



# Güncel Yaklaşımlar Eşliğinde Pediatri Hastalarında Dinamik Böbrek Sintigrafisi Değerlendirilmesi

## Evaluation of Dynamic Renal Scintigraphy in Pediatric Patients with Current Approaches

Esra Ciftci

Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye

### Öz

Dinamik böbrek sintigrafisi (DBS), bebeklerde ve çocuklarda hidronefroz ve hidroüreterin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Diagnostik doğruluğu yüksek görüntülemenin amacı, fonksiyon kaybı, ağrı, hematüri ve idrar yolu enfeksiyonu gelişimi riski taşıyan hidronefrotik böbrekleri tespit etmektir. DBS'nin güvenilirliği, verilerin elde edilmesi ve işlenmesinin yanı sıra sonuçların yorumlanmasına ve nasıl kullanıldığına bağlıdır. Bu derlemede, standartlaştırılmış DBS'nin temel kavramları ve kaçınılması gereken tuzaklar vurgulanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Renografi, diüretik sintigrafi, pediatrik hidronefroz

### Abstract

Dynamic renal scintigraphy (DRS) is widely used in the evaluation of hydronephrosis and hydroureter in infants and children. The aim of diagnostic imaging with high accuracy is to detect hydronephrotic kidneys at risk for loss of function, pain, hematuria, and urinary tract infection. The reliability of DRS depends on how the data are acquired and processed, as well as how the results are interpreted and used. This review highlights the basic concepts of standardized DRS and the pitfalls to avoid.

**Keywords:** Renography, diuretic scintigraphy, pediatric hydronephrosis

### Giriş

Prenatal ultrasonografiden (US) önceki yıllarda intravenöz piyelografi (IVP) ile tespit edilen obstrüktif hidronefrozlu hastalar (HN) klasik üreteropelvik bileşke (UPB) darlığı tanısı alıp, yan ağrısı, enfeksiyon, abdominal kitle, hematüri veya taşlarla ilişkili UPB'nin kısmi veya tam, dışsal veya içsel daralması veya tıkanması ile prezente konjenital hidronefroz olarak tanımlanırdı.

1970'lerde yayınlanan 517 pediatrik pjyeloplasti hastasının değerlendirildiği bir derlemede, hastaların sadece %8'inin tesadüfi saptanan HN ile başvurduğu, çoğunluğunun ise yan ağrısı/karın ağrısı (%43), üriner enfeksiyon (%29), hematüri (%12) veya abdominal kitle (%9) ile başvurduğunu göstermektedir (1,2,3,4). Hastaların büyük kısmı (%60) 6-15 yaşları arasında, sadece %14'ü yaşamın ilk yıllarında tanı almıştır (1,2,5). Bu hastaların

### Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Dr. Öğr. Üyesi Esra Ciftci, Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye

E-posta: esraciftci@sakarya.edu.tr ORCID ID: orcid.org/0000-0001-6106-7733

Geliş Tarihi/Received: 05.05.2025 Kabul Tarihi/Accepted: 22.07.2025 Yayınlanma Tarihi/Publication Date: 29.07.2025

Cite this article as/Atıf: Ciftci E. Evaluation of dynamic renal scintigraphy in pediatric patients with current approaches. Nucl Med Semin. 2025;11:134-143



Copyright© 2025 Yazar. Türkiye Nükleer Tıp Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır. Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmış, açık erişimli bir makedir.

Copyright© 2025 The Author. Published by Galenos Publishing House on behalf of Turkish Nuclear Medicine Society. This is an open access article under the Creative Commons AttributionNonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

neredeyse tamamı semptomları ve anormal IVP bulguları olduğu için ameliyat edilmiştir.

1970'lerin sonlarında US ve dinamik böbrek sintigrafisinin (DBS) kullanılmaya başlanmasıyla, HN'nin değerlendirilmesi için görüntüleme algoritmaları gelişmeye başladı. DBS ile böbreklerin hem diferansiyel böbrek fonksiyonu (DRF), hem de hidronefrotik böbreklerin drenajını değerlendirebilen yarı kantitatif veriler elde edilmeye başlandı. İlk olarak Kass ve ark.'nın (6) semptomatik HN ile başvuran pediatrik hastaları değerlendirdiği bir makale ile; obstrüktif üropati tanısı için T1/2'nin >20 dk olduğu zaman güvenilirliğini doğrulamış olup, 10-20 dk. arasında olduğunda belirsiz/şüpheli ve <10 dk olduğu zaman non-obstrükte olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte, 1990'larda Homsy ve ark. (7) bu yaklaşımın çok doğru olmadığını tohumlarını atmıştır. T1/2'ye dayalı olarak başlangıçta belirsiz obstrüksiyonu olan 41 HN'li yenidoğan hastasının takipte %80'inin iyileştiği veya stabil kaldığını, sadece %20'sinin ilk 12 ay içinde drenajda bozulma olduğunu gösterdi. Bu hastaların da %14'ünde orta derecede HN, %32'sinde şiddetli HN olduğu gözlemlendi.

2000'lerin başına kadar birçok araştırmacı HN'nin değerlendirilmesinde ve cerrahi kararında T1/2 parametresinin doğruluğunu sorgulamıştır. Son olarak bir çocuk cerrahi olan Koff ve ark. (8) neonatal hidronefroz nedeniyle takip edilen ve hidronefroz düzeylerinde spontan gerileme kaydedilen çocukların; %58'inde başlangıçta T1/2 değerleri >20 dk. iken, takip sırasında %33'ünün gerilediğini; opere edilen diğer grupta ise; %91 hastada başlangıçta T1/2 değerleri >20 dk. iken, cerrahi sonrasında %37'sinin halen T 1/2 değerleri >20 dk. olduğunu göstermiş ve hidronefrozu olan çocuklarda

2 yaşına kadar T1/2 değerinin güvenilir olmadığını, bu nedenle tek başına cerrahi kararı için veya cerrahi sonrasında cerrahi başarının değerlendirilmesi için kullanılmaması gerektiği vurgulanmıştır.

Yapılan bu çalışmalardan şu sonuçlar çıkarılmıştır:

1. Prenatal HN'li böbreklerin çoğu normal veya normale yakın fonksiyona sahiptir.
2. Böbrek fonksiyonu genellikle ameliyat olmadan stabil kalır.
3. HN ve renal drenajdaki iyileşmeye rağmen böbrek fonksiyonu genellikle düzeltici cerrahiden sonra düzelmez (8,9).
4. Drenaj parametreleri yenidoğanlarda ve bebeklerde her zaman intrapelvik basınç ile ilişkili değildir.
5. En önemlisi, renal drenaj ve HN'de spontan iyileşme meydana gelebilir (10).

Bu nedenle pediatrik üro-nefroloji ile ilgilenen pediatrist, cerrahi, Nükleer Tıp ve radyoloji uzmanlarının klinik değerlendirme sürecinde iş birliği içinde çalışması hidronefrozun derecesi, renal pelvis çapı gibi ultrason verileri ile sintigrafik verilerin klinik bulgular eşliğinde değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla en son 2018'de olmak üzere değişik yıllarda güncellenen ve yeniden yayınlanan kılavuzlar genel olarak Nükleer Tıp ve Moleküler Görüntüleme Derneği (*Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*), Avrupa Nükleer Tıp Derneği (*European Association of Nuclear Medicine - EANM*) ve Nefroürolojide Radyonüklidler için Uluslararası Bilimsel Komite (*International Scientific Committee for Radionuclides in Nephrourology - ISCORN*) tarafından hazırlanmıştır (Tablo 1) (11,12,13,14,15,16,17,18). Aynı zamanda konunun

**Tablo 1. Diüretikli renogram ile ilgili yayınlanan kılavuzlar**

| Yıl  | Yazar             | Organizasyon        | Referans |
|------|-------------------|---------------------|----------|
| 1992 | Conway ve Maizels | Fetal üroloji & SNM | 11       |
| 1996 | O'Reilly ve ark.  | ISCORN              | 12       |
| 1997 | Mandell ve ark.   | SNM                 | 13       |
| 2001 | Gordon ve ark.    | EANM                | 14       |
| 2003 | O'Reilly          | ISCORN              | 15       |
| 2008 | Shulkin ve ark.   | SNM                 | 16       |
| 2011 | Gordon ve ark.    | EANM                | 17       |
| 2018 | Majd ve ark.      | SNMMI/EANM          | 18       |

SNM: Nükleer Tıp Derneği (*Society of Nuclear Medicine*), ISCORN: Nefroürolojide Radyonüklidler için Uluslararası Bilimsel Komite (*International Scientific Committee for Radionuclides in Nephrourology*), EANM: Avrupa Nükleer Tıp Derneği (*European Association of Nuclear Medicine*), SNMMI: Nükleer Tıp ve Moleküler Görüntüleme Derneği (*Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*)

uzmanlarının tecrübelerinden kaynaklanan kıymetli çalışmalarda yayınlanmıştır (19,20,21,22,23). Mevcut kılavuzlardaki karşılaştırmalı farklılıklara aşağıda konu başlıklarında değinilmiştir.

Ülkemizde bilimsel uluslararası standartlarda yapılması ve değerlendirilmesi amacıyla Türkiye Nükleer Tıp Derneği Pediatri ve Üronefroloji çalışma gruplarının ilk kez 2001 yılında ulusal bir kılavuz hazırlanmıştır (24). Bu kılavuz gelişmeler ışığında en son 2015 yılında güncellenerek tekrar yayınlanmış (25), 2017 yılında da Türkiye Klinikleri özel sayısında “Pediatrik Olgularda DBS ve Güncel Yaklaşımlar’a” değinilmiştir (26). Hazırlanan ulusal kılavuzlar başta EANM olmak üzere mevcut kılavuzlardan esinlenerek hazırlanmış, hem sahada çalışan hekimlere yol göstermesi hem de ülkemizdeki uygulamaların standardize edilmesine ve merkezler arası karşılaştırılabilir sonuçların elde edilmesine katkıda bulunması hedeflenmiştir.

### Amaç

Bu makalenin amacı, fonksiyon kaybı riski taşıyan böbreklerin saptanmasında etkili olacak ve hastanın yönetiminde sevk eden hekime yardımcı olacak şekilde DBS’nin uygulanması, yorumlanması ve raporlanmasında Nükleer Tıp doktorlarına yardımcı olmaktır.

### Klinik Endikasyonlar

2018’de yayınlanan SNNMI ve EANM ortak kılavuzunda (18) vurgulanan klinik endikasyonlar aşağıda belirtilmiştir.

- US ile HN veya hidroüteronefroz tespit edilen ve vezikoüretal reflü ile reflü tespit edilmeyen infant ve çocuklarda,
- UPB darlığı ile reflünün beraber oluşu şüphesi olan asemptomatik infant ve çocuklarda renal fonksiyon ve drenajın başlangıç değerlendirilmesinde,
- İlk görüntülemenin şüpheli olduğu durumlarda renal fonksiyon değişikliklerini tespit etmek veya renal fonksiyon ve drenajın diüretik sonrasındaki progresif bozulmasının değerlendirilmesinde,
- Tekrarlayan abdominal ağrı ve hidronefrozu olan çocuklarda intermittan UPB darlığının araştırılmasında (ağrı sırasında veya 24 saat içinde yapılırsa duyarlılığı yüksek olur),
- Cerrahi girişimden sonra renal fonksiyon ve diüretik sonrası drenaj cevabını değerlendirmede DBS önerilmektedir.

### Dinamik Böbrek Sintigrafisi ve Dikkat Edilecek Noktalar

Yapılan çalışmalar neticesinde DBS’nin sonuçları, etkilenen böbreğin fonksiyonu, dilate sistemin kapasitesi ve uyumu, hastanın hidrasyon durumu, mesanenin doluluğu, furosemid dozu, radyofarmasötik enjeksiyona göre furosemid enjeksiyon zamanı ve zaman-aktivite eğrilerinin oluşturulması için ilgi alanlarının (*region of interest* - ROI) seçimi dahil olmak üzere çeşitli fizyolojik, anatomik, mekanik ve teknik faktörlere bağlı olduğu gösterilmiştir. Testin standardizasyonlarını, sınırlamalarını ve hata kaynaklarını anlamak, sonuçların yorumlanmasında ve testin etkili kullanımında esastır.

Tablo 2’de DBS’deki bazı modifiye edilebilir unsurları ve bununla ilgili eski ve 2018’de son çıkan kılavuzdaki (18) öneriler özetlenmiş olup, Tablo 3’te bunlara ek bazı öneriler sunulmuştur (27,28). Bunlardan birkaçı ayrı başlıklar altında değerlendirilecektir.

### Görüntülemeye Kullanılan Radyofarmasötik ve Görüntüleme Protokolü

#### Radyofarmasötik

Mevcut kılavuzlarda DBS’de kullanılacak radyofarmasötik seçimi ile ilgili kesin bir tercih bulunmamaktadır. Glomerular filtrasyon ajanı olan teknesyum-99m (Tc-99m) dietilen-triamin-pentaasetat veya tübüler ekskresyon ajanı olan Tc-99m merkaptosetiltriglisin (MAG3) sıklıkla kullanılan radyofarmasötiklerdir. Bununla birlikte özellikle infantlarda, renal immatürasyon nedeniyle ekstravasküler dağılımı ve düşük ekstraksiyon oranı gösteren DTPA yerine ekstraksiyonu yüksek olan MAG3 kullanımı tercih edilmektedir (17). Aynı şekilde böbrek fonksiyonları kötü (kreatinin ve üre değerleri yüksek) hastalarda glomerüler yolla atılan DTPA yerine yine tübüler sekresyon ile atılan MAG3 kullanılmalıdır. Eğer renal transplantasyon söz konusu ise veya glomerüler filtrasyon hızının ölçümü isteniyorsa Tc-99m DTPA kullanılır. Burada önemli olan izlem sürecindeki ardışık incelemelerde aynı radyofarmasötiğin kullanılması ve böylece karşılaştırılabilir, tutarlı sonuçların elde edilmesidir (24).

Verilecek doz ile ilgili de bir farklılık bulunmaktadır. Tc-99m-MAG3 için kilo başına 1,9 MBq (50 µCi) /kg [minimum (0,5 mCi)] uygulanması yeterli iken, Tc-99m-DTPA’nın düşük ekstraksiyon oranı yüzünden kilo başına 3,7 MBq (100 µCi) /kg [minimum (1 mCi)] önerilmektedir.

**Tablo 2. EANM & SNM (MI) kılavuzlar arasındaki farklılıklar**

| Öneriler                           | SNM 2008          | EANM 2011                                                      | SNMMI/EANM 2018                                                                                                             |
|------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hidrasyon                          | İv                | Oral                                                           | Oral (gerekirse iv)                                                                                                         |
| Mesane sonda takılması             | Olguların çoğunda | Nadiren                                                        | Nadiren<br>(nörojen mesane, HUN, PUV, bilinen VUR'de önerilmekte)                                                           |
| Diüretik dozu                      | Maks 40 mg        | Maks 20 mg                                                     | 1 mg/kg (maks 20 mg)                                                                                                        |
| Görüntü intervalı                  | 15-30 sn          | 10 sn                                                          | 10-15 sn                                                                                                                    |
| Zemin aktivite ilgi alanı          | Bahsedilmiyor     | Perirenal                                                      | Perirenal C-shape                                                                                                           |
| Geç ve miksiyon sonrası görüntüler | Öncelikli değil   | Miksiyon sonrası & pozisyon değişikliği sonrası geç görüntüler | Yer çekimi etkisi vurgulanmış<br>→Miksiyon sonrası 10-15 dk sonra<br>→Rf enj.dan sonra 60. dk'da                            |
| Drenaj parametresi                 | T 1/2             | OE & NORA                                                      | T1/2 ve NORA<br>Yer çekimi sonrası değerlendirme                                                                            |
| Yetersiz drenaj yorumu             | Obstrüksiyon      | Her zaman obstrüksiyon anlamına gelmez                         | Her zaman obstrüksiyon anlamına gelmez<br>→Görsel ve renogram semikantitatif değerlendirme ve postvoid görüntüleme birlikte |

İv: İntravenöz, HUN: Hidroüreteronefroz, PUV: Posterior üretral valve, VUR: Vezikouretral reflü, Maks: Maksimum, RF: Radyofarmasötik, OE: Output etkinliği, NORA: Normalize rezidüel aktivite, EANM: Avrupa Nükleer Tıp Derneği (European Association of Nuclear Medicine), SNMMI: Nükleer Tıp ve Moleküler Görüntüleme Derneği (Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging)

**Tablo 3. Optimal çalışmayı sağlamak için DBS'yi etkileyen faktörler ve ilgili öneriler**

| Faktör                                                  | Öneri                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diüretik uygulama zamanı                                | Tüm dilate renal toplama sistem(ler)i homojen bir şekilde radyoaktif idrarla dolduğunda                                                  |
| Diüretik enjeksiyonu sonrası veri toplama               | 30 min (C <sub>30</sub> )                                                                                                                |
| Hasta pozisyonu                                         | Rutin sırtüstü yatarak<br>Drenaj iyi değilse, yerçekimi destekli drenajı değerlendirin (Cup)                                             |
| Diürez sonrası ROI çizimi, zaman-aktivite drenaj eğrisi | ROI, maksimum dilate sistem alanını içermelidir (uygunsa üreter dahil) ve çift toplayıcı sistemlerde üst ve alt poller ayrı çizilmelidir |

C30: Diürez sonrası 30. dk'da böbreklerden atılan aktivite yüzdesi; Cup: Çalışma sonrası 15 dk'lık dik duruştan sonra sonra böbreklerden atılan aktivite yüzdesi; ROI: İlgi alanı (region of interest), DBS: Dinamik böbrek sintigrafisi

Bununla alakalı EANM'nin sitesinde hazır olarak bulunan ve uygulama sürümü de mevcut olan "EANM dosage card calculator" uygulamasından yararlanılabilir.

Görüntüler değerlendirilirken dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise; Tc99m-MAG3'ün az bir miktarı hepatobilier sistem üzerinden atıldığı için geç görüntülemelerde safra kesesinde veya ince bağırsakta vizualize olması normal fizyolojik bir bulgudur ve sağ renal pelvis retansiyonu veya üriner kaçak ile karıştırılmamalıdır.

### Hidrasyon

Tetkik öncesi hasta hazırlığında intravenöz hidrasyon sıklıkla tercih edilememektedir. Bunun nedeni bebeklerin emzirme veya olağan beslenme programlarına uygun şekilde oral hidrasyonun yeterli kabul edilmesidir.

Bununla birlikte pratik uygulama esnasında eğer yetersiz bir hidrasyon söz konusu ise bu durumun uzamış ekskresyon olarak görüntülerimize yansıtacağı ve hatalı yorumlamaya neden olabileceği unutulmamalıdır. Görüntülemelerde böyle bir durum gözlenmesi durumunda bebeğin oral alım iyiliği geriye dönük sorgulanıp, gereklilik halinde iv hidrasyon ile tetkikin tekrarı önerilmelidir.

### Veri Analizi ve Kalite Kontrol

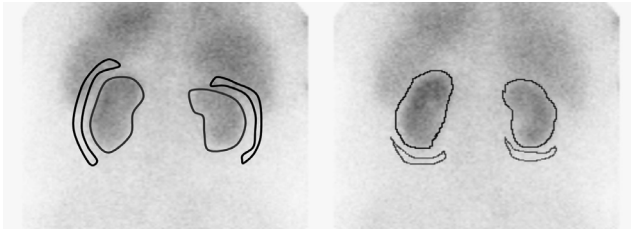
DBS'de en temel analiz görsel değerlendirme ve renogram eğrileri üzerinden yapılmaktadır. Böbrek ve geri-plan dokuları üzerinde ROI'nin çizilmesi ile hem diferansiyel renal fonksiyonu hem de drenaj parametreleri hesaplanabilir. Farklı cihaz üreticilerinin değişik renal yazılım programları sunması nedeniyle metodolojik farklılıklar oldukça fazladır. Bu yüzden veri

analizine geçmeden önce olası hata kaynakları, örneğin; hareket artefaktı, ekstrasvazyon, yeterli miktarda böbrek aktivitesi, böbrek ve çevre dokuların ilgi alanları ROI, kalpte aktivitenin görülebilir olması, hasta pozisyonu ve görüntü alanına giren diğer organlarda görülebilen anomaliler açısından görüntülerin gözden geçirilerek veri işlemlemeye geçilmesi önerilir.

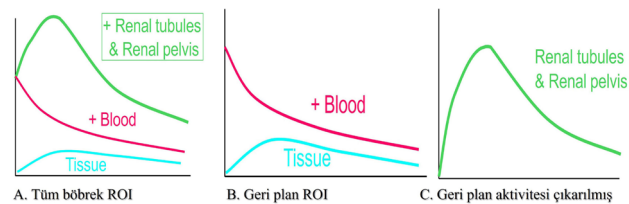
### ROI Seçimi-geri Plan Aktivitesinin Düzeltilmesi

Dinamik görüntülerin değerlendirilmesi öncesinde, böbrek üzerinde ve böbrek çevresindeki dokulardan gelen sayımları (geri-plan) düzeltmek üzere böbrek çevresinde ROI seçilir. ROI çizirken önemli olan çizilen ROI içine tüm fonksiyonel böbrek alanlarının dahil edilmesidir. Geri plan aktivitesi çıkarımında ise böbreğin hilusu hariç, böbrek ROI'sinin etrafında ve hafifçe ayrılmış "C şeklinde" bir ROI tercih edilir (17,18). Geri-plan aktivitesinin düzeltilmesinde amaç; böbreğin bulunduğu anatomik plandaki böbrek dışı dokulardan gelen sayımların böbrek sayımlarından çıkarılarak gerçek sayım değerlerine ulaşmaktır. Bunun nedeni böbreğin üst ve alt komşuluklarını içine alarak böbreği çevreleyen perirenal bir ilgi alanı seçilerek karaciğer ve dalak gibi komşu dokulardan gelen sayımları da geri plan sayımlarına dahil etmektir (Şekil 1).

Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus; geri plan aktivitesi çıkarıldıktan sonra renogram eğrisi sıfırdan başlayarak düzgün bir şekilde yükselmelidir. Renogram eğrisi sıfırdan sorunsuz bir şekilde yükseldiğinde arka plan çıkarma doğrudur (Şekil 2). Eğer her iki böbreğin simetrik



**Şekil 1.** Geri plan aktivitesi (ROI) çizimleri  
ROI: ilgi alanı (region of interest)



**Şekil 2.** Tüm böbrek aktivitesinden geri plan aktivitesi çıkarılmış böbreğin olması gereken renogram eğrisi  
ROI: ilgi alanı (region of interest)

ve normal düzeylerde fonksiyon gösteriyor ise, geri-plan aktivitesinin düzeltilmesi sonucu pek etkilememektedir. Ancak böbrek fonksiyonlarının düşük veya asimetrik olduğu durumlarda geri-plan aktivitesinin düzeltilmesi önem taşımaktadır. Kabul edilemez olan iki seçenek ya arka plan düzeltilmesi yapılmaması ya da sadece inferior/inferolateral renal alanla sınırlı bir düzeltmedir. Asimetrik DRF durumunda, bu ikinci arka plan ROI'si, daha kötü işleyen böbreğe az zemin aktivite çıkarımı (under-subtracted) yapılarak DRF'nin fazla tahmin edilmesine neden olacaktır. Geri-plan aktivitesinin fazla çıkarımı "over-subtracted (fazla çıkarım)", az çıkarımı ise "under-subtracted" nedenli hatalı diferansiye renal fonksiyon (DRF) verilerine neden olabilmektedir. Bu nedenle her iki böbreğin kanlanması ve fonksiyonları farklı ise; her iki böbrek için tek geri plan aktivitesi çıkarım eğrisi kullanmak yanlış sonuca neden olabilir ve renogram eğrisinin sıfırdan başlayarak düzgün bir şekilde yükselip yükselmediği kontrol edilmelidir. Renogramdan elde edilen renal fonksiyonun kantitatif ölçümlerinin arka plan düzeltme yöntemleri ve kalite kontrolü ile ilgili daha fazla ayrıntı bilgi için ISCORN konsensüs raporu incelenebilir (29,30).

Bir diğer önemli husus, küçük bebeklerde perirenal çizim yaparken vücut konturlarının dışına çıkmamaya özen göstermektir. Böbreğin belirgin büyük olduğu küçük bebeklerde bu mümkün olmuyorsa böbreğin alt ve üstünden ROI çizilerek geri-plan düzeltilebileceği belirtilmektedir (17). Ayrıca çizilen ROI'lerin sapma göstermeden tüm imajlar ve toplama imaj üzerinde uygun biçimde konumlandığı kontrol edilmelidir (motion-correction).

### Diüretik Uygulama

Diüretik uygulaması ile ilgili olarak kabul gören standart doz çocuklarda 1 mg/kg olup maksimum doz 20 mg olarak tanımlanmaktadır. Bilindiği üzere standart uygulamalarda diüretik, tetkikin 20. dakikasında toplayıcı sistem yapılarında radyofarmasötik birikmesi ile uygulanır. F+20 olarak tanımlanan ve yaygın kullanılan bu protokolden sonra, diüretik radyofarmasötikle eş zamanlı (F0) veya birkaç dakika içinde (F+2) veya tetkik esnasında diüretik etkinin maksimum olduğu dönemden faydalanmak üzere (F-15) protokolleri kullanıma girmiştir. Burada yine yöntemler arası belirgin farklılık bulunmadığı ancak aynı olgunun izleyen tetkiklerinde yine aynı protokolün tercih edilmesi vurgulanmaktadır.



Kılavuzlar, çocuklarda renal pelvisin belirgin elastik yapısı nedeniyle en idealinin toplayıcı sistemin radyoaktif idrarla dolduktan sonra diüretiğin yapılması ve sonrasında postdiüretik drenaj parametrelerinin değerlendirilmesini önermektedir (18,24).

### Diferansiyel Renal Fonksiyon Ölçümü

DFR ölçümü hasta yönetiminde önemli bir parametredir. DRF, bir böbreğin sayımının iki böbreğin sayımlarının toplamına oranıdır. Normal değeri %45-55 olarak kabul edilen DRF değerinin tanı anında düşük bulunması veya izlem sürecinde azalması cerrahi tedavi kararını vermede önem arz etmektedir. DRF, radyofarmasötüğün kortekste olduğu ve toplayıcı sisteme geçmediği 1 dakikalık intervalde ölçülür. Glomerüler bir ajan kullanılıyorsa bu interval 2-3 dk. arası, tübüler bir ajan kullanıldığında 1-2 dakika arası olarak belirlenir.

Bu hesaplamada 2 farklı matematiksel yöntem kullanılır. Integral metodu ve Rutland-patlak metodu. Integral metodu otomatik renal yazılımların tamamında bulunan ve en sık kullanılan basit bir yöntemdir. Geri-plan aktivitesi düzeltilmiş renogram eğrisi altındaki alan üzerinden yapılan bir ölçümdür.

Eğri altında kalan alan ismi ile de anılır. Sağlıklı bireylerde ve renal fonksiyonun korunduğu durumlarda doğru ve tutarlı sonuçlara ulaşılır.

Rutland-patlak metodunda ise integral yönteminden farklı olarak vasküler kompartmandaki sayımlar da toplam sayımlardan çıkartılır. Bu amaçla, sol ventrikül üzerinde bir ilgi alanı çizilir. Yapılan bu intravasküler düzeltme ile teorik olarak integral metodundan daha doğru ve güçlü bir sonuç verdiği düşünülmektedir (17,29). Seçilen zaman aralığındaki kardiyak aktiviteye oranla böbrek eğrilerinin eğim oranı üzerinden DRF hesaplanmaktadır. Ancak Rutland-patlak analizi düşük sayım istatistiğinden ve eğitimdeki dalgalanmalardan etkilenerek hatalar oluşabilmektedir. Aslında, Rutland-patlak analizi çoğu cihazın otomatik renal yazılım programı içinde bulunmamaktadır. Bununla birlikte gelişmekte olan ülkelerde renal tetkik standartlarının iyileştirilmesi amacıyla Uluslararası Atom Enerjisi'nin hazırladığı renal yazılım programı içinde her iki DRF ölçüm metodu ve tüm drenaj parametreleri yer almaktadır. Her platformda çalışabilecek bu renal yazılım programı ek bir ücret ödmeden kullanıma sunulmuş bulunmaktadır (30).

DRF değeri bazı hidronefrotik böbreklerde "supranormal" değerlerde (>%55) hesaplanmaktadır. Bu yanlış yüksek DRF'nin hidronefrotik böbrekteki boyutsal

artış kaynaklı olduğu raporda belirtilmesi ve böbreğin gerçek diferansiyel fonksiyonel oranını yansıtmadığını vurgulamak gerekmektedir. Ülkemizde Gungör ve ark. (31) tek taraflı hidronefrozlarda yaptıkları çalışmada her iki böbrek arasındaki boyut farkı arttıkça integral ve Rutland-patlak yöntemleri ile elde edilen DF verileri arasındaki farkın arttığı bildirilmiştir. Aynı şekilde Ozcan ve ark.'nın (32), 101 olgunun uzun dönem izlemleri boyunca çekilen 398 renografisinin gözden geçirildiği çalışmalarında ise supranormal değerlere integral metodu kullanıldığında daha sık rastlandığı ve iki yöntem arasındaki farkın 1 yaş altında daha belirgin olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca iki yöntemin birbiri ile uyumlu olması koşulu; normal fonksiyon gösteren böbreklerde daha sıklıkla görülmüştür. Sonuç olarak; asimetrik böbrek boyutları, renal immatürasyonun neden olduğu yüksek geri-plan aktivitesi gibi nedenlerle supranormal fonksiyon gözlenebilmektedir. Bu sonuçlar DRF ölçümün özellikle küçük bebeklerde teknik hataya daha açık olduğunu, büyüme ve renal maturasyonun gelişmesi ile daha güvenilir sonuçlara ulaşıldığını göstermektedir (32). Bu konuda detaylı bilgi için bkz. ISCORN report (29,33).

### Drenaj Parametreleri ve Diüretik Yanıtı

Erişkinlerde önemli bir indeks olarak kabul edilen T1/2 değeri hidronefrozlu çocuklarda anlamlı değildir. İlk olarak 2008'de Pediatrik Nefroüroloji kılavuzunda,  $t_{1/2} > 20$  dk. ise obstrüksiyon varlığı,  $t_{1/2} < 10$  dk ise obstrüksiyon olmadığı ve  $t_{1/2}$ : 10-20 dk ise şüpheli olarak yorumlanmıştır (16). Ancak bu değer tek başına neonatal hidronefrozun tanısını koymada güvenilirliğinin düşük olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Bunun birçok nedeni vardır. İlk olarak, UPB ve üreterovezikal bileşke (UVB, yani megaüreter) tıkanıklığının doğal öyküsü, yaşa ve hidrasyon durumuna göre değişebilen dinamik bir olgu oluşudur (29,30). İkincisi, kullanılan mevcut standart parametrelerin yetişkinlerde öncelikle tek bir patolojiyi (yani UPB tıkanıklığı) aydınlatmayı amaçlanmış olsa da, pediatrik grupta DBS, UPB darlığı, megaüreter ve üreter ektopisi dahil olmak üzere birçok konjenital anatomik anormallikleri değerlendirmek için kullanılmaktadır. Üçüncüsü, böbrek drenajının değerlendirilmesinde genişleyen pelvis volümünün etkisi, basınç etkisi, böbreğin fonksiyonel durumu, immatürasyon gibi fizyopatolojik mekanizmaların diüretik yanıtında önemli olduğu akıld tutulmalıdır. Bu hususla uyumlu olarak Koff ve ark. (8) Neonatal hidronefroz nedeniyle takip edilen ve hidronefroz düzeylerinde spontan gerileme kaydedilen çocukların;

%58'inde başlangıçta t1/2 değerleri >20 dk. iken, takip sırasında %33'ünün gerilediğini; opere edilen diğer grupta ise; %91'inde başlangıçta t1/2 değerleri >20 dk. iken, cerrahi sonrasında %37'sinin halen t1/2 değerlerinin >20 dk. geldiğini göstermişlerdir. Yine aynı çalışmada belirgin ölçüde genişleyen (elastik) pelvis volumü içinde biriken idrar aktivitesinin boşalmasının uzadığı ve obstrüksiyon olmadığı halde özellikle 2 yaşından küçük çocukların %40'ından fazlasında yanıltıcı sonuçlara ulaşıldığını göstermiştir. Buna göre hidronefrozu olan çocuklarda 2 yaşına kadar t1/2 değerinin güvenilir olmadığı, tek başına cerrahi kararı için veya cerrahi sonrasında cerrahi başarının değerlendirilmesi için kullanılmaması gerektiği vurgulanmıştır (8).

#### Güncel Drenaj Parametreleri (NORA & OE)

EANM tarafından 2011 güncellenen kılavuzda t1/2'nin drenaj fonksiyonunun değerlendirilmesinde tek başına kullanılmaması gerektiği net olarak vurgulanmış olup, post-miksiyon görüntülerinden elde edilen kalan aktivitenin miktarını gösteren normalize rezidüel aktivite (NORA) veya output -atılım- etkinliğinin (OE) kullanılmasını önermektedir. 2018'de yayınlanan son ortak kılavuzda ise postdiürez drenajının en doğru şekilde gösterildiği parametrenin NORA olduğunu vurgulamıştır.

**NORA:** Böbreğin uptake fonksiyonu ile ekskresyon fonksiyonu arasındaki ilişkiyi gösterir (23). Dinamik çalışma sonunda (20 ya da 30 dk) böbrekte kalan aktivitenin enjeksiyondan sonraki 2. dk'daki böbrek aktivitesine oranını göstermektedir.  $R_{20}/2'$  olarak tanımlanan bu indeks ile tutulan aktivitenin ne kadarının retansiyon gösterdiği belirlenmiş olur. NORA değerinin düşük olması drenajın iyi olduğunu gösterir. Normal değer aralığı: <0,5'tir. Bu değer bazı sistem softwarelerinde "*20.dk'daki rezidüel aktivite*" tanımlaması ile yer almaktadır.

**OE:** Böbrekten atılan aktivitenin böbreğe giren aktiviteye oranını ifade etmektedir (22). OE oranının yüksek olması drenajın iyi olduğunu gösterir. Normal böbreklerde diüretiksiz olarak elde edilen 20. dk. OE oranı >%80'dir. Diüretikli bir tetkikte bu değer <%60 olması drenajın bozuk olduğunu işaret eder (23). OE'nin hesaplanması için kardiyak aktivitenin de elde edilmesi gerekmektedir. Frame'lerin 10'ar sn. olması gerekmekte olup, "kardiyak eğrinin integralinin 20. dk'daki değeri ile renal eğrinin aynı zamandaki değerinin farkının kardiyak eğrinin integraline oranı" olarak hesaplandığı için software gerekmektedir.

$$\frac{\int_0^{20} P(t)dt - R_{20}}{\int_0^{20} P(t)dt} \times 100\%$$

P(t) Plasma aktivitesi, R20: 20. dk'daki renal aktivite.

Dikkate alınan zaman aralığı ne olursa olsun (renogramın sonu, frusemide testinin sonu, postvoid görüntü) OE ile NORA arasında iyi bir korelasyon bulunmuştur (R, Korelasyon katsayısı, sırasıyla: 0,96, 0,98, 0,99).

NORA parametresini bulan Belçikalı grup, output etkinliğinin ve NORA'nın böbreğin ortalama transit zamanına en yakın korelasyonu gösteren parametreler olduğunu göstermişlerdir. OE ve NORA arasında negatif korelasyon mevcuttur. OE >%80 & Post-miksiyon alınan geç görüntülerden hesaplanan NORA <0,5 ise iyi drenaj; OE <%60 & NORA >1,8 ise yetersiz drenaj olarak yorumlanmaktadır. OE ve NORA'nın, böbrek fonksiyon seviyesi veya kullanılan RF ne olursa olsun, ortalama transit zamanı ile yüksek korelasyon göstermiştir. Ayrıca bu iki parametrenin, renogramın klasik parametrelerinin aksine (Tmax & t1/2 gibi), böbrek fonksiyon seviyesinden neredeyse bağımsız olduğu gösterilmiştir.

OE'nin hesaplama zorluğu ve software gerekliliği nedeni ile NORA daha kolay hesaplanabilir. Her iki drenaj parametresi objektif bir değerlendirme olanağı sunmakla birlikte günlük pratikte miksiyon sonrası geç görüntülerin vizüel değerlendirmesi ile de drenaj fonksiyonu yorumlanabilmektedir (17). Ancak kuşku olgularda tedavi kararı için bu yeni parametrelerin objektif kantitatif bir veri olarak değerlendirmeye katkı sağlayabileceği akıld tutulmalıdır. Aynı zamanda herhangi bir semikantitatif parametrenin tek başına yorum yapmada ve cerrahi kararı vermede kullanılmamasını, değerlendirmede bütün parametrelerin göz önünde bulundurulması gerektiğini ve en doğru yaklaşımın zaman içinde mevcut parametrelerin ve DRF'un kötüleşmesinin en doğru belirteç olarak ele alınmasını önerilmektedir (18).

#### Yerçekimi Destekli (Gravity-assisted)/Postvoid Görüntüleme

DBS görüntüleri rutin olarak hasta sırtüstü pozisyonunda iken elde edilir. Bu durum dilate hidronefroz durumunda toplayıcı sistemin optimal boşalmasını etkiler. Aynı zamanda dolu mesane de önemli yanlış pozitiflik değerlendirme nedenleri arasındadır. Bazı merkezlerde tetkik süresince mesanenin boş kalması için kateterizasyondan bahsedilse de, Avrupa ekolünde ve ulusal kılavuzlarımızda tetkiki invaziv hale getirdiği için

nörojenik mesane veya ağır reflü gibi özel durumlar hariç kateterizasyon önerilmemektedir (17,24).

Mesane dolusu olması yaratacağı hidrostatik basınç etkisi ile drenaj fonksiyonunun önündeki direnci artırarak dilate sistemdeki aktivitenin boşalmasını zorlaştırır. Bu nedenle eğer 30 dk'lık dinamik görüntülemenin ( $C_{30}$ ) sonundaki drenaj  $<80\%$  ise, hasta 15 dk. dik pozisyonda (ayakta veya ebeveyn sırtında dik şekilde) tutulduktan sonra ( $C_{up}$ ) yerçekimi etkisini devreye sokarak ve mesane boşaltılarak böbrekler ek statik görüntüleme ile değerlendirilmelidir (Şekil 3) (34). Son kılavuzda aşağıdaki görüntüleme teknikleri, yerçekimi destekli-postvoid drenajın değerlendirilmesi için önerilmektedir:

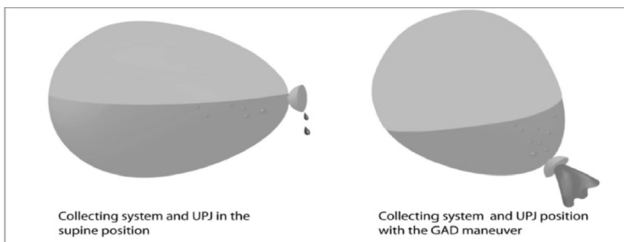
a. Hasta standart bir süre (örneğin; 10 veya 15 dakika) dik tutulduktan sonra alınan statik 1 dk.'lık posterior görüntü ( $C_{up}$ ).

b. RF enj.'dan sonra standart bir zaman diliminde (60 dk.) alınan statik 1 dk.'lık posterior görüntü. 60. dk'dan sonra geç görüntüleme almak önerilmemektedir.

Tek görüntülemesi olan bir hastaya obstrüksiyon demek için; sadece postmiksion dik görüntüleme (upright) baz alınarak elde edilen renogramın yükselen veya düz çizen eğriye sahip olması vurgulanmaktadır. Bütün bu veriler ışığında son kılavuzda herhangi bir semikantitatif parametrenin tek başına yorum yapmada yetersiz olacağını, bütün parametrelerin değerlendirmede göz önünde bulundurulması gerektiğini ve en önemli parametrelerin takip sintigrafilerde mevcut semikantitatif değerlerin ve DRF'nin bozulması ve post-miksion geç görüntülemeye staz varlığı olarak belirtilmektedir (18).

#### Görüntünün Son İşlenmesi ve Raporlama

- Raporda hasta demografisi, çalışma için klinik endikasyon, önceki cerrahi müdahaleler ve diğer görüntüleme çalışmalarının ilgili sonuçları yer almalıdır.



**Şekil 3.** Yerçekimi destekli drenajı tanımlamak için balon benzetmesi

GAD: Yerçekimi destekli drenaj (*gravity-assisted drainage*), UPJ: Üroteropelvik bileşke (*uroteropelvic junction*)

- Bölümde hidrasyon uygulanırsa, hacmi ve uygulama yolu kaydedilmelidir.
- Muayene sırasında toplam idrar çıkışı hacmi biliniyorsa bildirilmelidir.
- Eğer nefrostomi kateteri mevcut ise, varlığı ve klemlendiği zaman aralığıyla ilgili bilgiler verilmelidir.
- İşlem sırasında uygulanan aktivite ve diüretik dozajı ve zamanlaması açıkça belirtilmelidir.
- Pre & Post diüretik imajlar 1 veya 2 dk'lık rekonstrükte edilerek böbreklerin morfolojisi/ eşlik eden anomali, kortikal tutulumdaki herhangi bir fokal defekt tanımlanmalıdır.
- ROI nasıl çizildiğinin raporda görünür olması.
- Diüretik öncesi ve/veya sonrası parankimde, kaliklerde, renal pelviste ve üreterlerde dikkate değer aktivite stazının yerleri ve zaman içindeki seyri belirtilmelidir.
- DRF ve  $t_{1/2}$  gibi temel parametreler ve dinamik görüntülemenin sonundaki drenaj yüzdesi ve yerçekimi destekli drenaj bilgisi, NORA gibi drenajın ek kantitatif ölçümleri dahil olmak üzere hesaplanan tüm drenaj parametreleri raporlanmalıdır.
- Pre-upright ve post-upright görüntülerinde raporda görünür olarak dahil edilmesi.
- Anormal post-diüretik zaman-aktivite eğrilerinin şekli (örneğin; düz, yükselen, bifazik) tanımlanmalıdır.
- Görüntüleme süresince ağrının varlığı veya yokluğu ve yeri belirtilmelidir çünkü diüretik kaynaklı çünkü diüretik sonrası oluşan ağrı obstrüksiyon şüphesini artırmaktadır.
- Takip hastalarda aynı protokol ve proses tekniğinin kullanılması.
- Raporun sonuna bir izlenim/sonuç eklenmesi önerilir.

#### Klinik Karar Sürecinde Önemli Noktalar

Yukarıda raporlamada vurgulanan önemli hususlara ek olarak konjenital hidronefrozun değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken birkaç husus vardır.

- Klinik süreçte tek bir sintigrafik inceleme ile karar vermek çoğu zaman doğru olmamakta olup, takip verileri/sintigrafileri dikkate alınmalı, karşılaştırmalı yorum/raporlama yapılmalıdır.



- Tanı anında DRF çok düşük olması halinde, semikantitatif parametrelerin duyarlılığının düşük olacağı göz önüne alınmalı ve kısa aralıklarla ultrason ve sintigrafik incelemeler ile takip edilmeli veya doğrudan piyeloplastiyi önerenler de vardır.
- DRF değerinin izlem sürecinde belirgin azalması (<%10) ve buna paralel olarak US verilerinin bozulması (pelvis çapında veya SFU derecesinde artış, parankim incilmesi gibi) ise doğrudan cerrahi tedavi kararı vermede etkilidir.
- DRF sonuçları ele alınırken kullanılan yöntem, bebeğin yaşı, böbreğin boyutu ve fonksiyonel durumu gibi değişkenlerin etkili olduğu bilinmelidir. Klinikle ve diğer verilerle uyumsuz bir DRF söz konusu olduğunda integral ve Rutland-patlak yöntemlerinin birlikte kullanılması önerilir.
- Drenaj fonksiyonu incelenirken, diüretik yanıtı veya t1/2 cerrahi müdahalede dikkate alınan bir nokta değildir.
- Drenajın iyi olması obstrüktif olası bir süreci tamamen dışlarken, uzamış drenaj bulgusu obstrüksiyonu göstermez.
- Uzamış drenaja neden olabilecek ekstrasvazyon, dehidratasyon, renal immatürasyon, belirgin dilate pelvisle bağlı rezervuar pelvis etkisi, böbreğin fonksiyonel durumu ve dolu mesane etkisi gibi hususlar mutlaka gözden geçirilmelidir.
- Dinamik tetkikin sonunda mesanenin boş iken, yerçekimi etkisini devreye sokarak ilave geç görüntülerin alınması çok önemli olup, bu görüntülemenin raporla birlikte verilen filmde bulunması önerilir.

## Sonuç

Sonuç olarak DBS, pediatrik nefroürolojik sorunlarda nükleer tıp uygulamaları başladığından beri uygulanan kliniklerimizin vazgeçilmez önemli bir tanısal inceleme yöntemidir. Konjenital hidronefrozlarda bazı tartışmalı hususların bir bölümünde ortak kaniya varılsa da, halen merkezler arası protokol, görüntüleme ve yorumlama farklılıkları bulunmaktadır. Uluslararası standartları hedefleyen kılavuzların etkin kullanımı ve klinisyenlerle iş birliği içinde multidisipliner ve interdisipliner çalışmaların artırılması çocukluk çağının sık görülen bu önemli klinik sorunun değerlendirilmesine büyük katkı sağlayacaktır.

## Dipnotlar

**Çıkar Çatışması:** Yazar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

## Kaynaklar

1. Kelalis PP, Culp OS, Stickler GB, Burke EC. Ureteropelvic obstruction in children: experiences with 109 cases. *J Urol.* 1971;106:418-422.
2. Hendren WH, Radhakrishnan J, Middleton Jr AW. Pediatric pyeloplasty. *J Pediatr Surg.* 1980;15:133-144.
3. Drake DP, Stevens PS, Eckstein HB. Hydronephrosis secondary to ureteropelvic obstruction in children: a review of 14 years of experience. *J Urol.* 1978; 119:649-651.
4. Williams DI, Kenawi MM. The prognosis of pelviureteric obstruction in childhood: a review of 190 cases. *Eur Urol.* 1976;2:57-63.
5. Thomas DF, Agrawal M, Laidin AZ, Eckstein HB. Pelviureteric obstruction in infancy and childhood. A review of 117 patients. *Br J Urol.* 1982; 54:204-208.
6. Kass EJ, Majd M, Belman AB. Comparison of the diuretic renogram and the pressure perfusion study in children. *J Urol.* 1985;134:92-96.
7. Homsy YL, Saad F, Laberge I, Williot P, Pison C. Transitional hydronephrosis of the newborn and infant. *J Urol.* 1990;144:579-583.
8. Koff SA, Binkovitz L, Coley B, Jayanthi VR. Renal pelvis volume during diuresis in children with hydronephrosis: Implications for diagnosing obstruction with diuretic renography. *J Urol.* 2005;174:303-307.
9. McAleer IM, Kaplan GW. Renal function before and after pyeloplasty: does it improve? *J Urol* 1999;162:1041-44.
10. Bayne CE, Majd M, Rushton HG. Diuresis renography in the evaluation and management of pediatric hydronephrosis: what have we learned? *J Pediatr Urol.* 2019;15:128-137.
11. Conway JJ, Maizels M. The "well tempered" diuretic renogram: a standard method to examine the asymptomatic neonate with hydronephrosis or hydroureteronephrosis. A report from combined meetings of The Society for Fetal Urology and members of The Pediatric Nuclear Medicine Council-The Society of Nuclear Medicine. *J Nucl Med.* 1992;33:2047-2051.
12. O'Reilly P, Aurell M, Britton K, Kletter K, Rosenthal L, Testa T. Consensus on diuresis renography for investigating the dilated upper urinary tract. Radionuclides in Nephrourology Group. Consensus Committee on Diuresis Renography. *J Nucl Med.* 1996;37:1872-1876.
13. Mandell GA, Cooper JA, Leonard JC, et al. Procedure guideline in diuretic renography in children. *J Nuc Med.* 1997;38:1647-1650.

14. Gordon I, Colarinha P, Fettich J, et al. Paediatric Committee of the European Association of Nuclear Medicine. Guidelines for standard and diuretic renography in children. *Eur J Nucl Med*. 2001;28:21-30.
15. O'Reilly PH. Consensus committee of the society of radionuclides in nephrourology. Standardization of the renogram technique for investigating the dilated upper urinary tract and assessing the results of surgery. *BJU Int*. 2003;91:239-243.
16. Shulkin BL, Mandell GA, Cooper JA, et al. Procedure guideline for diuretic renography in children 3.0. *J Nucl Med Technol*. 2008;36:162-168.
17. Gordon I, Piepsz A, Sixt R. Auspices of paediatric committee of EANM. Guidelines for standard and diuretic renogram in children. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2011;38:1175-1188.
18. Majd M, Bar-Sever Z, Santos AI, De Palma D. The SNMMI and EANM procedural guidelines for diuresis renography in infants and children. *J Nucl Med*. 2018;59:1636-1640.
19. De Man KE, Troch ME, Dobbeleir AA, Duong HP, Goethals IM. Comparison of the EANM and SNM guidelines on diuretic renography in children. *Nucl Med Commun*. 2015;36:486-488.
20. Wong D, Rossleigh MA, Farnsworth RH. Diuretic renography with the addition of quantitative gravity-assisted drainage in infants and children. *J Nuc Med*. 2000;41:1030-1036.
21. Eskild-Jensen A, Gordon I, Piepsz A, Frøkiaer J. Interpretation of the renogram: problems and pitfalls in hydronephrosis in children. *BJU Int*. 2004;94:887-892.
22. Chaiwatanarat T, Padhy AD, Bomanji JB, Nimmon CC, Sonmezoglu K, Britton KE. Validation of renal output efficiency as an objective quantitative parameter in the evaluation of upper urinary tract obstruction. *J Nucl Med*. 1993;34:845-848.
23. Piepsz A, Tondeur M, Ham H. NORA: a simple and reliable parameter for estimating renal output with or without frusemide challenge. *Nucl Med Commun*. 2000;21:317-323.
24. Güngör F, Gökçora N, Alan N, et al. Çocuklarda standart ve diüretik dinamik renal sintigrafi protokolü, TNTD nefrouroloji ve pediatri çalışma grupları. *Turk J Nucl Med*. 2001;10.
25. Güldadı NCM, Aksoy T, Aydın F, et al. TNTD, çocuklarda dinamik böbrek sintigrafisi uygulama kılavuzu 2.0. *Nucl Med Semin*. 2015;1:15-18.
26. Erbaş B. Pediatrik olgularda dinamik böbrek sintigrafisi ve güncel yaklaşımlar. *Türkiye Klinikleri J Nucl Med-Special Topics*. 2017;3:21-25.
27. Taylor AT. Radionuclides in nephrourology, part 1: radiopharmaceuticals, quality control, and quantitative indices. *J Nucl Med*. 2014;55:608-615.
28. Taylor AT. Radionuclides in nephrourology, Part 2: pitfalls and diagnostic applications. *J Nucl Med*. 2014;55:786-798.
29. Prigent A, Cosgriff P, Gates GF, et al. Consensus report on quality control of quantitative measurements of renal function obtained from the renogram: International Consensus Committee from the Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology. *Semin Nucl Med*. 1999;29:146-159.
30. Zaknun JJ, Rajabi H, Piepsz A, Roca I, Dondi M. The International Atomic Energy Agency software package for the analysis of scintigraphic renal dynamic studies: a tool for the clinician, teacher, and researcher. *Semin Nucl Med*. 2011;41:73-80.
31. Gungor F, Anderson P, Gordon I. Effect of the size of regions of interest on the estimation of differential renal function in children with congenital hydronephrosis. *Nucl Med Commun*. 2002;23:147-151.
32. Ozcan Z, Anderson PJ, Gordon I. Robustness of estimation of differential renal function in infants and children with unilateral prenatal diagnosis of a hydronephrotic kidney on dynamic renography: How real is the supranormal kidney? *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2006;33:738-744.
33. Durand E, Blaufox MD, Britton KE, et al. International Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology (ISCORN) consensus on renal transit time measurements. *Semin Nucl Med*. 2008;38:82-102.
34. Acker MR, Clark R, Anderson P. Gravity-assisted drainage imaging in the assessment of pediatric hydronephrosis. *Can Urol Assoc J*. 2016;10:96-100.