, renal ven anastomozu eksternal iliyak vene yapılır. Üriner sistem için de sıklıkla üreterovezikal anastomoz tercih edilmektedir (4).

Nakilden sonra hastanın diyaliz ihtiyacının olmaması ve serum kreatininin günler içinde hızla düşmesi durumuna erken greft fonksiyonu denir. Diyaliz ihtiyacının devam etmesi durumu ise gecikmiş greft fonksiyonudur (DGF; delayed graft function). Nakilden sonra diyaliz ihtiyacının kalmadığı güne kadar geçen süre DGF süresidir. DGF tanımlaması aslında biraz karışık bir konudur. Farklı tanımlamalar olmakla birlikte sıklıkla kullanılan ise diyaliz ile ilişkili olanıdır (5). Gecikmiş greft fonksiyonunun en sık nedeni akut tübüler nekrozdur (ATN) (6). Bu terimin güncel ismi akut vazomotor nefropatidir ancak halen ATN terimi daha yaygın kullanıldığı için ben de yazının devamında ATN'yi kullanmayı tercih ettim.

Böbrek vericiden çıkarıldıktan sonra alıcıya takılana kadar geçen süreye soğuk iskemi süresi denir. Soğuk iskemi süresinin uzaması ATN riskini ve dolayısıyla DGF olasılığını artırır. Kolayca tahmin edileceği gibi kadavradan yapılan nakillerde soğuk iskemi süresi canlıdan yapılanlara göre çok daha uzun olur. Sonuçta canlı vericiden gelen böbrek yandaki ameliyat masasından dakikalar içinde gelebilirken kadavradan çıkarılan böbreğin ise alıcıya ulaşması genellikle saatler sürer. Dolayısıyla ATN ve DGF olasılığı da çok daha fazladır. Hatta kadaverik bir nakilden sonra 2-3 gün içinde çekilen sintigrafinin normal çıkmasının daha şaşırtıcı bir durum olduğunu söyleyebilirim.

TBS aslında bildiğimiz dinamik böbrek sintigrafisidir. Ancak bir sonraki başlıkta değindiğim bazı farklılıkları vardır. Bazal TBS nakilden sonra 2-3 gün içinde yapılan sintigrafiye denir. Çoğu merkezde özellikle kadaverik nakillerden sonra rutin olarak yapılır. Daha sonra çekilen takip sintigrafilerindeki değişimleri karşılaştırabilmek için önemlidir. Bazal TBS ayrıca böbreğin prognozu ile ilgili bilgi verir. Canlıdan yapılan nakillerde, iki gün

içinde serum kreatininin hızla düştüğü görüldüğünde bazen bu bazal TBS istenmeyebilir. TBS ayrıca greft disfonksiyonunu, vasküler komplikasyonları, medikal komplikasyonları, üriner kaçak ve obstrüksiyon gibi durumları değerlendirmek için çekilir.

Radyofarmasötikler ve Enjeksiyonun İncelikleri

Radyofarmasötikler

Radyofarmasötik olarak Tc-99m DTPA veya mercaptoacetyltriglycine (MAG3) kullanılır. Bunların özellikleri ile ilgili ayrıntıya burada değinmeyeceğim. TBS açısından ikisinin birbirine belirgin bir üstünlüğü yoktur. Ancak TBS'de MAG3 ile ilgili olarak normal sintigrafilerde pek karşılaşılmayan özel bir durum vardır.

MAG3 bildiğiniz gibi tübüler sekresyonla atılır. Özellikle kadavra nakillerinden sonra ATN çok sık görülür, hatta görülmemesi daha nadir bir durumdur. Bu durumda Tc-99m MAG3 tübüler sekresyonla atılamaz ancak böbrekten her geçişte tübüler hücrelerde birikmeye devam eder ve renogramda obstrüktif bir patern görülür. Ayrıca aktivite böbrekte biriktiği için böbrek çalışmadığı halde geri plan aktivitesi yükselmez. Bunu obstrüksiyondan ayırmanın tek yolu görsel değerlendirmedir. Ciddi ATN'de çekim süresince böbrek fasulye şeklini korur ve pelvisine aktivite geçişi olmaz. Obstrüksiyonda ise bildiğiniz gibi staz pelvikaliksiyel alanda görülür.

Çekim Tc-99m DTPA ile yapıldığında ise ATN'de fonksiyon göstermeyen böbrek nedeniyle renogram eğrisi düz çizer ve geri plan aktivitesi yüksek olur. Çünkü böbrek fonksiyon göstermediği için atılamayan Tc-99m DTPA böbrekte birikmez, geçip gider ve yumuşak dokularda birikir. Böylece geri plan aktivitesi yükselir.

Perfüzyon değerlendirmesi açısından bakıldığında ise iki radyofarmasötik arasında belirgin bir fark yoktur. Merkezimizde TBS istendiği gün hemen çekim yapıldığı için ucuz ve her an el altında bulunabilen Tc-99m DTPA tercih edilmektedir. Bu nedenle bu derlemede verdiğim örneklerin tamamı sadece Tc-99m DTPA ile yapılan sintigrafilere aittir.

Enjeksiyon

Enjeksiyonun iyi bir bolus şeklinde yapılmasına azami özen gösterilmelidir. Aksi halde böbreğin perfüzyonu doğru bir şekilde değerlendirilemez ve nicel indeksler hesaplanamaz. Bolusun kalite kontrolü ilk akım görüntülerindeki iliyak arter eğrisine bakarak anlaşılır.

İliyak arter piki çok geniş olmamalı ve pikin yarılanma süresi 10-15 saniyeden az olmalıdır (7) (Şekil 1A, 1B).

İyi bir bolus nasıl elde edilir ve enjeksiyonda başka nelere dikkat edilmelidir?

1. Radyofarmasötüğün bir kanül ya da kateter aracılığı ile değil, direk olarak damara bolus şeklinde verilmesi tercih edilmelidir.

2. Radyofarmasötik kanülden verilmek zorunda kalırsa ki sık sık mecbur kalınmaktadır, o zaman radyofarmasötüğün arkasından serum fizyolojik (SF) ile yıkama yapılmaması gerekir. Aksi halde çift pik oluşur (Şekil 1C). Ancak bilindiği gibi verilen volümün önemli bir kısmı kanül çeperine yapışıp kalmaktadır. Zaten SF ile yıkama da bu nedenle yapılmaktadır. Bu hastalarda arkasından yıkama yapmadan aktivitenin yapışma oranını azaltmak için şöyle bir yol izlenebilir: Eğer verilecek aktivite örneğin 0,5 mL gibi küçük bir volümde ise o zaman aktivitenin bulunduğu enjektör SF ile yaklaşık 3 mL'ye tamamlanmalı ve tek seferde hızlıca enjekte edilmelidir. Böylece bolus fazla bozulmadan kanül çeperine yapışacak aktivitenin oranı azaltılmış olur.

3. Enjeksiyon için üst ekstremité kullanılmalıdır. Alt ekstremitéden yapılacak olursa iliyak vendeki aktivite ile iliyak artere gelen aktivite üst üste biner, ayrıca iliyak vendeki yoğun aktivite böbreği baskılar ve bolus iyi bile olsa böbreğin perfüzyonunu değerlendirmek zorlaşır.

4. Nakil öncesinde uzun süre diyalize girmiş olan hastalarda bazen hemodiyaliz için kullanılan ekstremitenin venöz dönüşü tıkanmış olabilir. Enjeksiyon bu ekstremitéden yapılacak olursa superior vena kavaya ulaşamayan aktivite batin ön duvarındaki kollateral venler aracılığı ile femoral ve eksternal iliyak vene, oradan da inferior vena kava üzerinden sağ kalbe ulaşır. Bu durumda kollateral venlerdeki yoğun aktivite kan akımı görüntülerinde böbreği görünmez hale getirebilir (Şekil 1D).

Sintigrafi

Çekim Protokolü

Transplant böbrek iliyak fossada ve anteriora yakın olduğu için çekim sırasında detektör hastanın önünde olmalıdır. Çift detektörle çekim yapılıyorsa proses yaparken anterior detektöre ait görüntülerin kullanılması gerekir. Böbreğin yeterli fonksiyon göstermediği ve toplayıcı sistemine aktivite geçmediği çekim sırasında anlaşılır ise diüretik yapmaya gerek yoktur. Ancak tecrübesiz teknisyenlerin bunu anlaması zor olabilir. Bu

nedenle böbrek çalışmıyor olsa bile diüretik yapılabilir. Bunların dışında çekim protokolü diğer dinamik böbrek sintigrafileriyle aynı olduğu için burada ayrıntıya girmedim.

Proses için ilgi alanlarının çizilmesi

Perfüzyon ve renogram eğrilerinin doğru değerlendirilmesi için böbreğe, iliyak artere ve geri plana çizilen ilgi alanlarının [region of interest(ROI)] dikkatli yapılması ve proses için doğru programın kullanılması gerekir. TBS'nin prosesi biraz farklıdır. İliyak artere çizilen ROI böbreğinkine göre haliyle oldukça küçük olacaktır. Bu durumda kan akımı ve renogram eğrileri ROI içindeki toplam aktiviteye göre yapılacak olursa böbreğin fonksiyonu çok düşük bile olsa eğrisi iliyak arterin üzerinde kalacaktır. Bu nedenle ROI alanlarının oranına göre sayım düzeltilmesi yapılmalıdır. Yani eğriler toplam sayımlar üzerinden değil ortalama sayımlar üzerinden oluşturulmalıdır. Bu nedenle normal dinamik böbrek sintigrafisi için kullanılan proses programı TBS için kullanılmamalıdır. Günümüzde TBS için ayrı bir proses programı bulunmaktadır.

Normal bir dinamik böbrek sintigrafisinde diferansiyel fonksiyonlar ROI içindeki toplam sayım üzerinden hesaplanır. Bu nedenle böbreğin bir kısmı ROI dışında kalacak olursa, o böbreğin diferansiyel fonksiyonu düşer. Ayrıca böbreklerin drenajının doğru değerlendirilmesi için pelvisin de ROI içine alınması gerekir. ROI'nin böbrekten biraz büyük çizilmesi toplam sayımı fazla değiştirmeyecektir. TBS'de de eğer amaç drenajı değerlendirmek ise ROI diğer sintigrafilerdeki gibi

Şekil 1. A) Normal kan akımı eğrileri, B) Kötü bolus nedeniyle iliyak arter eğrisinde pik oluşmaması, C) İlk bolusun ardından serum fizyolojik ile yıkama sonucunda çift pik oluşması, D) Kollateral venler nedeniyle böbreğin net görülmemesi

çizilmelidir. Ancak amacımız perfüzyonu değerlendirmek ve kantitatif indeksleri hesaplamaksa o zaman ROI böbrek parankiminin dışına taşmamalı hatta biraz içeriden çizilmelidir. Çünkü ROI böbrekten büyük olursa ortalama sayım azalır. Böbrek parankiminin bir kısmının dışarda kalması ise ortalama sayımı değiştirmez. Aynı durum iliyak arter ROI'si için de geçerlidir. Transplant böbreğin bir kısmı iliyak arterle süperpoze ise o kısım böbrek ROI'sine dahil edilmemelidir. Geri plan için ROI genellikle böbreğin inferolateraline çizilmekle birlikte karşı taraf iliyak fossaya da çizilebilir. Geri plan ROI'sini çizerken içinde aşırı yüksek veya fotopenik bir alan olmamasına dikkat edilmelidir (8).

Normal Transplant Böbrek Sintigrafisi

Normal bir transplant böbreğin perfüzyonu iliyak arterin görünmesiyle birlikte başlamalı ve birkaç saniye (<4-5 sn) sonra aktivite düzeyi iliyak artere eşit veya fazla olmalıdır. Perfüzyon eğrisinde kan akımı pikinin (bolus aktivitenin böbrekten ilk geçiş piki) kaliteli, yani dar ve yüksek olması gerekir. Perfüzyon azaldığında zayıf bir pik oluşurken, perfüzyon iyice bozulduğunda ise pik oluşmaz. Ancak perfüzyon pikinin doğru değerlendirilebilmesi için enjeksiyonun iyi bir bolus şeklinde yapılmış olması şarttır. Bunun kontrolü için iliyak arter pikinin kalitesine bakılır (Şekil 2A).

Normal fonksiyon gösteren bir transplant böbrek 3-5 dakika içinde maksimum parankimal konsantrasyona ulaşmalı ve sonrasında aktivite pelvikaliksiyel yapılarına geçmelidir. Yirmi dakikadan sonra aktivitenin büyük kısmı mesaneye geçmiş olmalı ve ayrıca böbrek aktivitesi yüksek, zemin aktivitesi ise düşük olmalıdır. Zemin aktivitesinin yüksek olması greft disfonksiyonuna işaret eder. Renogram eğrisinde 3-5. dakikada pik oluşmalı ve dinamik çalışma sonunda eğri pik seviyesinin yarısından daha düşük bir seviyede olmalıdır (Şekil 2B).

Kantitatif İndeksler

Transplant böbrek sintigrafisinde çoğu zaman görsel değerlendirme tek başına yeterli olmakla birlikte bazı durumları rakamlarla ifade etmek daha objektif olabilir. Kantitatif indekslerin hesaplanmasında böbreğin ve iliyak arterin kan akımı pik sayımları, süreleri, böbreğin kan akımı eğrisinin plato düzeyi, pikin yarılanma süresi, renogram piki, 3. ve 20. dakikadaki uptake gibi parametrelerden yararlanılır (Şekil 3).

En çok adı geçen indekslerin başında HI gelir (9). Ancak HI hesaplamasını daha iyi anlamak için öncesinde diğer bazı indekslerden bahsetmek isterim.

En çok kullanılan indekslerden birisi de ΔP yani iliyak arter piki ile perfüzyon piki arasındaki süredir. 4-5 saniyeden kısa olmalıdır. Pik-plato oranı (P:PI), perfüzyon pikinin plato aktivitesine oranıdır (10). P:PI indeksinin 1 olması perfüzyon pikinin oluşmadığı anlamına gelir. P:PI ne kadar yüksekse perfüzyon da o kadar iyidir. Pik-arter oranı (P:A), perfüzyon pikinin iliyak arter pikine oranıdır (11) (Şekil 3). Kirchner indeksi ise (K/A oranı) perfüzyon eğrisi ve aort eğrisinin yükselmeye başladığı noktada böbrek perfüzyonunun aortaya oranıdır (12). Kolayca tahmin edileceği gibi P:A ve K/A indeksleri böbreğin perfüzyonu ile doğru orantılıdır. Perfüzyon pikinin yarılanma süresi ($GW\frac{1}{2}$; greft washout yarılanma süresi), pik noktasından sonra aktivitenin yarılanmasına kadar geçen süreyi gösterir (10,13). Perfüzyon piki oluştuğundan sonra aktivite yarıya kadar inmediği durumlarda aşağıya doğru inen eğriye izdüşümü çizilerek hesaplanır (Şekil 3). $GW\frac{1}{2}$, greft perfüzyonu ve P:PI indeksi ile ters orantılıdır.

Perfüzyon pikinin renogram pikine oranı (P:U), perfüzyon ve uptake arasındaki ilişkiyi değerlendiren bir indekstir (14) (Şekil 3). Böbreğin fonksiyonu azaldıkça yani uptake düştükçe P:U yükselir.

Şekil 2. A) Normal perfüzyon, B) Normal fonksiyon

HI en çok adı geçen ve TBS proses programlarında da hesaplanan perfüzyon indeksidir (9). İliyak arter pikinin öncesinde iliyak arter eğrisinin altında kalan alanın böbrek eğrisi altında kalan alana bölümünün 100 ile çarpılmasından elde edilir. HI'nın 150'nin altında olması istenir. Formül, içinde integral hesaplarının olması nedeniyle hesaplaması zor görünmekle birlikte aslında HI için yaklaşık bir tahminde bulunmak zor değildir. Örneğin iliyak arter pikinden önce böbrek eğrisi altında kalan alan daha fazla ise $HI < 100$ olacaktır. Böbrek eğrisi ve iliyak arter eğrisi aynı anda birlikte yükseliyor ise $HI = 100$ olacaktır. İliyak arter pikine kadar olan sürede iliyak arter altında kalan alan böbrek eğrisi altında kalan alanın kabaca 1,5 katı ise $HI = 150$, 2 katı ise $HI = 200$, 3 katı ise $HI = 300$ olacaktır (Şekil 3).

Bir diğer indeks de formülü bana ait olan GI'dır (8,15-17). ΔP süresi ile plato ve iliyak arter pik aktivitelerinin çarpımlarının, perfüzyon piki ve 3. dakika uptake'ının çarpımına bölünmesiyle elde edilir [$GI = (\Delta P \times PI \times A) / (P \times U_3)$] (Şekil 3). 2016 yılında yaptığımız çalışmada bazal TBS'de hesaplanan GI için eşik değer 5,5 alındığında DGF tanısı için duyarlılık ve özgüllüğün %86 civarında, eşik değer 9,5 alındığında 1 yıl sonraki greft fonksiyonunu öngörmede duyarlılık ve özgüllüğün ise %75 civarında olduğu görüldü ve bu açılardan doğruluğu diğer indekslerden yüksek

Şekil 3. P: Böbreğin perfüzyon piki, A: İliyak arter piki, PI: Böbrek kan akımı eğrisinin platosu, ΔP : A ve P arasındaki süre, $GW_{\frac{1}{2}}$: Böbreğin perfüzyon pikinin yarılanma süresi, U: Pik uptake, U_3 : 3. dakikadaki uptake, U_{20} : 20. dakikadaki uptake. Hilson perfüzyon indeksi (HI) = A'dan önceki kısımda (iliyak arter eğrisi altında kalan alan) / (böbrek eğrisi altında kalan alan) x 100.

Şekil 3'te A'dan önceki kısımda iliyak arter eğrisi altında kalan alanın böbrek eğrisi altından kalan alandan biraz fazla olduğu görülmüyor. Bu durumda Hilson'un Perfüzyon İndeksinin (HI) 100'den biraz fazla (belki 110 civarında) olduğu tahmin edilebilir. Greft indeksi (GI) = $(\Delta P \times PI \times A) / (P \times U_3)$ formülüyle hesaplanır.

bulundu (15). 2018'de yayımlanan önemli bir derlemede de GI'nin prognostik değerinin diğer indekslerden daha iyi olduğu anlaşılmaktadır (17). GI'nın pratik hesaplama yöntemleri için 2019'da yayımlanan teknik not makaleme de bakabilirsiniz (8).

Dikkat edilecek olursa HI'nın ΔP ve P:A'dan etkilendiği, P:PI ve $GW_{\frac{1}{2}}$ indekslerinin ise birbiriyle ilişkili olup HI'yı etkilemedikleri anlaşılar. ΔP uzun olduğu halde P:A normal veya P:A bozukken ΔP normal olabilir ancak bunlardan birisinin bozuk olması HI'yı yükseltecektir. P:PI ve $GW_{\frac{1}{2}}$ indekslerinin biri bozursa diğerinin normal olması imkansız olmakla birlikte ikisi birden bozuk bile olsa HI normal olabilir. Dolayısıyla HI'nın yanlış negatif olduğu bazı olgularda P:PI gerçek pozitif veya HI'nın gerçek negatif olduğu bazı durumlarda ise P:PI yanlış pozitif olabilir. GI ise formülünden de anlaşılacağı gibi hemen hemen tüm parametrelerden etkilenmektedir. Böylece aynı formülde yer almaları sayesinde gerçek negatif parametreler yanlış pozitif parametrelerin veya gerçek pozitif parametreler yanlış negatif parametrelerin sonuç üzerindeki etkisini azaltabilmektedir.

Diğer bazı indeksler ise sadece Tc-99m MAG3 sintigrafileri için geçerli olup daha çok konsantrasyon ve ekskresyon fazlarıyla ilişkilidir. Eliminasyon indeksi ($K_3/20$), 3. dakika aktivitesinin (U_3) 20. dakika aktivitesine (U_{20}), akümülayon indeksi ($R_{20/3}$) ise 20. dakikanın 3. dakika aktivitesine oranıdır (7,18) (Şekil 3). Obstrüksiyon ve ATN durumunda $K_3/20$ azalırken $R_{20/3}$ ise artar. Tübüler fonksiyon eğimi [tubuler function slope (TFS)], perfüzyon pikinden sonra eğrinin tekrar yükselişe geçtiği kısımdan hesaplanır ve Tc-99m MAG3'ün tübüler hücrelerden ekstraksiyonu ile ilişkilidir (19). Dekonvolüsyon analizinde ise vasküler ve ortalama transit zamanı hesaplanır ancak zaman alan bir hesaplama yöntemi olmasının yanı sıra diğer parametrelerden belirgin bir üstünlüğü de bulunmamıştır (2,20,21).

Perfüzyon Değerlendirilirken Dikkat Edilmesi Gereken Bazı Hususlar

Yukarıda anlatılanlardan anlaşılacağı üzere kantitatif indekslerin çoğu perfüzyon ile ilgilidir. Nefrologların da bizden özellikle istediği şey perfüzyonun değerlendirilmesidir. Hatta kaçak veya obstrüksiyon olmadığı taktirde çoğu zaman konsantrasyon ve ekskresyon fonksiyonları ile ilgili söylediklerimizle pek ilgilenmezler çünkü böbreğin fonksiyonunun ne durumda olduğunu serum kreatinin düzeyi ve idrar çıkışı miktarı gibi laboratuvar parametrelerinden de anlayabilirler.

Perfüzyon değerlendirilirken sık yapılan hatalardan birisi sadece böbreğin iliyak arterden kaç saniye sonra perfüze olduğunu söylemekle yetinmektir. Oysa sürenin yanı sıra perfüzyonun düzeyi ve perfüzyon pikinin kalitesi de önemlidir. Perfüzyon süresi ve dolayısıyla ΔP indeksi normal olmasına karşın böbreğin HI, P:A ve P:PI oranları oldukça bozuk olabilir (Şekil 4). Böyle bir böbreğin perfüzyonunun normal olduğunu söylemek hatalıdır.

Küçük çocuklarda, özellikle 8 yaşın altındakilerde, nakil genellikle bir erişkinden yapılmış olduğu için böbrek aktivitesi çok yüksek olup iliyak arteri baskılayabilir. Ayrıca bu yaş grubunda çok ince olması nedeniyle de iliyak arter görünmeyebilir veya ancak çok hafif bir şekilde görülür (Şekil 5). Bu durumda iliyak arterle ilişkili olan HI, P:A, ΔP ve GI gibi indeksler doğru hesaplanamaz. Bu hastalarda greft fonksiyonunu değerlendirmede ve prognoz öngörüsünde sayısal bir değer olarak P:U indeksi kullanılabilir (16).

Şekil 4. Akut rejeksiyon tanılı bir olguya ait perfüzyon görüntülerinde greftin iliyak arterden birkaç saniye sonra perfüzyona başladığı görülüyor ancak eğrilerinden de anlaşıldığı gibi böbreğin perfüzyonu oldukça düşük düzeyde olup perfüzyon piki de oluşmamıştır

Şekil 5. Yedi yaşındaki bir çocuğa ait sintigrafinin perfüzyon görüntüleri. Bolus çok iyi bile olsa iliyak arter net bir şekilde görülmediğinden iliyak arterle ilişkili indeksler doğru bir şekilde hesaplanamazlar

Komplikasyonlar

Fotopenik Böbrek ve Vasküler Komplikasyonlar

Vasküler komplikasyonlar nakilden sonra çok erken dönemde ortaya çıkarlar. Fotopenik böbrek terimi konuyla ilgili nefrologların iyi bildiği bir terimdir ve total kortikal nekroz anlamına gelir. Böbreğin perfüzyonu yoktur. Geri dönüşü olmayan bir komplikasyondur ve genellikle greft nefrektomisi ile sonuçlanır. Sintigrafide böbreğin olması gereken yerde fotopenik bir alan şeklinde kendini gösterir (Şekil 6). Etiyolojisinde vasküler trombüsler (renal arter veya renal ven trombozu) ve hiperakut rejeksiyon vardır ancak günümüzde nakil öncesinde doku tipi uyumuna bakılması sayesinde hiperakut rejeksiyon neredeyse hiç görülmez. Ayrıca ortaya çıksa bile genellikle ameliyat sırasında böbreğin morarması şeklinde kendini gösterir. Renal arter trombozunda çok kısa sürede fotopenik böbrek oluşurken renal ven trombozunda ise böbreğin önce perfüzyonu azalır birkaç gün sonra fotopenik böbrek oluşabilir (22).

Renal arterdeki trombüs iliyak artere kadar uzanıyorsa ilk kan akımı görüntülerinde fotopenik böbreğin olduğu taraftaki iliyak arterin kan akımının simetriğine göre azaldığı görülebilir. İliyak arterlerin asimetric görünümle ilgili görüntüler için 2018 yılında yayımlanan olgu makalemize bakabilirsiniz (23).

Kortikal nekroz her zaman total olmayabilir. Aksesuar bir renal arterin anastomozunda yetersizlik durumunda sadece bu arterin beslediği alanda infarkt oluşabilir. Bu durumda yalnız bu alan fotopenik görülür. İnfarkt alanı Tc-99m DMSA ile daha iyi değerlendirilebilir (24).

Şekil 6. A) Perfüzyon görüntülerinde fotopenik böbrek, B) Fonksiyon görüntülerinde fotopenik böbrek

Nadiren de olsa böbrek içindeki damarların en uç dallarından kaynaklanan perfüzyon sorunları nedeniyle sadece periferik kortikal nekroz oluşabilir. Ultrasonda subkapsüler düzensiz hipoekoik rim şeklinde kendini gösterebilir. Bu durumun sintigrafiyle tespiti zordur. Subkapsüler alandaki ödemli alanın perfüzyonunun dinamik çekim süresi boyunca devam edip çekim sonuna doğru böbreğin biraz genişlemesi şeklinde sintigrafiye yansiyabilir. Konuyla ilgili ilginç ultrason ve sintigrafi görüntüleri için 2018'de yayımlanan olgu makalemize bakabilirsiniz (25).

Akut rejeksiyon ile akut tübüler nekroz ayırımı ve diğer medikal komplikasyonlar

Dikkat çekici olması açısından konuyla ilgili en çarpıcı iki cümleyi en başta söylemek isterim. Akut rejeksiyon (AR) ile ATN ayırımı sintigrafiyle net olarak yapılamaz. Ayrıca medikal komplikasyonlar AR ve ATN'dan ibaret olmadığı gibi AR'nin de birçok alt tipi vardır.

Geçmişte yapılan bazı çalışmalarda AR'da perfüzyon parametrelerinin bozulduğu, ATN'da ise perfüzyonun büyük ölçüde korunduğu bildirilmiştir (9,10). Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda ATN ve AR arasında anlamlı fark olmadığı gösterilmiştir (18,26,27). Tipik bir ATN'da hiç konsantrasyon fonksiyonu göstermese bile genellikle greftin perfüzyonu normal veya hafif bozulmuş olur. Ancak ciddi ATN'da perfüzyon belirgin bozulmuş olabileceği gibi bazı AR tiplerinde ise perfüzyon normale yakın olabilir (28,29) (Şekil 7). Bununla birlikte eğer ilk 2-3 gün içinde bir bazal sintigrafi çekildi ise takip sintigrafileri yol gösterici olabilir. ATN, özellikle kadavra nakillerinden sonra 0. saatten itibaren oluşur ve 1-2 hafta içinde düzelmesi beklenir. Bu durumda bazal sintigrafide perfüzyon bozuksa bile takip sintigrafilerinde giderek düzelmeye başlar. AR ise sıklıkla 1 hafta ile 4 ay arasında ortaya çıkar. Normal seyreden perfüzyonun takipte bozulması şeklinde kendini gösterebilir. Ancak bazen ATN devam ederken üstüne AR gelişebilir. Ayrıca nefrolojik komplikasyonların ATN ve AR'dan ibaret olmadığı da akılda tutulmalıdır. Trombotik mikroanjyopati, tübülointerstisyel nefrit, enfeksiyonlar, ilaç toksisiteleri vb. başka komplikasyonlara bağlı olarak da bazı parametreler bozulabilir.

Sonuç olarak sintigrafiyle AR gibi histopatolojik inceleme gerektiren tanıları koymanın doğru olmadığını düşünüyorum. Zaten nefrologlar da bizden patolojik tanı koymamızı beklemezler. Sintigrafi daha çok biyopsi yapıp yapmama konusunda, hastanın diğer klinik bulgularının yanı sıra onlara yardımcı olmaktadır.

Üriner Kaçak

Üriner kaçaklar genellikle anastomoz yerinden olur. ATN düzelmeye başlayıp greft üriner fonksiyona başladığı zaman kendini gösterir. Tahmin edileceği gibi idrar üretmeyen bir sistemde tabii ki kaçak görülmez. Üriner kaçak miktarı çok değilse hasta hemen kaçak onarımı ameliyatına alınmayabilir. Düşük debili kaçaklar bazen yeni yapılan anastomozdaki sütür aralarından sızmadan ibarettir ve sütür hattı iyileştiğinde kaçak da sona erer. Ancak genellikle üriner kaçak saptandığında kaçak yerinin onarılması gerekir.

Üriner kaçak tanısı için invaziv olmayan en iyi yöntem sintigrafidir. Tahmin edeceğimiz gibi invaziv yöntem koleksiyon sahasından ponksiyon ile örnek almaktır. Ultrason ve bilgisayarlı tomografi (BT) gibi görüntüleme tekniklerinde sıvı koleksiyonu görülür ancak bu koleksiyonun hematoma mı, ürinoma mı yoksa lenfosa mı bağlı olduğu anlaşılamaz. Sintigrafide ise üriner kaçaklar veya ürinomlar sıcak alan olarak kendini gösterirken diğerlerinde ise soğuk alanlar oluşur (30,31).

Şekil 7. A) Perfüzyonu normal akut tübüler nekroz, B) Perfüzyonu belirgin bozuk akut tübüler nekroz, C) Perfüzyonu normal akut rejeksiyon, D) Perfüzyonu bozuk akut rejeksiyon

Yüksek debili kaçaklar sintigrafide dinamik çalışma süresi henüz bitmeden kolayca anlaşılır (Şekil 8A). Düşük debili kaçaklar ise 30-40 dakikalık sürede kendini açıkça göstermeyebilir. Ardışık görüntülemeler sırasında üriner sistem dışında sınırları düzensiz bir şekilde birikerek daha belirgin hale gelirler (Şekil 8B ve 8C). Bu durumda eğer hastada kaçak şüphesi varsa 1-3 saat sonra geç statik görüntü alınmalıdır. Ürinom çok küçükse ve ayrıca böbrek veya mesane gibi sıcak alanlara süperpoze ise geç görüntülerde dahi fark edilmeyebilir. Bu durumda tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi (SPECT)/BT oldukça faydalı olur. Üriner kaçak ayırıcı tanısında SPECT/BT'nin önemini gösteren ilginç görüntüler için 2018'de yayımlanan 4 olgudan oluşan makalemize bakabilirsiniz (32). Ancak tabii ki her hastaya SPECT/BT yapılmamalıdır. Bunun için klinisyenin sintigrafiden önce ultrason yaptırması ve ultrasonda sıvı koleksiyonu saptanıp saptanmadığını istek kağıdında belirtmesi çok yerinde olacaktır.

Sintigrafi sırasında operasyon lojuna konan drenaj kateterinde aktivite görülmesi de üriner kaçak tanısını koydurabilir ancak bunun drenaj mı yoksa nefrostomi kateteri mi olduğunun bilinmesi gerekir. Bildiğiniz gibi nefrostomi kateteri obstrüksiyon durumunda hidronefroz gelişmesini önlemek amacıyla bir ucu böbrek içine yerleştirilen kateterdir ki sintigrafi sırasında bunun içine aktivite geçmesi olağan bir durumdur. Bu nedenle klinisyenin sintigrafi isteği yaparken hastada mevcut kateter veya sondaları (drenaj kateteri, nefrostomi kateteri, mesane sondası vb.) belirtmesi gerekir. Akılda

Şekil 8. A) Yüksek debili üriner kaçak. İlk görüntülerden itibaren önce greftin inferolateralinde başlayan, daha sonraki görüntülerde de sınırları düzensiz bir şekilde biriken aktivite görülmektedir. B) Düşük debili üriner kaçak. Dinamik görüntülerde mesanenin üst kesiminde izlenen küçük şüpheli bir aktivite odağının 2 saat sonra alınan geç statik görüntüde C) yayıldığı görülmektedir

tutulması gereken diğer bir husus da şudur: Her ne kadar operasyon lojuna yerleştirilen drenaj kateterinde aktivite görülmesi üriner kaçığı düşündürse de bu bulgunun böbrek fonksiyona başladıktan sonra yani aktivite böbreğin toplayıcı sistemine geçtikten sonra ortaya çıkması gerekir. Henüz daha böbrek idrar üretmemişken hatta perfüzyon fazındayken drenajda aktivite görülmesi ise operasyon lojundaki bir kanamadan kaynaklanıyor olabilir.

Bazı klinisyenler bize kaçığın nereden kaynaklandığını sorabilirler. Sintigrafiyle üriner kaçak tanısı konur ancak kaçığın nereden kaynaklandığı söylenemez çünkü sintigrafide yalnızca biriken aktivite görülür. Aktivitenin biriktiği yer hastanın pozisyonuna göre bile değişebilir ve kaçığın kaynaklandığı yeri göstermez.

Önceden bir kaçak olup ürinom oluştuğundan sonra kaçak kendi kendine düzeldiyse bu durumda ürinom alanı sintigrafide görünmez veya soğuk görünür. Bununla birlikte yanlış negatif sayılabilecek bu sonucun çok önemi yoktur çünkü cerrahlar devam eden bir kaçak olup olmadığıyla ilgilenir. Dolayısıyla soğuk ürinomu hematoma veya lenfoselden ayırt etmek de çok fazla bir önem arz etmez.

Obstrüksiyon

Transplant böbrek sintigrafisini obstrüksiyon açısından değerlendirmek diğer dinamik böbrek sintigrafilerine benzerdir (Şekil 9). Obstrüksiyonun en sık nedenleri üreteral damarlarda ortaya çıkan iskemi sonucunda darlık gelişmesi, anastomoz yerlerinde (genellikle üreterovezikal) ödem ve striktür oluşması ile perirenal sıvı birikimlerinin üretere dıştan baskı

Şekil 9. Obstrüksiyon durumunda çalışma sonuna kadar böbrekteki aktivitenin artışı ve renogram eğrisinin yükseldiği görülmektedir

yapmasıdır. Nakil böbrek ve üreteri denerve olduğu için renal kolik ve buna bağlı ağrı oluşmaz (33). Obstrüksiyon açısından değerlendirme yapılabilmesi için transplante böbreğin belli bir düzeyde fonksiyonunun olması gerekir. Aksi takdirde toplayıcı sistem yapılarına yeterli radyofarmasötik geçişi olmayacağı için obstrüksiyon varlığında bile sintigrafide aktivite stazı oluşmayacaktır.

Bazal Transplant Böbrek Sintigrafisinin Prognostik Değeri

Son yıllarda özellikle bazal TBS indekslerinin prognostik değerini gösteren çalışmaların sayısında artış olmuştur. Çalışmaların bu alana kaymasının bir nedeninin de bu indekslerin ATN ve AR ayırıcı tanısı gibi konulardaki yetersizliğinin anlaşılmasından kaynaklandığını düşünüyorum.

Tc-99m MAG3 ile yapılan dinamik böbrek sintigrafilerden elde edilen TFS değerlerinin DGF olan hastalarda normal hastalara göre anlamlı düşük olduğu ve tübüler ekstraksiyon hızı ile diyaliz ihtiyacı arasında anlamlı korelasyon olduğu literatürde gösterilmiştir (19,34).

Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda post-operatif ilk 2-3 gün içinde yapılan bazal TBS'nin uzun dönem prognostik değerinin de olduğu vurgulanmaktadır. Russell ve ark. (35) Tc-99m MAG3 ile yaptıkları çalışmada R20/3 indeksinin, Stevens H. ve ark. ilk 10 dakikadaki MAG3 uptake kapasitesinin, Guignar ve ark. (36) TFS'nin prognostik faktörler olduğunu bildirmiştir (37). Yine MAG3 ile yapılan başka bir çalışmada ilk 3 gün içinde elde edilen HI ile 1 ay, 3 ay ve 1 yıllık serum kreatinin düzeyleri arasında anlamlı korelasyon bulunmuştur (38).

Tc-99m DTPA ile yapılan çalışmalara gelince; Gupta ve ark. (39) tarafından yapılan bir çalışmada post-transplant 1. ve 4. günde yapılan sintigrafilerde HI ve ΔP 'nin, grubumuzun yaptığı bir çalışmada da ilk 2 gün içinde elde edilen ΔP ve $GW\frac{1}{2}$ indekslerinin uzun dönem prognostik değerinin olduğu anlaşılmıştır (40).

Tc-99m DTPA ile yapılan bazal TBS'den elde edilen GI'nın ise hem DGF hem de uzun dönemde greft disfonksiyonunu öngörmeye diğer indekslerden daha iyi olduğu anlaşılmaktadır (15,16,17).

Sonuç

TBS greft fonksiyonunun yanı sıra vasküler komplikasyonların, üriner kaçığın ve obstrüksiyonların değerlendirilmesinde vazgeçilmez bir yöntemdir. Her ne kadar nefrolojik komplikasyonların ayırıcı tanısında çok yeterli olmasa da bunların dışlanması sağlayabilir

ve takip sintigrafileri ile birlikte değerlendirildiğinde bu tanımlar için de yol göstericidir. Ayrıca bazal sintigrafinin nicel parametreleri greftin prognozu ile ilgili fikir verir.

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

Kaynaklar

1. Erbas B. Peri- and Postsurgical Evaluations of Renal Transplant. *Semin Nucl Med* 2017;47:647-659.
2. Aktaş A. Transplanted kidney function evaluation. *Semin Nucl Med* 2014;44:129-145.
3. Port FK, Wolfe RA, Mauger EA, Berling DP, Jiang K. Comparison of survival probabilities for dialysis patients vs cadaveric renal transplant recipients. *JAMA* 1993;270:1339-1343.
4. Oktay B, Vuruşkan H. Böbrek transplantasyonunda cerrahi teknik. *Türkiye Klinikleri J Surg Med Sci* 2006;2:45-47.
5. Yalagadda SG, Coca SG, Garg AX, et al. Marked variation in the definition and diagnosis of delayed graft function: a systematic review. *Nephrol Dial Transplant* 2008;23:2995-3003.
6. Ojo AO, Wolfe RA, Held PJ, Port FK, Schumouder RL. Delayed graft function: risk factors and implications for renal allograft survival. *Transplantation* 1997;63:968-974.
7. Frokiaer J, Thomsen HS. Renal transplant evaluation. In: *Nuclear medicine in clinical diagnosis and treatment*. 3rd ed. Ell PJ, Gambhir SS, eds. London: Churchill Livingstone; 2004. 1645-1656.
8. Yazıcı B. Practical Method for Calculation of Graft Index in Renal Transplant Scintigraphy: A Technical Note. *Clin Nucl Med* 2019;44:32-37.
9. Hilson AJ, Maisey MN, Brown CB, Ogg CS, Bewick MS. Dynamic renal transplant imaging with Tc-99 m DTPA (Sn) supplemented by a transplant perfusion index in the management of renal transplants. *J Nucl Med* 1978;19:994-1000.
10. Preston DF, Luke RG. Radionuclide evaluation of renal transplants. *J Nucl Med* 1979;20:1095-1097.
11. Groothedde RT, Koppejan LJ, Heidendal GK, Hasman A. The differential ratio. A method for describing blood flow in renal transplants. *Nucl Med Commun* 1990;11:771-776.
12. Kirchner PT, Goldman MH, Leapman SB, Kieper RF. Clinical application of the kidney to aortic blood flow index (K/Aratio). *Contrib Nephrol* 1978;11:120-126.
13. Jackson SA, Ehrlich L, Martin RH. The renal washout parameter as an indicator of transplant rejection. *Eur J Nucl Med* 1986;12:86-90.
14. Aktas A, Haberal M. Classification of Tc-99m DTPA renograms based on the relationship between uptake and perfusion pattern. *Transplant Proc* 2005;37:4259-4265.
15. Yazıcı B, Oral A, Gokalp C, Akgun A, Toz H, Hoscokun C. A new quantitative index for baseline renal transplant scintigraphy with Tc-99m-DTPA in evaluation of delayed graft function

- and prediction of 1-year graft function. *Clin Nucl Med* 2016;41:182-188.
16. Yazıcı B, Bulut IK, Oral A, et al. Early predictive value of baseline renal transplant scintigraphy in pediatric patients. *Nucl Med Commun* 2018;39:901-907.
 17. Benjamins S, Berger SP, Glaudemans AWJM, et al. Renal scintigraphy for post-transplant monitoring after kidney transplantation. *Transplant Rev (Orlando)* 2018;32:102-109.
 18. El-Maghraby TA, de Fijter JW, van Eck-Smit BL, Zwinderman AH, El-Haddad SI, Pauwels EK. Renographic indices for evaluation of changes in graft function. *Eur J Nucl Med* 1998;25:1575-1586.
 19. El-Maghraby TA, Boom H, Camps JA, et al. Delayed graft function is characterized by reduced functional mass measured by Tc-99m MAG3 renography. *Transplantation* 2002;74:203-208.
 20. Chaiwatanarat T, Laorpatanaskul S, Poshychinda M, et al. Deconvolution analysis of renal blood flow: evaluation of postrenal transplant complications. *J Nucl Med* 1994;35:1792-1796.
 21. Russell CD, Japanwalla M, Khan S, Scott JW, Dubovsky EV. Techniques for measuring renal transit time. *Eur J Nucl Med* 1995;22:1372-1378.
 22. Koizumi K, Uchiyama G, Araki T, Tanabe N, Yamada Y, Ueno A. Tc-99m DTPA scintigraphic findings in patients with postoperative complications of renal transplantation. *Rinsho Hoshasen* 1989;34:1423-1432.
 23. Yazıcı B, Oral A, Yilmaz M, Akgün A, Toz H. Two different causes of decreased activity on ipsilateral iliac artery in renal transplant scintigraphy. *Clin Nucl Med* 2018;43:540-541.
 24. Dirlik A, Ozbek SS, Toz H, Hoscokun C, Ozcan Z. Localization of accessory renal artery infarction using Tc-99m DMSA scintigraphy. *Clin Nucl Med* 2004;29:649-651.
 25. Yazıcı B, Gunay E, Akgün A, Sen S, Ozbek SS. Scintigraphic and sonographic findings of subcapsular cortical necrosis in a transplanted kidney. *Clin Nucl Med* 2018;43:542-545.
 26. Gupta SK, Lewis G, Rogers KM, et al. Quantitative (99m)Tc DTPA renal transplant scintigraphic parameters: assessment of interobserver agreement and correlation with graft pathologies. *Am J Nucl Med Mol Imaging* 2014;4:213-214.
 27. Yazıcı B, Yazıcı A, Oral A, Akgün A, Toz H. Comparison of renal transplant scintigraphy with renal resistance index for prediction of early graft dysfunction and evaluation of acute tubular necrosis and acute rejection. *Clin Nucl Med* 2013;38:931-935.
 28. Taylor AT. Radionuclides in nephrourology, Part 2: Pitfalls and diagnostic applications. *J Nucl Med* 2014;55:786-798.
 29. Dubovsky EV, Russell CD, Bischof-Delaloye A, et al. Report of the radionuclides in nephrourology committee for evaluation of transplanted kidney (review of techniques). *Semin Nucl Med* 1999;29:175-188.
 30. Akgun A, Yazici B, Onay S. Renal transplant sintigrafisinde mesane konfigürasyonunun önemi: iki olgu. *Turk J Nucl Med* 2005;14:123-125.
 31. Akgun A, Yazici B, Keskinoglu A, Argon M, Ozcan Z. Two Pitfalls in Interpretation of Dynamic Renal Transplantation Scintigraphy. *Turk J Nucl Med* 2008;17:29-31.
 32. Yazıcı B, Oral A, Akgün A. Contribution of SPECT/CT to evaluate urinary leakage suspicion in renal transplant patients. *Clin Nucl Med* 2018;43:e378-e380.
 33. İhtiyar E. Böbrek transplantasyonunda cerrahi komplikasyonlar. *Türkiye Klinikleri J Surg Med Sci* 2006;2:57-63.
 34. Majima T, Hattori R, Funahashi Y, et al. (99m)Tc-mercaptoacetyl triglycine renography to monitor renal transplant function among kidneys from donors after cardiac death. *Transplant Proc* 2012;44:49-53.
 35. Russell CD, Yang H, Gaston RS, Hudson SL, Diethelm AG, Dubovsky EV. Prediction of renal transplant survival from early postoperative radioisotope studies. *J Nucl Med* 2000;41:1332-1336.
 36. Guignard R, Mourad G, Mariano-Goulart D. Utility of postsurgical renal scintigraphy to predict one-year outcome of renal transplants in patients with delayed graft function. *Nucl Med Commun* 2011;32:314-319.
 37. Stevens H, de Klerk JM, Mertens IJ, van Rijk PP, Hené RJ. Quantitative baseline renography 48 hours after renal transplantation predicts long-term graft survival. *Eur J Nucl Med* 2001;28:1677-1681.
 38. Ngai S, Demetriades T. Prediction of longterm renal transplant allograft function from day 3 post-transplant Tc-99m MAG3 scintigraphy. *Clin Nucl Med* 2008;33:102-105.
 39. Gupta SK, Lewis G, Rogers K, Attia J. Quantitative Tc-99m DTPA renal transplant scintigraphy predicts graft survival in the very early postoperative period. *Nucl Med Commun* 2012;33:1292-1299.
 40. Yazıcı B, Oral A, Gökalp C, et al. Evaluation of renal transplant scintigraphy and resistance index performed within 2 days after transplantation in predicting long-term graft function. *Clin Nucl Med* 2015;40:548-552.