

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
NÜKLEER TIP ANABİLİM DALI**

**TEK TARAFLI HİDRONEFROZDA Tc-99m DMSA
SİNTİGRAFİSİNDE ORANSAL BÖBREK FONKSİYONLARININ
KLASİK YÖNTEME KARŞI BİRİM ALAN FORMÜLÜ İLE
GİRİŞİM ÖNCESİ VE SONRASI DEĞERLENDİRİLMESİ**

**UZMANLIK TEZİ
Dr. Ferat KEPENEK**

**TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Zehra Pınar KOÇ**

**ELAZIĞ
2013**

DEKANLIK ONAYI

Prof. Dr. İrfan ORHAN

DEKAN

Bu tez Uzmanlık Tezi standartlarına uygun bulunmuştur.

Yrd. Doç. Dr. Zehra Pınar KOÇ
Nükleer Tıp Anabilim Dalı Başkanı

Tez tarafınızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Zehra Pınar KOÇ _____

Danışman

Uzmanlık Tezi Değerlendirme Jüri Üyeleri

..... _____
..... _____
..... _____
..... _____
..... _____

TEŞEKKÜR

Nükleer Tıp Anabilim Dalında asistanlığım süresince tecrübe ve fikirlerinden yararlandığım, yetişmemde emeği olan, eğitimime katkıları bulunan Anabilim Dalı Başkanı Yrd. Doç. Dr. Zehra Pınar KOÇ'a,

Tezimin klinik çalışmaları aşamasında emekleri olan Üroloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. İrfan ORHAN ve Dr. Cihat TEKTAŞ'a,

Tezimin istatistik analizlerini gerçekleştiren İstatistik bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Sinan Çalık'a,

Beraber çalıştığım asistan arkadaşlarıma ve hastane personeline,

Hayatım boyunca bana destek veren, sevginin, dürüstlüğün, çalışmanın, hoşgörü ve paylaşmanın değerini öğreten aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Tek taraflı hidronefrozu böbreklerde hidronefrozu böbreğin oransal böbrek fonksiyonu Tc-99m DMSA sintigrafisinde bazen abartılı çıkmaktadır. Bu çalışmada tek taraflı hidronefrozu olan hastalarda klasik yöntemle ölçülen oransal böbrek fonksiyonları ile birim alan formülü ile ölçülen oransal böbrek fonksiyonları gibi iki yöntemin etkinliklerinin hem tedavi öncesi hem de tedaviden yaklaşık 3-6 ay sonra çekilen Tc-99m DMSA sintigrafisi ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla çalışmaya tek taraflı hidronefrozu olup tedavisi planlanan 20 hasta (12 erkek, 8 kadın ve ortalama yaş: $42,6 \pm 18,5$) dahil edilmiştir. Hastalara rutin fizik muayene, labratuar ve USG ile değerlendirilmesi sonrası operasyon öncesi ve operasyondan üç ay sonra Tc 99m DMSA sintigrafisi çekilmiştir. Oransal böbrek fonksiyonları (klasik yöntem) ve böbrekler için çizilen ilgi alanlarındaki total sayımlar ilgili piksel olarak böbrek alanına bölünerek elde edilen birim alandaki sayımlara (birim alan yöntemi) göre hesaplanmıştır. Hidronefrotik böbrekte tedavi öncesi klasik yöntemle birim alan yöntemi ve tedavi sonrası klasik yöntem ile birim alan yöntemi Pearson korelasyon analizi ve Bland-Altman analiz yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak; çalışmamızda operasyon öncesi OBF'nunu belirlemede KY ile BA arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif (%94) korelasyon saptanmıştır. Ancak operasyon öncesi KY'in OBF'ununu değerlendirmede BA ile uyumunun düşük olduğu (ort: 2.3, ± 1.96 SD: 5.2) gözlenmiştir. Operasyon sonrasında ise OBF'nunu belirlemede KY ile BA arasında istatistiksel olarak anlamlı %100'e yakın korelasyon saptanmıştır. Ayrıca KY'in OBF'ununu değerlendirmede BA ile uyumlu sonuçlar verdiği (ort: 0.53, ± 1.96 SD: 2.3) gözlenmiştir. KY ile hidronefrotik böbrekte OBF değerlendirmesi güvenilir olmadığı ve cerrahi kararını etkileyecek düzeyde yüksek hata payı olduğu bu çalışma ile gösterilmiştir. Hidronefrozu bir böbrekte OBF hesaplamasında KY güvenilir bir yöntem değildir ve BA formülü ile OBF hesaplanması tercih edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Hidronefrozu, DMSA, sintigrafi, birim alan.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF DIFFERENTIAL RENAL FUNCTION IN UNILATERAL HYDRONEPHROSIS BY UNIT AREA FORMULA AGAINST CLASSIC METHOD IN TC-99M DMSA SCINTIGRAPHY BEFORE AND AFTER INTERVENTION

Relative kidney function of an affected kidney sometimes may be found exaggerated by Tc-99m DMSA scintigraphy in unilateral hydronephrosis. What is being aimed in this survey is to compare the effectiveness of both methods; rational kidney functions measured by classical method and rational kidney function measured by unit area in unilateral hydronephrosis with Tc99m DMSA scintigraphies before and approximately three to six months after surgical intervention.

For his purpose 20 patients (12 male, 8 female; mean: $42,6 \pm 18,5$) who were treated due to unilateral hydronephrosis were included to the survey. Patients were evaluated by physical examination, laboratory tests and ultrasonography than Tc99m DMSA scintigraphy images were obtained before and after the surgical interventions. Relative kidney functions obtained by unit area method which is obtained by ratio of the counts in region of interest of the kidney and area of the kidney as pixel and by classical method in hydronephrotic kidney in preoperative and postoperative period. In hydronephrotic kidney pre-treatment unit area method with the classical method and after treatment the conventional technique with unit area method were compared with Pearson correlation and Bland-Altman analysis methods.

As a result, in our study in determination of rational kidney function classical method and unit area method found to have significant positive correlation (94%) in preoperative period however the agreement between methods were low (mean: 2.3 ± 1.96 SD:5.2). In postoperative period there was significant approximately 100% correlation between methods and additionally there were agreement (mean: 0.53 ± 1.96 SD:2.3) between classical and unit area methods in determination of rational kidney function. In this study it was been shown there is a high error ratio that might influence the surgery decision in rational kidney function estimation by classical method in the kidney with hydronephrosis. Classical method is not a reliable method

and estimation of rational kidney functions by unit area method must be preferred in hydronephrotic kidney.

Keywords: Hydronephrosis, DMSA, scintigraphy, unit area.

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI	i
ONAY SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	v
TABLO LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Üriner Sistem Anatomisi	2
1.1.1. Böbrekler	2
1.1.2. Renal Papilla, Kalisler ve Renal Pelvis	2
1.1.3. Üreterler	3
1.1.4. Mesane	4
1.1.5. Üretra	4
1.2. Üriner Sistem Embriyolojisi	4
1.2.1. Böbrekler	5
1.2.2. Mesane ve Üretra	6
1.3. Üriner Sistem Fizyolojisi	6
1.3.1. Böbreklerin Fonksiyonları	6
1.3.2. Glomerüler Filtrasyon	7
1.3.3. Tübüler Sekresyon ve Reabsorbsiyon	9
1.4. Üriner Sistem Radyolojik İnceleme Yöntemleri	10
1.4.1. Röntgen	10
1.4.2. Ekskretuar Ürografi	10
1.4.3. Retrograt Piyeloüreterografi	11
1.4.4. Perkütan Translomber Piyelografi	11
1.4.5. Ultrasonografi (US)	12
1.4.6. Bilgisayarlı Tomografi (BT)	12

1.4.7. Manyetik Rezonans (MR)	12
1.5. Dinamik Ve Statik Böbrek Sintigrafisi	13
1.5.1. Radyofarmasötikler	13
1.5.1.1. Glomerüler filtrasyonla atılan radyofarmasötikler	13
1.5.1.2. Tübüler sekresyonla atılan radyofarmasötikler	14
1.5.1.3. Böbrek parankimine bağlanan radyofarmasötikler	15
1.5.2. Statik Böbrek Sintigrafisi	16
1.5.3. Dinamik Böbrek Sintigrafisi	19
1.5.3.1. Görüntü Analizi ve Verileri İşlemden Geçirme	21
1.5.4. Statik ve Dinamik Böbrek Sintigrafisi Klinik Uygulama Alanları	24
1.5.4.1. Obstrüktif Üropati	24
1.5.4.2. Pyelonefrit ve Renal Skarlanma	26
1.5.4.3. Renal Kitleler	27
1.6. Üriner Sistem Obstrüksiyonları Ve Hidronefroz	28
1.6.1. Üriner Sistem Obstrüksiyonları	28
1.6.2. Hidronefroz	29
2. GEREÇ VE YÖNTEM	31
2.1. Hasta Seçimi	31
2.2. Uygulanan DMSA Tekniği:	31
2.3. Böbrek fonksiyonunun Hesaplanması	32
2.4. İstatiksel Analiz	34
3. BULGULAR	35
4. TARTIŞMA	39
5. KAYNAKLAR	45
6. EKLER	53
7. ÖZGEÇMİŞ	56

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Hastaların tedavi şekillerine göre dağılımı	35
Tablo 2. Hidronefroz derecelerine göre olgu sayıları	35
Tablo 3. Tedavi Öncesi ve sonrası KY ve BA ile hesaplanan OBF'larının ortalamaları ve alt ve üst sınır standart sapmaları	36

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1.** Tc-99m DMSA sintigrafisinde böbrek ve perirenal background ROI çizimi. 33
- Şekil 2.** Grade I hidronefrozu olan bir hastanın operasyon öncesi (A) ve sonrası (B) görüntüleri. 36
- Şekil 3.** Tedavi öncesi KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının karşılaştırılması 37
- Şekil 4.** Tedavi sonrası KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının karşılaştırılması 37
- Şekil 5.** Tedavi öncesi KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının Bland-Altman analiz yöntemi ile hesaplanan saçılım grafiği. 38
- Şekil 6.** Tedavi sonrası KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının Bland-Altman analiz yöntemi ile hesaplanan saçılım grafiği. 38

KISALTMALAR LİSTESİ

BA	: Birim Alan
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
DMSA	: Dimerkaptosüksinik Asit
DTPA	: Dietilentriamin Pentaasetik Asit
EC	: Etilendisistein
ERPF	: Efektif Renal Plazma Akımı
GFR	: Glomerüler Filtrasyon Hızı
GH	: Glukoheptonat
I-131	: İyot 131
KY	: Klasik Yöntem
İVP	: İntravenöz Piyelografi
MAG3	: Merkaptoasetil Triglisin
MR	: Manyetik Rezonans
mCi	: Milicurie
OBF	: Oransal Böbrek Fonksiyonu
OIH	: Ortoiodohippurat
ROI	: Region Of İnterest (İlgi Alanı)
SPECT	: Single Photon Emision Computerized Tomography
Tc-99m	: Teknesyum 99m
US	: Ultrasonografi

1. GİRİŞ

Hidronefroz üriner obstrüksiyonu takiben gelişen progresif dilatasyon ve buna bağlı böbrekte hasar oluşturan kronik inkomplet obstrüksiyonun sonuç bulgusudur. Hidronefroz, aseptik idrarın başlangıçta genişleyen böbrek pelvisinde meydana gelen boşlukta, sonra bizzat böbrek pelvisinde ve kalikslerde, nihayet genişlemeye başlayan böbreğin kendisinde birikmesine denir (1).

Nükleer tıp teknikleri böbrek hastalıklarının tanı ve takibinde önemli rol oynamaktadır. Bu yöntemler, yüksek duyarlılıkla böbrekte radyolojik olarak görülebilir lezyon oluşmadan önce doku hasarını gösterebilmektedir. Nükleer tıp teknikleri göreceli olarak düşük radyasyon maruziyeti ile hem fonksiyonel hem de anatomik bilgi sağlayabilen tek tanı aracıdır. Radyonüklid yöntemler, çocuk hasta veya böbrek yetmezliği olan hastalar gibi özel gruplarda bile güvenle kullanılabilir. Böbreklerin fonksiyonel anlamda kortikal değerlendirilmesinin en iyi şekilde yapıldığı tanı yöntemi Teknesyum 99m (Tc-99m) dimerkaptosüksinik asit (DMSA) böbrek sintigrafisidir (2, 3).

Renal kortikal sintigrafi (Tc-99m DMSA sintigrafisi), parankim fonksiyonunun ve oransal böbrek fonksiyonunun değerlendirilmesinde altın standart olarak kabul edilen bir yöntemdir. Tc-99m DMSA'nın enjeksiyondan 2 saat sonra % 40-65'i proksimal tübüler hücreler tarafından tutulur. Böbrek parankimini görüntüleyen en iyi radyofarmasötiktir (4).

Teknesyum 99m dimerkaptosüksinik asit ile yapılan sintigrafik çalışmalar, DMSA'nın böbrek tutulumunun, efektif plazma volümü, glomerüler filtrasyon oranı ve kreatinin klirensi ile uyumlu olduğunu göstermiştir (5). Aynı zamanda DMSA, her bir böbreğin fonksiyonlarının oranlarının değerlendirilmesi ile sayısallaştırma olanağı sağlar (6).

Tek taraflı hidronefroz bulunan bazı hastaların böbrek sintigrafilerinde, oransal böbrek fonksiyonları hidronefrotik böbrekte karşı taraf normal böbreğe göre yüksek çıkmaktadır (supranormal fonksiyon). Bu durum hastalığın takibi sırasında yanlış klinik kararlar alınmasına neden olabilmektedir (7).

Bu çalışmada tek taraflı hidronefroz olan hastalarda klasik metotla hesaplanan oransal böbrek fonksiyonları ile birim alan formülü ile hesaplanan

oransal böbrek fonksiyonları gibi iki yöntemin etkinliklerinin hem tedavi öncesi hem de tedaviden önce ve yaklaşık üç-altı ay sonra çekilen Tc-99m DMSA sintigrafisi ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

1.1. Üriner Sistem Anatomisi

1.1.1. Böbrekler

Böbrekler, spinal kolonun iki tarafında, retroperitonda, yerleşmiş organlardır. İdrar ekskrete eden organlar olarak böbrekler, insanlarda su-elektrolit ve asit-baz dengesinde rol oynamalarının yanı sıra renin ve eritropoetin yapımı ve D vitamini metabolizması gibi endokrin görevleri de vardır. Normal koşullarda total kardiyak output'un 1/5'ini alırlar.

Erişkin erkekte normal böbrek ağırlığı yaklaşık 150 gr'dır. Kadınlarda biraz daha düşük olup ortalama olarak yaklaşık 135 gr'dır. Uzunluğu 10-12 cm, eni 5-7 cm ve kalınlığı 3 cm'dir.

Böbreğin medial kenarında renal hilum bulunur. Renal hilum, renal sinüse açılır. Burası böbreğin orta kısmı olup, parankimle çevrilidir. Toplayıcı sistemler ve renal damarlar sinüste yerleşmiş olup böbreği hilumdan terk ederler.

Renal parankim, korteks ve medulla olmak üzere ikiye ayrılır. Medulla, renal piramid adı verilen multipl konik yapıda segmentler içerir. Her bir piramidin yuvarlak tepesi papilla adını alır ve minör kalislere açılır.

Karaciğerin kitlesi nedeniyle çoğunlukla sağ böbrek sola göre 1-2 cm daha aşağı pozisyonadadır. Böbrek veni daha önde, arter venin arkasındadır. Böbrek arterleri ve venleri ikinci lomber vertebra korpusu düzeyinde, superior mezenterik arterin altından, aort ve vena kava inferior'dan ayrılır.

1.1.2. Renal Papilla, Kalisler ve Renal Pelvis

Renal papillaların sayıları 4-18 arasında değişebilir. Her bir papilla, minör kalise açılır. Minör kalisler, renal toplayıcı sistemin ilk büyük yapısıdır. Renal piramidlerin ve kendilerine uyan minör kalislerin tipik olarak iki dizilişi vardır. Anterior ve posterior olarak biri diğerine diktir. Böbreğin doğal rotasyonu nedeniyle, anterior kaliksler, tipik olarak koronal planda laterale doğru uzanırken, posterior kaliksler, sagittal planda arkaya doğru uzanır. Bazı piramidlerin gelişim sırasında

yapışarak birleşik papilla oluşturması oldukça sık görülür. Bu, genellikle böbrek kutuplarında oluşur. Birleşik papillanın fizyolojik önemi vardır. Yapılarından dolayı yeterli geri basınçla, idrarın ve enfekte idrarda bakterilerin renal parankime reflüsüne izin verir. Enfeksiyona sekonder renal parankimal skar bu tip yapışık papillalarda daha şiddetlidir. Minör kaliksler daralarak bir boyun ya da infundibulum oluşturarak diğer minör kalikslerle birleşir, iki ya da üç majör kaliks birleşerek bir renal pelvisle sonuçlanır. Renal pelvis üretere açılarak üreterde devam eder. Anatomik olarak belirsiz olan bu birleşim yerine ureteropelvik bileşke denir. Tüm üst toplayıcı sistem, minör kalislerden üretere kadar devam eden basit devamlı bir yapıdır.

1.1.3. Üreterler

Her bir üreter, renal toplayıcı sistemin tübüler devamı olup, böbrekleri mesaneye bağlar. Erişkinlerde üreter 22-30 cm uzunluğundadır. Başlangıcı olan ureteropelvik bileşke normalde tam olarak tanımlanamaz. Üreter ve renal toplayıcı sistem papillaya kadar transizyonel hücreli epitelle döşelidir. Bu epitelin altında lamina propria denilen bağ dokusu tabakası vardır. Bu iki tabaka mukozayı oluşturur. Renal kaliks, pelvis ve üreterde düz kaslar vardır. Üreterde bu kas tabakası, içte longitudinal seyrederken, dışta sirküler ve oblik kas lifleri olmak üzere iki tür kas yapısı yer alır. Normalde idrar akımı pasif olmayıp, üreteral kasların aktif peristaltizmi ile renal pelvisten mesaneye doğru olmaktadır. Üreteri ince bir tabaka halinde adventisya tabakası sarar. Bu tabakada üreteral kan damarları ve lenfatikler yoğun pleksuslar oluşturur.

Üreterin arteriyel beslenmesi, seyri boyunca çok sayıda arteriyel dallardan sağlanır. Retroperitonda, renal arterden, gonadal arterden, abdominal aorttan ve kommon iliak arterden dallar alır. Pelvise girdikten sonra, distal üretere arteria iliaca interna ya da onun dalları olan vezikal ve uterin arterlerden, orta rektal ve vajinal arterlerden küçük dallar gelir. Arterler, üreterlere geldikten sonra longitudinal olarak adventisya içinde seyrederek ve yaygın anastomozlar yaparlar. Venöz ve lenfatik drenaj üreterde genellikle arteriyel dağılıma paralel seyrederek. Üreteral lezyonların primer lenfatik drenajı, lezyonun lokalizasyonuna göre değişir. Pelviste, distal üreterin lenfatikleri, internal, eksternal ve komminikan iliak nodlara drene olur. Üst üreter ve renal pelvisin lenfatik drenajı, ipsilateral böbreğin lenfatikleriyle birleşir.

Üreter retroperitoneal seyri boyunca arkada psoas kasıyla komşudur. Bifurkasyon düzeyinde iliak damarları çaprazlayarak pelvise girer. Normal üreter uniform kalibrede değildir. Seyri boyunca üç ayrı yerde darlık bulunmaktadır. Bunlar üreteropelvik bileşke, iliak damarları çaprazladığı bölge ve üreterovezikal bileşkedir (8).

1.1.4. Mesane

Pelvis boşluğu içinde, retropubik olarak yerleşmiş, idrarı depolayan muskuler bir organdır.

Fundus; arka ve aşağıya bakar. Kadında vagina ön duvarı, erkekte rektum ile komşudur.

Collum; mesanenin en alt kısmıdır.

Apeks; öne ve yukarıya doğru bakar. Üst yüzü peritonla kaplıdır ve sigmoid kolon ve ince bağırsaklarla temastadır. İnferolateral yüzü symphysis pubisten retropubik yağ dokusu ile ayrılmıştır.

Inferior ve superior vezikal arterler mesaneyi besler. Venler mesanenin inferolateral yüzünde bir pleksus yaparlar. Bu pleksus vena iliaca interna'ya dökülür (9).

1.1.5. Üretra

Üretra idrarı mesaneden dışarıya ileten bir tüptür. Erkek üretrası üç kısımdan oluşur. *Pars prostatica* 3 cm uzunluğundadır. Prostat salgısını taşıyan kanallar üretranın prostatik kısmına açılır. *Pars membranacea* prostat ile bulbus penis arasındaki kısımdır. *Pars spongiosa* penisin corpus spongiosumu içinde yer alır. Kadın üretrası 4-5 cm uzunluğundadır. Symphysis pubisin arkasında vagina ön duvarına gömülmüş olarak seyreder (9, 10).

1.2. Üriner Sistem Embriyolojisi

Üriner sistem, genital sistemle birlikte karın boşluğunun arka duvarında yer alan ortak mezodermal kabarıklıktan (*intermediate mezoderm*) gelişir (11).

1.2.1. Böbrekler

İnsanlarda intrauterin dönemde birbirinden farklı üç böbrek sistemi peşpeşe gelişir: *pronefroz*, *mezonefroz* ve *metanefroz*.

Pronefroz

Rudimenter ve işlevsizdir. Servikal bölgedeki 7-10 adet solid hücre topluluğu tarafından temsil edilir. Daha kaudaldakiler oluşmadan önce, ilk oluşan nefrotomlar regrese olduğundan, dördüncü haftanın sonunda pronefrik sisteme ait tüm yapıların izleri kaybolurken sadece wolf kanalı kalır (12).

Mezonefroz

Mezonefroz ve mezonefrik kanallar, üst torasik ve üst lomber segmentlerin intermediate mezoderminden gelişirler. Gelişimin dördüncü haftasının başlarında ilk boşaltım tübüleri belirmeye başlar. Bu tübüller hızla uzarlar, S şeklinde bir halka halini alırlar ve medial uzantılarının ucunda bir glomerulus elde ederler. Bowman kapsülünü oluşturup glomerülle birlikte renal korpuskülü meydana getirirler. İkinci ayın ortasında mezonefroz orta hattın her iki yanında büyük ve oval şekilli bir organ haline gelir. Kaudaldeki tübüller farklanmaya devam ettiğinden, kranial tübüller ve glomerüller dejeneratif değişiklikler gösterir. İkinci ayın sonunda büyük bir çoğunluğu tümüyle yok olur (11).

Metanefroz

Beşinci haftada beliren metanefrozdan kalıcı böbrek gelişir. Kalıcı böbreğin toplayıcı kanalları, mezonefrik kanalın kloakaya girişine yakın noktasında yer alan bir çıkıntı halindeki üreter tomurcuğundan gelişir. Bu tomurcuk, metanefrik doku içine penetre olur. Üreter tomurcuğundan üreter, renal pelvis, major ve minor kaliksler ve toplayıcı tübüller gelişir. Nefronlar ise metanefrik mezoderminden gelişir. Yeni oluşan her toplayıcı tübül, distal uçtan bir metanefrik doku şapkası ile örtülüdür. Bu doku içindeki hücrelerden, tübüllerin indükleyici etkisiyle renal vezikül denilen küçük kesecikler, bunlardan da küçük tübüller meydana gelir. Bu tübüller glomerül ile birlikte nefronları oluşturur. Her nefronun proksimal ucu Bowman kapsülünü oluştururken, distal ucu Bowman kapsülünden toplayıcı kanallara geçişi sağlayacak şekilde toplayıcı kanallardan biriyle bağlantı sağlar.

Tübüllerin uzamaya devam etmesi sonucu proksimal tübüller, henle kulpu ve distal tübüller meydana gelir (11, 12).

Başlangıçta pelvis içinde yer alan böbrek, vücudun dikleşmesi, lumbar ve sakral bölgelerdeki büyüme sonucu karın içinde daha yukarı bir lokalizasyona çıkar. Doğumda lobüle görünümde olan böbreklerin süt çocukluğu döneminde nefronların büyümeye devam etmesi sonucu bu görünümü kaybolur. Ancak nefronların sayısında artış olmaz (11).

1.2.2. Mesane ve Üretra

Gelişimin dördüncü ve yedinci haftaları arasında ürektal septum kloakayı anorektal kanal ve primitif ürogenital sinüse böler. Primitif ürogenital sinusun üst kısmından mesane gelişir.

Üretranın çevre bağ ve düz kas dokusu splanknik mezoderm, epiteli ise endodermal kaynaklıdır (11).

1.3. Üriner Sistem Fizyolojisi

Vücutta su ve bütün elektrolitlerin, giren (sindirilmeye veya metabolik yapıma bağlı) ve çıkan (atılan veya metabolik tüketime bağlı) miktarları arasındaki denge, önemli ölçüde böbrekler tarafından sağlanır. Böbrekler bu düzenleyici görevi sayesinde hücrelerin, değişik aktivitelerini gerçekleştirebilmeleri için gerekli çevrenin sabit tutulmasını sağlar.

Böbrekler, en önemli görevini plazmayı süzerek (filtre ederek) ve süzüntüden (filtrattan) vücudun ihtiyacına göre maddeleri değişik hızda uzaklaştırarak yaparlar.

1.3.1. Böbreklerin Fonksiyonları

Su ve elektrolit dengesinin düzenlenmesi: Homeostasisin devamı için elektrolitlerin ve suyun atılması alınan miktarları ile tam uyum içinde olmalıdır. Su ve birçok elektrolitin alınması, genellikle kişinin yeme ve içme alışkanlıkları tarafından yönlendirilir ve böbreklerin atma hızını değişik maddelerin alınmasına göre ayarlamasını gerektirir. Böbreklerin su ve sodyum, klorür, potasyum, kalsiyum, hidrojen, magnezyum ve fosfat gibi elektrolitlerin atılmalarını, alınmalarındaki değişikliğe yanıt olarak değiştirme yetenekleri çok fazladır.

Yabancı kimyasal maddelerin ve metabolik yıkım ürünlerinin atılması: Böbreklerin başlıca amacı vücudun ihtiyacı kalmayan metabolizma ürünlerini uzaklaştırmaktır. Bu ürünler arasında üre, ürik asit, kreatinin, bilirubin gibi hemoglobin yıkımının son yıkım ürünleri ve değişik hormon metabolitleri sayılabilir. Böbrekler aynı zamanda, toksinlerin çoğunu, organizmada yapılan veya pestisit, ilaçlar ve besin katkı maddeleri gibi dışarıdan alınan diğer yabancı maddeleri de atar.

Arter basıncının düzenlenmesi: Böbrekler değişebilir miktarda su ve sodyumu itrah ederek uzun süreli arter basıncının düzenlenmesinde önemli rol oynarlar. Ayrıca böbrekler vazoaaktif faktörleri veya vazoaaktif ürünlerin (örneğin anjiotensin II) yapımına neden olan renin gibi maddeleri salgılayarak, kısa süreli arter basıncı düzenlenmesine de katkıda bulunurlar.

Asit-Baz dengesinin düzenlenmesi: Böbrekler asit itrah ederek ve vücut sıvılarının tampon stoklarını düzenleyerek akciğerler ile birlikte asit-baz düzenlenmesine katkıda bulunurlar ve vücut sıvılarını tamponlarlar. Böbrekler proteinlerin metabolizması esnasında oluşan sülfürik ve fosforik asit gibi bazı asit tiplerini uzaklaştıran tek organdır.

Eritrosit yapımının düzenlenmesi: Böbrekler eritrosit yapımını stimüle eden eritropoietini salgılar. Eritropoietin salınımında hipoksi önemli bir uyarandır. Normal şahıslarda dolaşımdaki eritropoietinin üretiminin hemen tümünden böbrekler sorumludur.

1,25 dihidroksi vitamin D3 yapımı: Böbrekler bu vitaminin birinci pozisyonuna bir hidroksil ilave ederek vitamin D'nin aktif şeklini, 1,25 dihidroksi vitamin D3'ü yaparlar.

Glikoz sentezi: Böbrekler uzun süreli açlık esnasında aminoasitlerden ve diğer öncüllerden glukoneogenez ile glikoz sentezlerler.

1.3.2. Glomerüler Filtrasyon

Glomerüler filtrasyon idrar oluşumunun ilk basamağıdır. Glomerüler kapillerlerden geçen plazma, yüksek permeabiliteye sahip glomerüler membrandan filtre olarak Bowman kapsülüne geçecek olan glomerüler filtratı oluşturur. Glomerüler kapiller proteinlere geçirgen olmadığından glomerüler filtrat proteinsizdir ve hücresel eleman içermez.

Glomerüler filtrasyon hızı (GFR) her iki böbrek nefronlarında dakikada oluşan glomerüler filtrat hacmini ifade eder. GFR kapiller membrana etki eden kolloid osmotik basınç ve hidrostatik basınç arasındaki denge ve kapillerlerin filtrasyon yapan yüzey ve geçirgenliğinin ölçütü olan kapiller filtrasyon sabitesi (Kf) tarafından tayin edilir. Normal yetişkinde GFR ortalama 125 ml/dakika veya 180 litre/gündür. Böbreğe gelen plazmanın %20'si glomerül kapillerlerinde filtre edilir.

$$GFR = Kf \times (PG - PB - \pi G + \pi B)$$

PG: glomerüler hidrostatik basınç

PB: Bowman kapsülü içindeki hidrostatik basınç

πG : kapiller plazma proteinlerinin kolloid osmotik basıncı

πB : Bowman kapsülü içindeki proteinlerin kolloid osmotik basıncı

Bowman kapsülü içindeki hidrostatik basınç artması GFR'yi azaltır. İdrar yolları tıkanıklığı ile ilişkili patolojilerde, Bowman kapsülü basıncı artarak GFR'de önemli ölçüde azalmaya yol açabilir. Eğer tıkanıklık açılmazsa giderek artan bir böbrek hasarı meydana gelir.

Glomerüler kapiller kolloid osmotik basıncı, arteriyel plazma kolloid osmotik basıncı ve glomerül kapillerlerinden filtre olan plazma fraksiyonu ile belirlenir. Arteriyel plazma kolloid osmotik basıncının artması glomerül kapiller kolloid osmotik basıncı artırır, bu da GFR'yi azaltır.

Glomerüler hidrostatik basınç, arter basıncı, afferent arteriyol direnci ve efferent arteriyol direnci ile belirlenir. Afferent arteriyollerin daralması daima GFR'yi azaltır. Efferent arteriyol daralmasının etkisi daralmanın şiddetine bağlıdır. Orta şiddetteki daralma GFR'yi yükseltirken şiddetli yani dirençte üç katından daha fazla artışın olduğu daralma GFR'yi azaltır.

Böbrek kan akımı ve glomerüler filtrasyonun fizyolojik kontrolü

Fizyolojik kontrol amacıyla kullanılan ve en değişken olan GFR determinantları, glomerüler hidrostatik basınç ve glomerüler kapiller kolloid osmotik basınçtır. Bu değişkenler sempatik sinir sisteminden, hormonlardan ve otokoidlerden ve böbreğin içindeki diğer feedback kontrollerden de etkilenir.

Sempatik sinir sisteminin kuvvetli aktivasyonu böbrek arteriyollerini daraltabilir ve böylece böbrek kan akımı ve GFR'yi azaltır. Orta veya hafif sempatik

uyarının böbrek kan akımı ve GFR'ye etkisi azdır. Adrenal medulladan salgılanan norepinefrin ve epinefrin afferent ve efferent arteriyolleri daraltarak böbrek kan akımını ve GFR'yi azaltırlar. Böbrek damarlarının hasar görmüş endotelinden salgılanan bir peptid olan endotelin de böbrek damarlarını daraltıcı etkisiyle GFR'yi azaltır. Endotelden kaynaklanan nitrik oksit ise damar direncini azaltan bir otokoiddir. Damar direncini azalttığından GFR'yi artırıcı etkisi vardır. Bazal seviyede nitrik oksit yapımı, böbreklerde aşırı damar daralmasının önlenmesinde ve normal miktarda sodyum ve su atılmasında önemli rol oynar.

Anjiotensin II hem sistemik dolaşımında hem de böbreklerde üretilir, efferent arteriyolleri daraltıcı etkisi nedeniyle artmış seviyeleri glomerüler hidrostatik basıncı arttırırken böbrek kan akımını azaltır. Düşük sodyum diyeti veya hacim azalmasında görülen artmış anjiotensin II seviyeleri, GFR'nin korunmasına, atılımları glomerüler filtrasyona bağlı olan üre, kreatinin gibi metabolik atıkların itrahına yardım eder. Aynı zamanda anjiotensin II'nin oluşturduğu efferent arteriyol daralması, su ve sodyum geri emilimini artırarak kan basıncı ve hacmini normale çevirir. Böylece böbrekteki GFR otoregülasyonuna katkı sağlamış olur.

Böbreklerde otoregülasyon işlevini gerçekleştirmek için makula densadaki sodyum klorür yoğunluğu değişiklikleriyle renal arteriyolar direncin kontrolü arasında bağlantı kuran feedback mekanizma vardır. Sodyum klorür yoğunluğunda azalma makula densada afferent arteriyol direncini azaltarak glomerüler hidrostatik basıncını artırır ve GFR'nin normale dönmesine yardım eder. İkinci etki olarak da renin serbestleşmesini artırır. Sonuçta anjiotensin II'yi artırarak GFR'yi normale çevirir. Otoregülasyonda diğer mekanizma ise böbrek kan damarlarındaki miyojenik mekanizmadır. Böbrek kan damarlarında arteriyel basıncın artması esnasında gerilmeye karşı direnç gelişir (13).

1.3.3. Tübüler Sekresyon ve Reabsorbsiyon

Glomerüler filtrat böbrek tübüllerine girdiği zaman idrar olarak atılmadan önce sırayla; proksimal tübül, Henle kıvrımı, distal tübül, toplayıcı tübül ve toplayıcı kanallardan akar. Bu yol boyunca bazı maddeler selektif olarak tübülden kana geri emilir, bazıları ise kandan tübül lümenine salgılanır.

Normalde, filtre olan su ve sodyumun yaklaşık % 65'i ve filtre olan klorürün daha az bölümü, filtrat Henle kulpuna ulaşmadan önce proksimal tubuldan geri emilir. Aminoasit ve glukozun tamamı proksimal tübülden geri emilir. Suyun emilimi solütlerin aktif transportunu pasif olarak izler. Safra tuzları, oksalat, urat, katekolaminler, ilaç ve toksinler ve paraaminohippurik asit proksimal tübüllerden salgılanırlar.

Henlenin inen kısmı suya çok fazla, üre ve sodyum dahil solütlerin çoğuna orta derecede geçirgendir. Filtre olan suyun % 20'si Henle kulpundan geri emilir ve hemen hemen bunun tümü bu inen ince Henle kısmında gerçekleşir. Çıkan ince ve kalın henle suya geçirgen değildir. Sodyum, klor ve potasyumun % 25'i henle kıvrımından emilir. Kalsiyum, magnezyum, bikarbonat gibi diğer iyonların önemli kısmı henlenin çıkan kalın kolundan emilir.

Distal tübülün ilk kısmı, aynı nefronda GFR ve kan akımını kontrol eden feed-back kontrol sağlayan jukstaklomerüler aparatı oluşturur. Distal tübülün bundan sonraki kısmı oldukça kıvrımlıdır ve Henle kıvrımının çıkan kalın kısmı ile arasında geri emilim özellikleri yönünden oldukça fazla benzerlikler vardır. Yani sodyum, potasyum ve klor dahil iyonların önemli kısmını çabuk bir şekilde geri emerken su ve üreye karşı hiç geçirgen değildir. Tübüler sıvı burada seyreltiği için, bu bölge, dilüe edici bölge adını alır. Distal tübülün son kısmının ve kortikal toplayıcı tübüllerin suya karşı geçirgenliği vazopressin de denilen antidiüretik hormon tarafından kontrol edilir.

Medüller toplayıcı kanallar filtre edilen su ve sodyumun % 10'dan azını geri emerler, ama idrarı işleme tabi tutan son yer olmaları nedeni ile idrarla atılacak solüt ve su miktarının belirlenmesinde çok önemli rol oynarlar (14).

1.4. Üriner Sistem Radyolojik İnceleme Yöntemleri

1.4.1. Röntgen

Düz röntgenin temel amacı taş, kalsifikasyon ve gaz araştırmaktır.

1.4.2. Ekskretuar Ürografi

Üriner sistemin temel tanı yöntemidir. Kontrast madde intravenöz yolla verilir. İntravenöz piyelografi (İVP), intravenöz ürografi (İVÜ) olarak da

isimlendirilir. İyonik kontrast maddeler kullanılabilir; riskli olgularda non-iyonikler kullanılmalıdır.

Verilen opak maddenin %98'i böbreklerden, % 2'si karaciğer ve ince bağırsaklardan atılır. Böbrek dışı atılım; renal fonksiyonu bozuk hastalarda yüksek doz opak madde kullanıldığında, belirgin bir renal bozukluğu olmayan tek veya iki taraflı üreter tıkanıklarında ve opak madde olarak yüksek doz metrizoate tuzu kullanıldığında artar.

İntravenöz yolla verilen opak madde böbreklerden süzülür. Glomerüller filtrattaki opak maddenin konsantrasyonu plazmadaki konsantrasyonu ile doğru orantıdır; dehidratasyonla bir ilişkisi yoktur.

İnceleme yatarak alınan düz karın röntgenogramı (DÜS) ile başlar. Kontrast maddenin bolus şeklinde hızla verilmesinden hemen sonra alınan röntgenogramlara nefrogram adı verilir. Nefrogramlarda kontrast madde böbrek parankimindedir ve henüz toplayıcı sisteme geçmemiştir. Avasküler yer kaplayan lezyonlar nefrogramda defekt şeklinde görülür. Birer dakika ara ile elde edilen dakikalık ürogramlarda böbreklerin kanlanması hakkında fikir edinilebilir. Kalisiyel sistemi, pelvisi, üreteri ve mesaneyi görmek amacıyla, 3-5, 7-15 ve 20-30 dakikalarda üç renogram elde edilir. İlk röntgenogramda ışın böbrekler üzerine santralize edilmelidir. Bu seriye gerekirse post-void mesane röntgenogramları eklenir.

1.4.3. Retrograt Piyeloüreterografi

Sistoskopi ile üreterlere yerleştirilen kateterden opak madde verilerek kalikslerin, pelvisin ve üreterlerin doldurulmasıdır. Sistoskopi ve kateterizasyon steril şartlar altında yapılır. İntravenöz piyelografide görülmeyen pelvi-kalisiyel sistemi göstermek amacıyla yapılır.

1.4.4. Perkütan Translomber Piyelografi

İntravenöz piyelografi ile gösterilemeyen obstüriktif üropatili hastalarda, obstrüksiyonun yerini göstermek amacıyla yapılır.

Hasta yüz üstü yatırılır. Floroskopik kontrol altında ve ultrasonografi eşliğinde lomber bölgeden doğrudan iğne ile genişlemiş pelvis ve kalisiyel sistem içerisine

girilerek, opak madde verilir. Günümüzde nefrostomisi olan olgularda uygulanmaktadır.

1.4.5. Ultrasonografi (US)

İnceleme 3.5-5.0 mHZ'lik problarla yapılır. Böbrekler en az birbirine dik iki planda incelenmelidir. İnceleme süresince derin inspirasyon yaptırılır ve posterior oblik veya dekübitus pozisyonlarda çalışılır. Dilate üreterlerin proksimal ve distal kesimleri görülebilir.

İyonizan ışın riski bulunmaması ve kontrast madde gerektirmemesi yanında, uygulamasının basitliği ve ucuzluğu, US'nin üriner sistem incelemesinde tarama yöntemi olarak kullanılmasının nedenleridir. US ile böbreğin morfolojisi ve yer kaplayan lezyonlar değerlendirilebilir. Yöntem, böbrek fonksiyonları ve genişlememişse, toplayıcı sistem hakkında bilgi vermez.

Noninvaziv bir yöntem olan renkli Doppler US renal kan akımının incelenmesinde sıklıkla ilk yöntem olarak kullanılmaktadır. İnceleme sonuçları üzerinde hastanın nefesini tutmaması ve obesite gibi etkenler çok belirleyicidir. Ayrıca yöntem aşırı derecede uygulayıcı bağımlıdır.

1.4.6. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Böbreğin morfolojisini en ayrıntılı olarak gösteren radyolojik görüntüler çok kesitli BT ile elde edilen kontrastlı ince kesitlerdir. Önce böbreklerden mesaneye kadar olan kesimde kontrastsız yapılan tarama ile üriner taş ve/veya kalsifikasyon araştırılır. Kontrast verildikten sonra arteryel fazda böbrek taranır. Vasküler tümörlerin boyanacağı bu evrede, kontrast kortekstedir ve henüz medullaya geçmemiştir. Kortikomedüller faz denilen bu evrede korteksle çevrili piramitler hipodens görülür ve bu bölgeye geçen küçük lezyonlar gözden kaçabilir. Kontrastın verilmeye başladığı andan itibaren 120 saniye sonra alınan kesitlerde böbrek nefrogram fazına girmiş ve tüm parankim üniform bir şekilde kontrast tutmuştur.

1.4.7. Manyetik Rezonans (MR)

Böbrek kitlelerinin saptanması ve karakterizasyonunda standart yöntem BT'dir. MR (Manyetik Rezonans) iyotlu kontrast maddelere alerjisi olanlarda ve

azotemi nedeniyle kontrast madde verilemeyen hastalarda yapılır. Diğer sistemlerde olduğu gibi üriner sistemde de problem çözücü yöntem konumundadır.

Kontrast madde ile yapılan dinamik çalışmalarla böbrek fonksiyonu hakkında yorum yapılabilir. Korteks ve medullanın boyanmasına bağlı intensite değişikliklerinin zamana karşı grafiği çizilerek sintigrafide olduğu gibi böbrek fonksiyonu değerlendirilebilir.

MR ürografi ile toplayıcı sistem değerlendirilebilir. İyonizan ışın olmadığı için gebelerin üriner sisteminin değerlendirilmesinde emniyetle kullanılabilen verisi yüksek bir yöntemdir (15).

1.5. Dinamik ve Statik Böbrek Sintigrafisi

1.5.1. Radyofarmasötikler

Renal fonksiyon ve anatomisinin değerlendirilmesi için kullanılan radyofarmasötikler üç gruba ayrılır.

- 1- Glomerüler filtrasyonla atılan radyofarmasötikler
- 2- Tübüler sekresyonla atılan radyofarmasötikler
- 3- Böbrek parankimine bağlanan radyofarmasötikler

1.5.1.1. Glomerüler filtrasyonla atılan radyofarmasötikler

Tc-99m DTPA (dietilentriaminpentaasetikasit)

Tc-99m DTPA rutin radyonüklid renogram için kullanılan tek glomerüler ajandır. Sadece glomerüler filtrasyonla atılır, tübüler sekresyonu ve reabsorbsiyonu yoktur. Enjekte edilen dozun % 90'ı 24 saat içerisinde ekskrete edilir ve 1 saat içerisinde sadece %5-10'u plazma proteinlerine bağlanır. Sadece glomerüler filtrasyonla atıldığından glomerüler filtrasyon hızının hesaplanmasında da kullanılabilir (16). Ucuz olması, radyasyon dozunun düşük olması ve kolay uygulanabilir olması Tc-99m DTPA'yı glomerüler filtrasyon hızının hesaplanması için ideal radyofarmasötik haline getirmiştir (17). Ekstraksiyon oranı yaklaşık %20'dir. Bu nedenle özellikle böbrek fonksiyonlarının yetersiz olduğu durumlarda hedef-zemin aktivite oranı düşük olacağından kortikal değerlendirme için ideal bir ajan değildir (18, 19).

Tc-99m DTPA'nın yetişkin dozu 2-10 mCi'dir. Hazır kitin teknesyum 99m ile bağlanmasından sonra kullanıma hazır hale gelir. Kitin bağlandıktan sonra stabil kalma süresi 6 saattir (20).

1.5.1.2. Tübüler sekresyonla atılan radyofarmasötikler

Teknesyum 99m MAG3 (mercaptoasetiltriglisin)

Tübüler bir ajan olması nedeniyle Tc-99m DTPA'ya oranla ilk geçiş ekstraksiyon oranı yüksek olup % 80'dir. Plazma proteinlerine % 90 oranında bağlanma özelliği vardır (21, 22). Enjekte edilen dozun yaklaşık % 70'i 30 dakika içerisinde ekskrete edilir. Radyofarmasötik, probenesid ya da para-aminohippurat gibi aktif transport ile tübüllere geçer. Sadece % 2'si glomerüler filtrasyonla atılır. Yapısındaki karboksilik asit nedeniyle geri emilimi yoktur. Böbrek fonksiyonları bozuk olan hastalarda proteinlere bağlanma oranı yüksek olduğundan intravasküler aktivite de yüksek olacağından erken görüntülerde kalp, karaciğer ve dalak belirgin hale gelir (23). Hepatobilier eliminasyon Tc-99m MAG3 için alternatif atım yoludur (24).

Teknesyum 99m MAG3, böbrek morfolojisi, perfüzyonu ve fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullanışlı bir ajan olmasının yanında efektif renal plazma hızının hesaplanmasına da olanak sağlar (16).

Teknesyum 99m MAG3'ün erişkin dozu 2-5 mCi'dir. Hazır kitin teknesyum ile bağlanması ve 10 dakika kaynatılmasından sonra kullanıma hazır hale gelir. Kit bağlandıktan sonra 2-3 saat stabil kalır (20).

İyot-131 OIH (ortoiodohippurat)

İyot-131 OIH % 80 oranında tübüler sekresyona uğrarken % 20'si glomerüler filtrasyona uğrar. Paraaminohippurik asit tübüler hücre fonksiyonu ölçümünde altın standarttır. Rutin klinik çalışma için uygun olmasa da paraaminohippurik asit klirensi efektif renal plazma hızını verir. I-131 OIH, paraaminohippurik asit ile benzer biyolojik özelliğe sahiptir (24). I-131 OIH'in ekstraksiyon fraksiyonu yaklaşık % 65 olup 3-5 dakika içinde böbreklerde maksimum konsantrasyona ulaşır. Plazma proteinlerine % 60-70 oranında bağlanır ve enjekte edilen dozun % 70'i 30 dakika içinde idrarla atılır. Ekstraksiyon oranının yüksek olması nedeniyle yüksek hedef-zemin aktivite oranına ulaşır. Fakat I-131'in 364 keV (kiloelektron volt) olan yüksek

enerjisi ve uzun fiziksel yarı ömrü nedeniyle görüntüleme suboptimal olup bu durum rutin klinik uygulamada kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Aynı zamanda bu fiziksel özellikleri böbrek yetmezlikli hastaların rölatif olarak daha yüksek dozda radyasyon almalarına yol açar (16).

İyot-131 OIH'ın yetişkin dozu 250-300 μCi 'dir. Tc-99m DTPA ile böbreklerin maruz kaldığı doz 0,014 rem/mCi, Tc-99m MAG3 ile 0,015 rem/mCi ve I-131 OIH ile 0,056 rem/mCi'dir (16, 24).

Teknesyum 99m EC (Etilendisistein)

Teknesyum 99m EC, Tc-99m MAG3 ile benzerlik gösterir. Plazma klirensi Tc-99m MAG3'den daha yüksek iken hepatik akümüasyonu daha düşüktür (25, 26). Plazma proteinlerine bağlanma değeri yaklaşık %30 kadardır. Plazma proteinlerine bağlanma oranı düşük olduğundan önemli bir kısmı glomerüler filtrasyona uğrar ve bu nedenle ekstraksiyon oranı da yüksektir (27, 28). Tc-99m EC, etilen sistein dimer (ECD)'in bir metabolitidir. Klirensinin hızlı olması nedeniyle Tc-99m MAG3'e oranla radyasyon dozu düşüktür (29). Ortoiodohippuratın eritrositlere bağlanma oranı % 32 iken EC'nin %5,7'dir. Yine OIH'a oranla ekstrarenal klirensi ve hepatobilier ekskresyonu daha düşüktür. Tc-99m EC'nin plazma klirensi 473 ± 22 ml/dakika/ $1,73\text{m}^2$ 'dir (28).

Teknesyum 99m EC için yetişkin dozu 5 mCi'dir. Kitin hazırlanması için kaynatmaya gerek yoktur. Stabillitesi Tc-99m MAG3'den daha uzun olup yaklaşık 8 saattir (28).

1.5.1.3. Böbrek parankimine bağlanan radyofarmasötikler

Teknesyum 99m GH (Glukoheptonat)

Teknesyum 99m GH hem glomerüler filtrasyona uğrar hem de böbrek parankimine bağlanır. Enjekte edilen dozun % 80'i glomerüler filtrasyona uğrarken % 20'si tübüllerden sekrete edilir. Proksimal tübül hücrelerine bağlanma özelliği nedeniyle geç imajlarda böbrek korteksinin görüntülenebilmesini sağlar (30). Böbrek perfüzyonu, dinamik böbrek tutulumu ve klirensi hakkında fikir vermesi, toplayıcı sistemin iyi görüntülenebilmesi yanında böbrek korteksinin de iyi görüntülenebilmesi, Tc-99m GH'ın Tc-99m DTPA ve TC-99m DMSA'ya oranla avantajlı olmasını sağlar (31). Tc-99m GH böbreklerde yaklaşık 15 dakikada

maksimum konsantrasyona ulaşır ve hızla azalır. Protein bağlı olan kısmı tübüler sekresyona uğrarken, protein bağımsız olanlar glomerüler filtrasyona uğrar. Aynı zamanda Tc-99m GH'in minimal hepatik tutulumu da vardır (32).

Teknesyum 99m GH için yetişkin dozu 10-15 mCi'dir (16).

Teknesyum 99m DMSA (Dimerkaptosüksinik asit)

Teknesyum 99m DMSA proksimal tübüle bağlanan böbrek parankimini görüntülemeyi sağlayan ajandır. Glomerüler filtrasyon ve tübüler sekresyona uğrayarak idrarla atılır. Tübüler reabsorbsiyona uğramaz (33). Enjeksiyondan sonra bir saat içinde enjekte edilen dozun % 12'si tutulur (34). Enjeksiyondan bir saat sonra enjekte edilen dozun % 4-8'i ve 14 saat sonra % 26-30'u atılır. Verilen aktivitenin % 40-80'i 6-7 saat sonra böbreklerde tutulur. Altı-yedi saat sonra aktivitenin % 40-50'si böbreklerde tutulur (35). Tc-99m DMSA'nın radyasyon dozu Tc-99m GH ile kıyaslandığında üç kat daha fazladır. Buna karşın Tc-99m DMSA'nın enjeksiyon dozu Tc-99m glukohptonatın üçte biri kadardır. Çünkü Tc-99m DMSA'nın kortikal bağlanma oranı yüksek olduğundan enjekte edilen dozu daha düşüktür. Dolayısıyla her iki ajanla böbreklerin aldığı doz eşitlenmiş olur. Ayrıca mesanede düşük miktarda akümüle olması nedeniyle Tc-99m DMSA'nın gonadlara radyasyon dozu Tc-99m GH'a oranla daha düşük olur (30).

Teknesyum 99m DMSA'nın yetişkin dozu 2-5 mCi'dir (16).

1.5.2. Statik Böbrek Sintigrafisi

Statik böbrek sintigrafisi en sık idrar yolu enfeksiyonuna bağlı gelişen kortikal hasarı saptamak amacıyla kullanılmaktadır. Ultrasonografi ve İVP'ye oranla kortikal hasarı daha fazla gösterir. DMSA statik böbrek sintigrafisi US ile birlikte kullanıldığında renal abse, kist, çift toplayıcı sistem ve hidronefroz gibi klinik durumlarda ayırıcı tanı daha da kolaylaşmaktadır. Statik böbrek sintigrafisi akut enfeksiyon ve kronik hasarın tespitinde en uygun tetkik olup, renal hasarın değerlendirilmesi için yapılması önerilmektedir (36, 37).

Statik böbrek sintigrafisi endikasyonları; akut pyelonefrit, renal skar, soliter veya ektopik renal doku, at nalı ve pseudoatnalı böbrekler, rölatif fonksiyone renal kitle ve iyotlu kontrast ajanlara allerji olması şeklinde sıralanabilir (38).

Sintigrafi öncesi özel hasta hazırlığına gerek yoktur. Çocuk hastalarda çekim sırasında hareket etme sorunu öngörülüyorsa sedatize edilebilir. Küçük yaştaki çocukların görüntüleme öncesi beslenmeleri çekim sırasında uyumalarını sağlayıp çekimi kolaylaştırabilir (38).

Görüntüleme öncesi hasta hakkında gereken bilgilerin alınması doğru yorumlamaya yardımcı olacaktır. Örneğin, üriner sisteme uygulanmış cerrahi, konjenital üriner anomaliler, idrar yolu obstruksiyonu varlığının bilinmesi tetkikin raporlanmasında önemlidir. Ayrıca hastaya ait önceki radyolojik görüntüler ve sintigrafileri doğru yorumlama ve karşılaştırma yapılabilmesine yardımcı olur (39).

Tetkik için Tc-99m DMSA intravenöz olarak enjekte edilir. Enjeksiyondan yaklaşık 2–4 saat sonra görüntüleme yapılır. Enjeksiyondan 2 saat sonra Tc-99m DMSA'nın % 40-65'i proksimal tübül hücrelerinde tutulur. Korteksteki tutulum oranı arttıkça kortikal hasarın görüntülenmesi için çözünürlük artar. Dolayısıyla azalmış renal fonksiyon varlığında daha geç görüntü alınması uygundur. Tc-99m DMSA'nın yetişkin dozu 5 mCi'dir. Çocuk hastalar için vücut ağırlıklarına veya vücut yüzeyi alanına göre doz hesaplanarak uygulanır. Çocuklar için en düşük doz 0,3 mCi, en yüksek doz ise 3 mCi'dir (38).

Görüntüleme için yüksek çözünürlüklü paralel delikli kolimatörler kullanılır. Hasta sırt üstü yatar pozisyonda iken anterior, posterior ve oblik görüntüler alınır. 128x128 veya 256x256 matrikste minimum 200.000 count (minimum 5 dakika) sayım alınmalıdır. Konjenital spinal hasarı ya da kifozu olan hastalarda sırt üstü yatamayacaklarından yüzükoyun yatırılarak görüntü alınabilir. Pinhole kolimatör de görüntüleme için kullanılabilir. Pinhole kullanıldığında 100.000- 150.000 count (minimum 10 dakika) sayım alınmalıdır (40).

Single Photon Emision Computerized Tomography (SPECT) görüntüleme tercih edilebilir. SPECT görüntüleme 128x128 matrikste 360 derece rotasyon ile yine sırt üstü yatar pozisyonda yatarken yapılır. Ancak sürenin uzun olması hasta hareketinden dolayı görüntü artefaktına neden olabilir (Sadece 180 derece posteriordan da SPECT yapılabilir, böylece hareket artefaktı riski azaltılır) (40).

Statik böbrek sintigrafisi görüntüleme yanında kantitatif olarak böbrek fonksiyonlarının hesaplanmasında da kullanılabilir. Oransal böbrek fonksiyonu

(OBF) hesaplaması için posterior imajda her iki böbreğin çevresine ROI (regions of interest) çizilir. Zemin aktivite düzeltilmesi için böbreklerin inferioruna daha küçük boyutta veya perirenal background (zemin aktivite) ROI çizilir. Hesaplama gama kamera sisteminin çalışma istasyonunda mevcut program ile hesaplanabilir. Hesaplama derinlik düzeltilmesi kullanılabilir. Ektopik böbrek varlığında anterior ve posterior imaj kullanılarak geometrik ortalama ile OBF hesaplanabilir (39). Tc-99m GH'ın kortikal tutulumunun olması sebebiyle geç imajlarında pelvikalisiyel sistemde, mesanede veya böbreklerden daha yoğun miktarda bağırsaklarda radyofarmasötik retansiyonu yoksa OBF hesaplanabilir. OBF normal değerleri minimum % 44, maksimum % 56 arasındadır (38, 41).

Görüntülerin görsel olarak değerlendirilmesinde patolojik olarak yanlış yorumlanabilecek normal varyantlara dikkat edilmelidir. Normal varyantlar şu şekilde sıralanabilir:

- Çok küçük yaş döneminde böbrekler üçgen şeklinde olabilir.
- Dalak basısı nedeniyle sol böbrek lateral kısmında düzleşme olabilir.
- Rotasyon anomalisi olan böbrek genellikle posterior imajda silindirik şekilde olabilir.
- Transvers aksta üst veya alt polde kısalık nedeniyle armut şeklinde böbrek görüntüsü oluşabilir.
- Genellikle üst pol, alttaki Bertini kolonlarının oluşturduğu hiperaktif kontrast nedeniyle hipoaktif görülebilir.
- Bertini kolonlarının sayısı ve boyutlarında hastadan hastaya farklılık göstermesi yanlış yorumlamaya neden olabilir.
- Fetal lobulasyon izlenebilir (42, 43).

Patolojik paternler:

1- Akut pyelonefritte tek ya da multipl defektler oluşabilir.

Böbrek konturunda deformasyon oluşmadan azalmış veya tamamen radyoaktivite tutulumunun kaybı şeklinde izlenebilir.

Tek etkilenmiş alanda lokalize hacim artışı veya diffuz büyümüş böbrekte multipl defekt şeklinde izlenebilir.

2- Kronik kortikal defektte kontraksiyonla görel olarak sert köşeler ve etkilenmiş kortekste hacim azalması izlenebilir.

Skar dokusu kortikal incelme, düzleşme, ovoid veya kama şeklinde defekt olarak izlenebilir.

Normal parankimal yapının gelişmesinin devam etmesi nedeniyle defekt daha belirgin hale gelebilir.

Akut pyelonefrite bağlı oluşan defektler enfeksiyonun şiddetine göre değişken bir süre içinde düzelebilir. Skar ayırımını yapabilmek için tedavi sonrası 6 ay içinde sintigrafik kontrol yapılmalıdır.

3- Akut ve kronik pyelonefrit veya skarlaşma statik kortikal sintigrafisi ile ayırt edilemeyebilir (38).

Hidronefroza toplayıcı sistemde radyoaktivite retansiyonu olabileceğinden sintigrafiyi değerlendirmede hatalar oluşabilir. Bunu önlemek amacıyla diüretik uygulanıp 6–24 saat sonra görüntüleme alınabilir (35).

1.5.3. Dinamik Böbrek Sintigrafisi

Statik görüntüleme yöntemleri renal fonksiyon ve ürodinamikler konusunda bilgi vermez. Diüretikli dinamik böbrek sintigrafisi ile tek çalışmada her iki bilgiyi elde etmek mümkün olur. Dinamik böbrek sintigrafisi, böbreklerin kanlanması, parankim yapısının ve ekskresyonunun değerlendirilebildiği bir fonksiyonel görüntüleme yöntemidir (44). İnvaziv bir yöntem olan ve intrapelvik basıncın ölçülmesi prensibine dayanan whitaker testine alternatif olarak üst toplayıcı sistemden radyoaktif maddenin temizlenme hızının değerlendirilmesi temeline dayanır. Diüretikli renografide amaç, tam obstruksiyonu nonobstruktif dilatasyondan intravenöz furosemid uygulayarak ayırmaktır (45, 46).

Dinamik böbrek sintigrafisi, obstruktif patolojilerde böbrek fonksiyonlarının ve drenajın değerlendirilmesi, cerrahi veya girişimsel tedavi yöntemleri sonrası takipte, böbrek patolojileri veya böbrek fonksiyonlarının etkilenebildiği sistemik hastalıklarda böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, mesane disfonksiyonu ve vesikoüreteral reflüde böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesi ve takibinde, transplante böbrek fonksiyonunun değerlendirilmesinde endikedir (47).

Görüntüleme öncesinde hastanın yeterince hidrate olması sağlanmalıdır. Tübüler fonksiyonlar hidrasyondan etkilendiği için farklı sonuç alınmaması için yeterince hidrasyon sağlanmalıdır. İdrar yoğunluğu test öncesinde 1015'den yüksek olmamalıdır. Çalışma süresince 1-3 ml/dakika hızında idrar akımı olacak şekilde hasta hidrate edilmelidir. Yetişkinler için görüntülemeden 15-30 dakika öncesinden oral 500 ml sıvı alınarak, çocuklar için intravenöz 10 ml/kg olacak şekilde hidrasyon sağlanmalıdır (46).

Mesane görüntülemeye başlamadan önce boşaltılmalıdır. Çalışma öncesinde dolu olan veya hızla dolan veya mesane kompliyansının zayıf olduğu durumlar üst üriner sistem obstruksiyonu açısından yanlış pozitif sonuçlara neden olabilir (46).

Görüntüleme için teknesyum-99m ile işaretli DTPA, MAG3 veya EC radyofarmasötik olarak kullanılır. Tc-99m DTPA'nın erişkin dozu 10 mCi, Tc-99m MAG3 ve Tc-99m EC'nin erişkin dozu 2-5 mCi'dir. Çocuklar için doz vücut ağırlığına veya vücut yüzeyi alanına göre hesaplanır. Radyofarmasötik enjeksiyonu intravenöz olarak hızlı bolus tarzında verilmelidir (48).

Düşük enerjili-genel amaçlı paralel delikli kolimatör görüntüleme için kullanılır. Hasta sırt üstü yatar pozisyonda iken posterior projeksiyondan görüntü alınır. Transplante böbrek değerlendirilmesinde anterior projeksiyondan görüntü alınmalıdır. Görüntülemeye intravenöz radyofarmasötik enjeksiyonunu takiben abdominal aort vizualize olur olmaz başlanılır. Perfüzyon fazını değerlendirmek için ilk 60 saniye süresince 1-3 frame/saniye şeklinde tercihen bilgisayar hafızası yeterli ise 128x128 yeterli değilse 64x64 matrikste görüntüler alınır. Perfüzyon fazının ardından yine tercihen 128x128 veya 64x64 matrikste 10 saniye veya dakikada bir frame alınarak görüntülemeye 40 dakika kadar devam edilir (48).

Dinamik görüntüleme bitiminde hasta tuvalete gönderilerek mesane boşaltıldıktan sonra statik bir görüntü alınır. Diüretiğe cevabın değerlendirilmesi açısından miksiyon sonrası görüntü önemlidir. Kantitatif değerlendirmenin yapılabilmesi için enjeksiyon yapılan alan görüntülenmelidir. Böylece enjeksiyon alanında doz infiltrasyonu olup olmadığı anlaşılır. Ayrıca hastaya uygulanacak radyofarmasötiği içeren enjektör görüntülemeye başlamadan önce dolu iken ve görüntüleme tamamlandıktan sonra boş olarak görüntüsü alınır (47, 49).

Diüretik uygulaması için üç protokol vardır:

F+20:Furosemid, radyofarmasötik enjeksiyonundan 20 dakika sonra uygulanır.

F-15:Furosemid, radyofarmasötik enjeksiyonundan 15 dakika önce uygulanır.

F-0: Furosemid, sintigrafik çalışmanın başında uygulanır (42).

Bu üç protokol arasında birinin diğerlerinden daha iyi olduğunun herhangi bir kanıtı yoktur. Standart renografide F+20 protokolüne uygun olarak diüretik çalışmanın 20. dakikasında uygulanır. Furosemid henle kulpunun çıkan koluna etki eden potent loop diüretiğidir. Henle kulpunun çıkan kolunda Na, K ve Cl'un geri emilimini azaltarak diürece neden olur. Furosemidin etkisi 1-2 dakika içinde başlar ve maksimal etkisi 15-18. dakikalarda ortaya çıktığından bazıları F-15 protokolünü uygular. Bazı merkezlerde F-0 protokolü uygulanırken bazı merkezlerde ise çalışma başında uygulanan diüretiğin diferansiye fonksiyonlara etkisi olmadığı düşünülerek radyofarmasötik enjeksiyonundan 2 dakika sonra diüretik uygulanır. Furosemid yetişkinlerde 40 mg, 1-16 yaş arası çocuklarda 0,5mg/kg, 1 yaş altı çocuklarda ise 1 mg/kg dozunda uygulanır (46, 47).

1.5.3.1. Görüntü Analizi ve Verileri İşlemden Geçirme

Dinamik böbrek sintigrafisi ile böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesi iki farklı yönde ele alınabilir. Birincisi oransal böbrek fonksiyonu, glomerüler filtrasyon hızı, efektif renal plazma hızı gibi renal klirens parametreleri kantitatif olarak hesaplanabilir. İkinci olarak da renogram eğrisi ile ekskresyon fonksiyonu hem vizüel (görsel) hem de kantitatif olarak değerlendirilebilir. Tüm bu değerlendirmelerin yapılabilmesi için görüntüler üzerinde bazı işlemlerin yapılması gerekir (47, 50).

İlgi alanı (ROI) çizimi analiz için ilk yapılacak işlemdir. Olgudan olguya değişmekle birlikte böbrek ilgi alanı ilk bir dakikalık toplanmış görüntüler üzerinde çizilmelidir. Tüm böbreğin ve pelvisin ilgi alanı içine girmesine dikkat edilmelidir. ROI böbreği içine alan dikdörtgen şeklinde veya serbest olarak çizilebilir. Background ROI çizimi için de farklı alternatifler mevcuttur. Dikdörtgen, elips şeklinde veya böbrekten bir veya iki piksel uzaklığında perirenal C şeklinde çizilebilir. Hesaplamanın doğru olması açısından önerilen perirenal ROI'dir (46, 51).

Zemin aktivite düzeltilmesinin hiç yapılmaması veya inferior yerleşimli ilgi alanı yanlış hesaplamaya neden olabileceğinden önerilmemektedir (52). İleri derecede pelvik dilatasyonu mevcut olan küçük çocuklarda böbrek sınırları vücut sınırına çok yakın olduğundan inferior yerleşimli ROI daha uygun olacaktır. Kardiyak ilgi alanı, Rutland-Patlak yöntemi kullanılacaksa çizilmesi gerekir. Sol ventrikül üzerinden sayımın en yüksek olduğu bölgeden çizilir (47).

Rutin klinik uygulamada derinlik düzeltilmesi yapılması konusunda fikir birliği yoktur. Böbreklerin derinliklerinde farklılık olması oransal böbrek fonksiyonunu etkileyebilir. Bir santimetreden daha fazla olan derinlik farkı oransal böbrek fonksiyon hesaplamasında hataya neden olabilir. Ancak ektopik ve mobil böbrekler için derinlik düzeltilmesi yapılmalıdır (46).

Rutlak-Patlak yöntemi böbrek ilgi alanı dışında kardiyak ilgi alanı da çizilerek plazma klirens eğrisi kullanılarak yapılan hesaplama yöntemidir. Her iki böbrek için kalp-böbrek aktivitesi oranı hesaplanarak bir eğri oluşturulur. Eğimlerin oranı ile OBF hesaplanabilmektedir. Bu hesaplama yöntemi ile zemin aktivite düzeltilmesi de yapılmış olur (47).

İntegral-Area under curve yöntemi hemen hemen tüm gama kamera yazılımlarında mevcuttur. Zemin aktivite düzeltilmesi yapılarak, seçilen zaman aralığında her iki böbreğin sayımlarının toplam sayımlara oranı olarak hesaplanır (47).

Mean Slope yönteminde zemin aktivite düzeltilmesi yapılarak seçilen zaman aralığında ortalama eğim hesaplanır (53).

Normalize Slope yönteminde direk zemin aktivite düzeltilmesi ile değil ayrıca enjeksiyon sonrasında ilk bir dakika içinde radyoaktivite konsantrasyonunun kanda azalması da dikkate alındığından aynı zamanda kardiyak ilgi alanı da çizilerek böbrek sayımına oranı ile eğim hesaplanır (53).

Oransal böbrek fonksiyonu, radyofarmasötik enjeksiyonundan sonra 1–2 dakika içinde her bir böbrekteki radyoaktivite tutulumunun tespiti ile hesaplanır. 1–2 dakikalık süre içinde radyoaktivite henüz toplayıcı sisteme atılmaya başlamadığından böbreklerde damarsal yapı ve fonksiyon gören parankimde tutulmuştur. Böbreklerin toplam aktivitesi % 100 kabul edilerek her iki böbreğin tutulum yüzdesi hesaplanır.

Normal değerleri % 44–56 arasındadır. OBF takip edilen hastalar için tek taraflı fonksiyon kaybı izlemi açısından anlamlıdır. Bilateral fonksiyon bozukluğu durumunda normal değerler elde edilebilir. İleri derecede hidronefroz varlığında sonuç yanlış çıkabilir. Fonksiyonu azalmış ve incelmiş korteks varlığında ilgi alanı çizimi zorlaşır. Dilate pelvikalisiyel sistemdeki idrar birikimine bağlı genişlemiş ve lokalizasyonu değişmiş olan pelvis anteriordan atenuasyon (azaltma); hesaplamayı olumsuz olarak etkileyebilir (41, 50).

Renogram eğrisi, perfüzyon, konsantrasyon ve ekskresyon fazlarından oluşur. Perfüzyon fazı, ilk faz olup radyofarmasötiğin enjeksiyonundan 15–20 saniye sonra eğride hızlı bir yükselme ile karakterizedir ve takiben 20–40 saniye içinde perfüzyon piki oluşur. İkinci faz ise konsantrasyon fazıdır. Konsantrasyon fazında radyoaktivite böbreklerde 3–5 dakika içinde maksimum konsantrasyona ulaşır, yani 3–5 dakika arasında eğri pik değerine ulaşır. Üçüncü faz olan ekskresyon fazında 3–5 dakika içinde böbreklerdeki aktivite toplayıcı sistemden mesaneye atılmaya başlar. Bu fazda eğride hızlı bir düşüş olur. Renogram eğrisini, hastanın hidrasyon durumu, böbreklerin pozisyonu, çizilen böbrek ve background ilgi alanı etkiler. Renogram eğrisi, elde edilen görüntülerle birlikte görsel olarak değerlendirilebilir. Radyoaktif maddenin aorttan böbreklere ulaşması, böbreklerde dağılımı ve tutulum miktarı, böbreklerin morfolojisi, ekskresyonun başlaması, pelvis, üreterler ve mesanenin görünümü, diüretiğin ekskresyona etkisi görsel olarak değerlendirilebilir. Renogram eğrisi ile görsel olarak değerlendirmenin yanında kantitatif parametreler elde edilebilir. Zaman-aktivite eğrisi kullanılarak elde edilebilen parametreler; rölatif fonksiyon, T_{max}, T_{1/2}, 20/3 oranı, atım hızı etkinliği (output efficiency), NORA'dır (54).

T_{max}, radyofarmasötiğin böbrekte maksimum konsantrasyona ulaştığı zamandır ve 3–5 dakika normal kabul edilir (44).

T_{1/2}, böbreklerdeki maksimum konsantrasyonun yarısının atılması için geçen süredir. Bu sürenin 10 dakikanın altında olması normal olarak değerlendirilir ve T_{1/2} 10 ile 20 dakika arasında ise diüretiğe yanıt sınırdadır kabul edilir. Böbrek fonksiyonunun düzeyi, hastanın hidrasyon durumu, böbrek pelvisinin genişliği,

mesanenin doluluk durumu ve diüretiğin yapılaş zamanı göz önüne alındığında T1/2'nin 20 dakika üzerinde olması durumunda obstruksiyon ekarte edilemez (45).

Atım hızı etkinliği, böbreklerdeki radyofarmasötiğin böbrekten ve pelvisten atılım yüzdesidir. Olası obstruksiyonun tesbitinde duyarlılığı %91, özgüllüğü %94'tür. Sağlıklı bireylerde bu oran % 82-98 iken, obstruksiyon varlığında % 30-76 seviyesine iner (55).

Normalised residual activity (NORA), drenajın değerlendirilmesi için kullanılan bir parametre olup miksiyon sonrasında böbreklerdeki rezidu aktivitenin hesaplanması olarak tanımlanır (50).

1.5.4. Statik ve Dinamik Böbrek Sintigrafisi Klinik Uygulama Alanları

1.5.4.1. Obstruktif Üropati

Obstruktif üropati, idrarın normal akımının engellenmesi sonucu üriner traktusta fonksiyonel ve yapısal değişikliklerle sonuçlanan bir klinik durumdur. Hidronefroz, genellikle obstruktif üropati sonucu gelişen parankimal atrofi ile birlikte böbrek pelvis ve kalisiyel sisteminde anormal dilatasyon olmasıdır (56). Günümüzde ultrasonografi ile fetusta üriner obstruksiyon tanısı intrauterin dönemde koyulabilmektedir. Yetişkin yaş grubunda üriner obstruksiyonun insidansı ve nedenleri yaşa ve cinsiyete göre değişir. Genç ve orta yaş erkeklerde akut ancak geçici üriner obstruksiyonun en sık nedeni renal kalkül iken aynı yaş grubu kadınlarda pelvik kanser en sık nedendir. Daha ileri yaş erkeklerde ise obstruksiyonun en sık nedeni, prostat hipertrofisidir (56, 57).

Obstruktif üropati, obstruksiyonun yeri, süresi ve derecesine göre sınıflandırılabilir. Komplet tıkanıklık, ileri derecede obstruksiyon olarak tanımlanırken, inkomplet veya parsiyel tıkanıklık düşük dereceli obstruksiyon olarak tanımlanabilir. Kısa süreli tıkanıklıklar akut olarak tanımlanır ve genellikle kalkül veya kan pıhtısı nedeniyledir. Uzun sürede ve yavaş ilerleyen tıkanıklıklar kronik olarak tanımlanır. Genellikle konjenital üreteropelvik veya üreterovesikal anomaliler ve retroperitoneal fibrozis nedeniyledir. Üst üriner sistem obstruksiyonu, üreterovesikal bileşkenin daha yukarısındaki tıkanıklıklar olup genellikle unilateraldir. Alt üriner sistem obstruksiyonu, üreterovesikal bileşke ve daha aşağısındaki tıkanıklıklar olup genellikle bilateraldir (56, 57).

Üst üriner traktus obstruksiyonu, intrinsik veya ekstrinsik nedenlere bağlı olabilir. İntrinsik obstruksiyon nedenleri intraluminal veya intramuraldır. Genç yetişkinlerde renal kalküller intraluminal tıkanıklıkların ana nedenidir. Diğer intraluminal tıkanıklık nedenleri, kan pıhtısı ve hasarlanmış papilladır. İntramural tıkanıklıklar fonksiyonel veya anatomik nedenlerdir. Fonksiyonel bozukluklar, vesikoüreteral reflü ve adinamik üreteral segment (genellikle üreterin pelvis veya mesane bileşke yerinde) olarak ayrılır. Üst üriner sistemin anatomik nedenlere bağlı tıkanıklığı çok nadirdir. Nadiren radyoterapiye veya granümatöz bir hastalığa sekonder üreteral striktür tıkanıklığa neden olur. Ekstrinsik obstruksiyon nedenleri, obstruksiyona yol açan lezyonun orjinine göre sınıflandırılabilir. Ekstrinsik obstruksiyona yol açan lezyonlar en sık reproduktif sistemden kaynaklanır. Gebelik de çoğunlukla sağ üreterde olmak üzere obstruksiyonun sık nedenlerindedir (56).

Alt üriner traktus obstruksiyonu, üretra, prostat ve mesaneden kaynaklanan lezyonları içerir. Üretra striktürü genellikle kronik enstrümantasyon veya gonokok enfeksiyonu nedeniyledir. Mesanenin benign ve malign tümörleri tıkanıklığın nadir nedenlerindedir. İleri yaş erkeklerde prostat hipertrofisi tıkanıklığa neden olabilir. Nörojen mesane disfonksiyonu, ureterovezikal reflü, üreteral dilatasyon veya üst üriner traktusta basınç artışına yol açan durumdur (56).

Üriner obstruksiyonun tanısı standart intravenöz pyelografi veya ultrasonografi ile konulabilir. Ancak bu iki teknik ile obstruksiyon-nonobstruksiyon ayrımı yapılamaz. Ultrasonografi ile fonksiyonel bilgi elde edilemezken, intravenöz pyelografi ile rölatif olarak tahmini bir fonksiyonel bilgi elde edilebilir. Perfüzyon basınç ölçümü yapılan whitaker testi ile toplayıcı sistem basıncı hesaplanabilir. Fakat bu test oldukça invaziv bir yöntemdir. Renal radyonüklid sintigrafi ile üriner traktus obstruksiyonun tanısı konulmakla birlikte parankimal hasar varlığı, fonksiyonlarda bozulma miktarı, cerrahi müdahale gerekliliği ve cerrahi sonrası böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesi de mümkündür. Obstruksiyon tübüler fonksiyonlardan önce glomerüler fonksiyonları etkiler. Zaman-aktivite eğrisi ile obstruksiyon değerlendirilebilir. Genellikle perfüzyon fazı imajlarında etkilenen böbrek kısımlarında rölatif hipoperfüze alanlar izlenebilir. Erken parankimal (konsantrasyon) fazda da aynı görünüm devam eder. Bu faz obstruksiyon varlığında

uzar. Ekskresyon fazında eğrinin düşüşü normale oranla yavaşlar. İleri derecede obstruksiyon varlığında ise artan eğri paterni olur (54).

1.5.4.2. Pyelonefrit ve Renal Skarlanma

Üriner sistem enfeksiyonu, mesaneye sınırlı (sistit) olabilir veya üst toplayıcı sistemi (üreterit veya pyelit) ve renal parankimi (pyelonefrit) kapsayabilir. Akut pyelonefrit, üriner sistem enfeksiyonu olan çocuklarda major morbidite nedenidir ve renal skarlanma ile sonuçlanabilir. Pyelonefritik skarlanma neticesinde hipertansiyon, proteinüri, hipostenüri ve kronik böbrek yetmezliği gelişebilir. Tek skar olmasına oranla birden fazla skar olması bu sürecin gelişim riskini artırır. Son evre böbrek hastalığı mevcut hastaların % 10-20'sinde renal skarlanmaya vesikoüreteral reflü eşlik eder. Akut pyelonefritte erken tanı ve dikkatli tedavi ile renal skarlanma önlenir (30).

Bakteriler böbreklere hematogen yolla veya alt üriner sistem yolu (asendan enfeksiyon) ile ulaşır. Hematojen yol pek sık olmayıp septisemi veya enfektif endokardit seyri sırasında bakterilerin böbreklere yayılmasıyla olabilir. Asendan enfeksiyon bakterinin böbreğe ulaşmasında en sık yoldur. Distal üretrada yerleşmiş gram negatif koliform bakterilerin idrar akım yönünün tersine mesaneye geçmesi enfeksiyon oluşumunun zeminini hazırlar. Sistoskopi veya üreteral kateterizasyon gibi üreteral yolla yapılan girişimler bu geçişe neden olabilir. İdrar çıkış yolunun engellenmesi veya mesane işlev bozukluğu ile birlikte mesanenin doğal savunma mekanizmaları yenik duruma düşerek üriner sistem enfeksiyonu için uygun ortam oluşur. Mesane düzeyinde idrar akışının engellenmesi, idrarın yetersiz boşalmasına ve artmış rezidüel idrar volümüne neden olur. Mesane bakterilerle kontamine olduktan sonra üreterler yolu ile böbreklere ulaşır. Akışın engellenmesi dışında enfeksiyona zemin hazırlayıcı önemli bir faktör de vezikoüreteral orifis yetersizliğidir. Yetersiz bir vezikoüreteral orifis mesane idrarının üreterlere geri kaçışına izin verir. Bu durum vezikoüreteral reflü olarak adlandırılır (59).

Vezikoüreteral reflü idrar yapıldıktan sonra mesanede rezidü idrar kalmasına neden olup bakteriyel kontaminasyona zemin hazırlar. Ayrıca enfekte mesane idrarının yukarı doğru böbrek pelvislerine ve parankimine itilebileceği bir mekanizma oluşturur (58). Vezikoüreteral reflü nedeniyle böbreklerde oluşan hasar

kronik atrofik pyelonefrit veya reflü nefropatisi olarak adlandırılır. Reflü nefropatisinde tek veya her iki böbrek tutulabilir. İki taraflı tutulum olduğunda bile böbreklerde skarlanma eşit değildir (30, 58).

Akut pyelonefrit tanısı genellikle klinik bulgu ve semptomlara dayanılarak konulabilmektedir. Değişik laboratuvar testleriyle tanı desteklenebilir. Bazı görüntüleme teknikleriyle akut pyelonefritin alt üriner sistem enfeksiyonundan ayırımı yapılabilir. Voiding sistoüretrografi ile vesikoüreteral reflü tespit edilebilir. İntravenöz pyelografi ve ultrasonografinin akut pyelonefrit tanısında duyarlılığı düşüktür. Bilgisayarlı tomografi parankimal tutulumu değerlendirmede etkin ve duyarlı bir yöntemdir. Ancak hastalığın takibinde özellikle çocuklarda rutinde kullanılması pratik bir yöntem değildir. Radyonüklid görüntüleme yöntemlerinden olan Ga-67 sitrat ve In-111 ile işaretli lökosit sintigrafileriyle akut pyelonefrit tanısı konulabilir. Radyasyon dozunun yüksek olması, 24-48 saat sonra uygulanmaları ve böbrek fonksiyonları ve morfolojileri hakkında bilgi elde edilmemesi bu iki yöntemin kullanımını kısıtlamaktadır (30, 59).

Teknesyum-99m DMSA statik böbrek sintigrafisi, böbrek parankimi tutulumunun tespitinde ultrasonografi ve intravenöz pyelografiye oranla çok daha duyarlıdır. Akut pyelonefrit, fokal ya da multifokal kortikal defekti ya da daha nadir olarak aktivite tutulumunda diffüz azalma şeklinde görülebilir. DMSA tutulumundaki azalma akut inflamasyon alanlarındaki fokal tübüler hücre disfonksiyonu ve iskeminin sonucudur. Kesin tanının konulması sistemik hipertansiyon veya böbrek yetmezliği gelişme riskinin önlenmesi açısından oldukça önemlidir. Kalıcı kortikal skarda kortekste hacim azalması ve kontraksiyon gelişir. Kortikal skar ile aktif hastalığın ayırımının yapılması da önemlidir. DMSA ile görüntüleme tedaviden sonra en az 3-6 ay sonra skar oluşumunun takibi açısından tekrarlanmalıdır (54).

1.5.4.3. Renal Kitleler

Böbrekte yer kaplayan lezyonlar, ultrasonografi, bilgisayarlı tomografi veya manyetik rezonans görüntüleme ile tespit edilebilir. Yer kaplayan lezyonlarda fonksiyone ile nonfonksiyone böbrek dokusu ayırımını yapabilmek için Tc-99m

DMSA ile parankimal görüntüleme yapılabilir. Neoplazm, abse, kist, hematoma ya da infarkt böbrek parankiminde fotopenik alan şeklinde görüntülenir (44).

1.6. Üriner Sistem Obstrüksiyonları ve Hidronefroz

1.6.1. Üriner Sistem Obstrüksiyonları

İdrar yollarının obstrüksiyonu ve staz; hidronefroz, böbrek atrofisi ve dolayısıyla böbrek yetmezliğine sebep olacağından önemli ürolojik bozukluklar arasında yer alır (60). Ayrıca üriner obstrüksiyonlarda ortaya çıkan idrar stazı üriner enfeksiyona ve ürolitiazise yol açarak böbrek fonksiyonunun daha kısa sürede bozulmasına yol açmaktadır.

Üst üriner sistem obstrüksiyonu ürolojide sıkça görülen bir hastalıktır. Taş, tümör ve konjenital nedenler başta olmak üzere birçok nedenle oluşabilir. Obstrüksiyonun sınıflandırılması sebebe göre konjenital veya kazanılmış, süresine göre akut veya kronik, derecesine göre kısmi veya tam ve seviyesine göre supravezikal veya infravezikal şeklinde yapılır.

Akut obstrüktif üropati, renal hasarın en önemli nedenidir ve tedavi edilmezse son dönem böbrek yetmezliğine neden olabilir. Akut obstrüksiyonun en sık nedeni üriner sistem taş hastalığıdır (61). Obstrüktif nefropatinin yalnızca idrar akımındaki mekanik bozuklukla olmadığı; glomerüler-hemodinamik ve tübüler fonksiyon değişimi ile ortaya çıkan kompleks bir sendrom olduğu gösterilmiştir (62).

Üst üriner sistemin herhangi bir yerinde olan direnç artışı, obstrüksiyonun proksimalinde volüm ve basınç artışı ile sonuçlanır. Üreter ve intrarenal basınçdaki ani artmanın ardından, bu basınç yavaş yavaş düşer.

Basınçdaki düşmenin nedeni; renal pelvisin kompliansı, renal kan akımı ve Glomerül filtrasyon hızının (GFR) azalması, piyelo-lenfatik ve piyelo-venöz reflüdür. Akut komplet obstrüksiyondan sonra, obstrüksiyonun hemen üstünde ve pelviste gittikçe artan bir genişleme olur. Üreterin proksimali ve böbrek pelvisi kas yapısında hipertrofi ve hiperplazi meydana gelir. Üreter distaline doğru devam eden peristaltik aktivite obstrüksiyonun olduğu yerde retrograd peristaltizme dönüşebilir (61).

Akut obstrüksiyonun erken döneminde renal kan akımı, prostoglandin E2'nin tetiklediği vazodilatasyon nedeni ile geçici olarak (90 dakika) artar (63). Sonrasında tromboksan A2 ve anjiotensin II etkisi ile vazokonstrüksiyon gelişir (64). Renal kan akımı, 24 saat içinde %40-70 azalır (65).

Akut obstrüksiyon sonrası oluşan böbrek tübülündeki basınç artışı, GFR'nı azaltır. GFR ayrıca glomerül kapillerine giren kanın akış hızına da bağlıdır (66). Obstrüksiyondan sonra birkaç saat içinde azalmaya başlayan GFR, bir hafta sonra başlangıç degerinin %20'sine kadar düşer. Tübüllerde sodyum ve su reabsorpsiyonu artar ve tübüller antidiüretik hormona (ADH) karşı yanıtsız hale gelir. İdrar konsantre edilemez (63).

Akut total obstrüksiyonda, GFR ve renal kan akımındaki azalma geçici bir süre için geri dönüşümlüdür. Obstrüksiyonun devam etmesi durumunda tübüllerde atrofi, dilatasyon, interstisiyel fibrozis ve sonuçta glomerül kaybı meydana gelir. Böbrekte medüller ve kortikal atrofi oluşur (63). Giderek bozulan metabolik fonksiyonlar ise altıncı haftada geri dönüşümsüz hale gelir (61).

1.6.2. Hidronefroz

Hidronefroz üriner obstrüksiyonu takiben gelişen progresif dilatasyon ve buna bağlı böbrekte hasar oluşturan kronik inkomplet obstrüksiyonun sonuç bulgusudur. Hidronefroz, aseptik idrarın başlangıçta genişleyen böbrek pelvisinde meydana gelen boşlukta, sonra bizzat böbrek pelvisinde ve kalikslerde, nihayet genişlemeye başlayan böbreğin kendisinde birikmesine denir. Genel olarak, böbreğin pelvisi ile mesane arasında her noktada görülebilen bir obstrüksiyon hidronefrozun sebebi olabilir. Bu obstrüksiyon idrar yollarının herhangi bir noktasının dışarıdan kompresyonu veya içeriden oklüzyonudur. İnkomplet obstrüksiyon, bulunduğu yerin üzerindeki idrar akımını engeller. Basınç yükselmesi böbreklerde önce kaliksleri etkiler. Kalikslerin konkav görüntüsü bozulur, forniksler küntleşir veya yuvarlaklaşır, intrapelvik basınç yüksekliği devam ettikçe papillalar yassılaşır, konkav durumdan konveks bir görüntüye girer. İleri devrelerde ise kaliksler 3-4 santimetrelik hidronefrotik poşlar haline gelir. Kaliks içerisindeki basınç artımı ve genişlemeler ile oluşan iskemi papilla atrofisi ve kaliks genişlemeleri ile sonuçlanır. Genellikle

kalikslerdeki genişleme ile parankimal atrofi doğru orantılıdır ve intrapelvik basıncın artması sonucu böbrek parankimi renal kapsül ile kaliksler arasında sıkıştığından parankimal atrofi başlar. Normalde böbrek parankim kalınlığı 20 mm iken; kaliksleri 4-6 santimetrelilik poşlar halini almış hidronefrotik böbrekte 4-6 mm'ye kadar inceler. Obstrüksiyon düzeltilse dahi parankim kaybı aşırı olduğundan böbreğin düzelme şansı kalmaz. Az miktarda kalitesiz bir idrar çıkarabilir. Öndeki obstrüktif engel kalkınca boyutları çok büyük hidronefrotik böbrek küçülür ve atrofik görüntü verir. Bazen renal hipertansiyon ve enfeksiyona neden olarak organizma için fayda yerine zararlı olur (67, 68).

Hidronefrozun değerlendirilmesinde USG, işeme sistoüretrografisi (ISUG) ve böbrek sintigrafisi (dinamik, statik) en sık kullanılan üç ana inceleme yöntemidir. Son yıllarda fetal manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve manyetik rezonans ürografiden (MRU) de tanıda yararlanılmaktadır (69).

Hidronefroz, radyolojik olarak dört grade olarak değerlendirilir. Grade 1'de kalisiyel sistemde minimal küntleşme görülür. Grade 2'de kalisiyel sistemde hafif genişleme ile birlikte kalisiyel fornikslerde belirgin küntleşme vardır; fakat papillaların negatif gölgeleri kaliks içerisinde görülmeye devam eder. Grade 3'de papilla gölgelerinin görülmediği yuvarlaklaşmış kalisiyel sistem mevcuttur. Aşırı derecede kalisiyel balonlaşma ise Grade 4 olarak adlandırılır. Genellikle Grade 3 ve 4'te renal parankimde incelmeye vardır (70).

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi (FÜTF) Dekanlığı Etik Kurulu tarafından 28.02.2012 tarih ve 2011-2012/338 sayılı kararı ile onaylandıktan sonra Şubat 2012- Ekim 2012 tarihleri arasında Fırat Üniversitesi Hastanesi Nükleer Tıp Anabilim Dalında gerçekleştirildi. Tüm hastalardan imzalanmış, bilgilendirilmiş olur ve onam formu temin edildi. Operasyon veya medikal tedavi sonrası statik böbrek sintigrafisi tetkiki için gerekli finansal destek, Fırat Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi (FÜBAP)'ın TF.12.23 nolu projesi ile sağlandı.

2.1. Hasta Seçimi

Statik böbrek sintigrafisi tetkiki için gönderilen hastalardan, ultrasonografi veya İVP ile radyolojik kriterlere göre tek taraflı hidronefroz tanısı almış ve operasyon ya da girişim adayı yirmi hasta dahil edildi. Hastaların anamnezi, klinik bilgileri, boy ve ağırlık ölçüleri kaydedildi.

Hastalar deneyimli bir Üroloji uzmanı tarafından rutin fizik muayene sonrası ayrıntılı ürogenital sistem muayenesi, renal ultrasonografi ve gerekli görülürse İVP, BT ya da MR gibi görüntüleme yöntemleri uygulandı varsa ek üriner sistem patolojileri kaydedildi.

Rutin statik Tc-99m DMSA böbrek sintigrafisi çalışmaya dahil edilen yirmi hastaya hidronefrozu ortadan kaldıracak olan operasyon veya medikal tedavi öncesi ve operasyon veya medikal tedaviden 3-6 ay sonra olmak üzere toplam iki kez uygulandı. Hastaların onuna URS (üreterorenoskopik), dördüne perkütan nefrolitotomi, ve birine piyepoplasti girişimleri yapılmış olup beş hastaya taş nedeniyle medikal tedavi uygulandı.

2.2. Uygulanan DMSA Tekniği

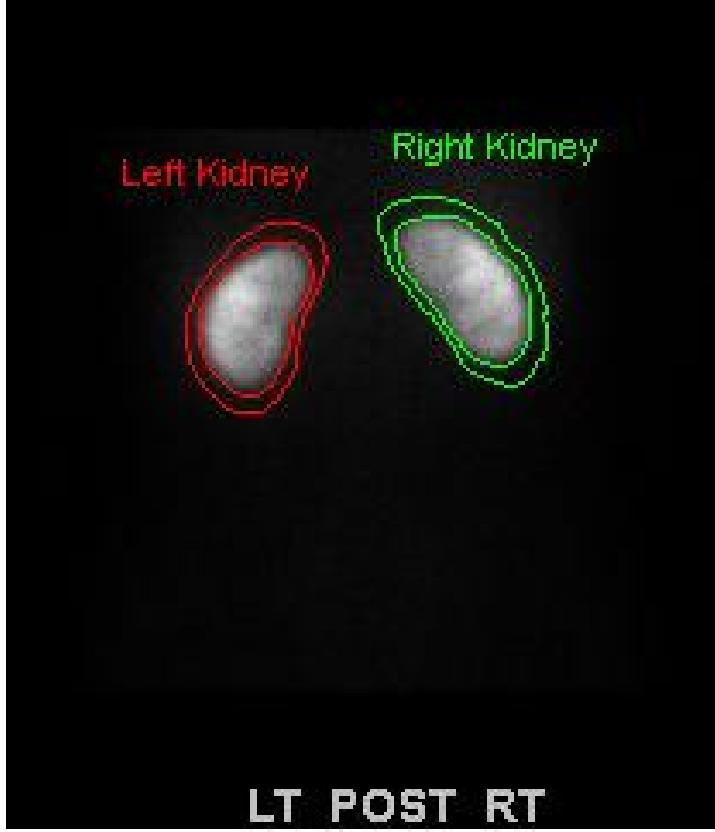
Sintigrafik çalışmada düşük enerjili yüksek çözünürlüklü paralel delikli kolimatörler takılı çift dedektörlü GE Infinia2 marka SPECT gama kamera (GE Medical Systems, Israel) kullanıldı. Böbrek sintigrafisinde hasta sırtüstü yatar pozisyonda iken görüntüleme yapıldı. Daha sonra gama kamera sisteminin çalışma istasyonu olan Xeleris programında ham verilerden OBF hesaplandı.

Yaşları 18-76 yaş arasında olan 20 (12 erkek, 8 kadın, ortalama yaş $42,6 \pm 18,5$) hastaya Tc-99m DMSA ile statik böbrek sintigrafisi çekildi. Sintigrafik görüntüleme Tc-99m DMSA ile statik böbrek sintigrafisi protokülüne uygun olarak yapıldı.

Teknesyum-99m ile DMSA kiti işaretlendikten sonra 10 dakika oda ısısında inkübasyona bırakılarak radyofarmasötik enjeksiyona hazır hale getirildi. Yetişkin hastalar için yaklaşık 5 mCi olmak üzere (kiloya göre hesaplanarak) doz ayarlandı. Sintigrafik çalışma için düşük enerjili yüksek çözünürlüklü paralel delikli kolimatörler kullanıldı. Enjeksiyondan önce enjektör dolu iken 256x256 matrikste 15 saniye süreyle gama kamerada sayım alındı. Hastalara intravenöz olarak radyofarmasötik enjekte edildikten sonra boşalan enjektör ve enjeksiyon yapılan vücut alanı 256x256 matrikste 15 saniye süreyle sayıldı. Enjeksiyonu takiben yaklaşık 3-4 saat sonra hasta sırtüstü yatar pozisyondayken beşer dakikalık anterior-posterior görüntüler paralel delikli yüksek çözünürlüklü (LEHR) kolimatörlerle alındıktan hemen sonra, sağ-sol posterior ve posterior oblik pozisyonlarda pinhol kolimatörle beşer dakikalık görüntüler alındı. Tüm projeksiyonlarda alınan görüntüler görsel olarak değerlendirilirken, kantitatif hesaplama (OBF) için sadece anterior-posterior görüntüler kullanıldı.

2.3. Böbrek Fonksiyonunun Hesaplanması

Kantitatif hesaplama gama kamera sisteminin çalışma istasyonu olan Xeleris'te Renal DMSA Uptake Analysis programı kullanılarak yapıldı. Hastaların yaş, boy ve ağırlıkları kaydedildi. Anterior-posterior görüntüde her iki böbrek parankiminin çevresinden parankim dışına taşmadan böbrek ROI'leri çizildi. Ayrıca zemin aktivite düzeltilmesi için böbrek ROI'leri dışında perirenal background ROI'leri çizildi (Şekil 1). Derinlik düzeltilmesi amacıyla programdaki Taylor metodu kullanıldı. Net enjekte edilen dozun hesaplanabilmesi için dolu ve boş enjektör sayımları gama kamera ile yapıldığından Camera based yöntemi seçildi. Tüm bu işlemlerin sonunda yüzde değer olarak OBF hesaplandı.



Şekil 1. Tc-99m DMSA sintigrafisinde böbrek ve perirenal background ROI çizimi.

Böbreklerin fonksiyonlarının karşılaştırılması iki yöntemle yapıldı:

1. Klasik Yöntem (KY): Her bir böbreğin sayımının zemin aktivite çıkarılması sonrası toplam böbrek sayımına oranı ile oransal böbrek fonksiyonları hesaplandı. OBF her bir böbrek için yüzde olarak hesaplandı.
2. Birim Alan Yöntemi (BA): Her bir böbrek için çizilen ilgili bölge içindeki alan (piksel) hesaplandı ve bu alan içerisindeki toplam sayımlar zemin aktivite çıkarımı sonrası bu alana bölünerek birim alandaki sayımlar ölçüldü. Her bir böbreğin birim alandaki sayımının toplam böbrek birim alan sayımına oranı ile BA OBF hesaplandı. BA OBF her bir böbrek için yüzde olarak hesaplandı.

Bu iki yöntem 20 hastaya tedavi öncesi ve tedaviden üç-altı ay sonra uygulanıp sonuçlar karşılaştırıldı. Sonuçlar deneyimli bir Nükleer Tıp uzmanı tarafından yorumlandı.

2.4. İstatistiksel Analiz

Her iki yöntem ile elde edilen aynı bireydeki tedavi öncesi ve tedavi sonrası KY ve BA OBF'u değerlerinin karşılaştırılmasında Pearson korelasyon ve Bland-Altman analiz yöntemleri kullanılmış olup Bland-Altman analizi saçılım grafikleri çizildi.

3. BULGULAR

Girişim veya operasyon öncesi ve sonrası Teknesyum-99m DMSA ile statik böbrek sintigrafisi toplam yirmi hastaya (yaş ortalaması $42,6 \pm 18,5$ yıl (yaş aralığı: 18 -76 yaş) yapıldı. Hastaların sekizi kadın, onikisi erkek hastaydı.

Hastaların onuna endoskopik üreteral taş tedavisi (URS), dördüne nefrostomi ve birine piyeloplasti girişimleri yapılmış olup beş hasta medikal yöntemlerde tedavi edilmiştir. Hastaların tedavi şekillerine göre sınıflandırılması Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Hastaların tedavi şekillerine göre dağılımı.

	Hasta Sayısı
Endoskopik Üreteral Taş tedavisi	10
Nefrolitotomi	4
Piyeloplasti	1
Medikal tedavi	5

Hastaların tamamı tek taraflı hidronefroz ön tanısı ile gelmişti. Hastaların ondokuzunda hidronefrozun nedeni taş hastalığı ve birinde UPJ darlık idi. Tedavi öncesi tek taraflı hidronefroz olguların dokuzunda (% 45) sağ böbrek, onbirinde (% 55) ise sol böbrek yerleşimli idi ve olgularda grade 1 ile grade 3 arasında değişen hidronefroz vardı. (Tablo 2).

Tablo 2. Hidronefroz derecelerine göre olgu sayıları

Derece	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Olgu sayısı	12	6	2

Yapılan korelasyon analizinde tedavi öncesi KY ile BA OBF’ları arasında doğrusal kuvvetli bir ilişki saptanmış olup ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r = 0,8411- 0,9775, p < 0,0001$). Aynı zamanda tedavi sonrası KY ile BA OBF’ları arasında doğrusal kuvvetli bir ilişki saptanmış olup ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($r = 0,9959- 0,9997, p < 0,0001$)

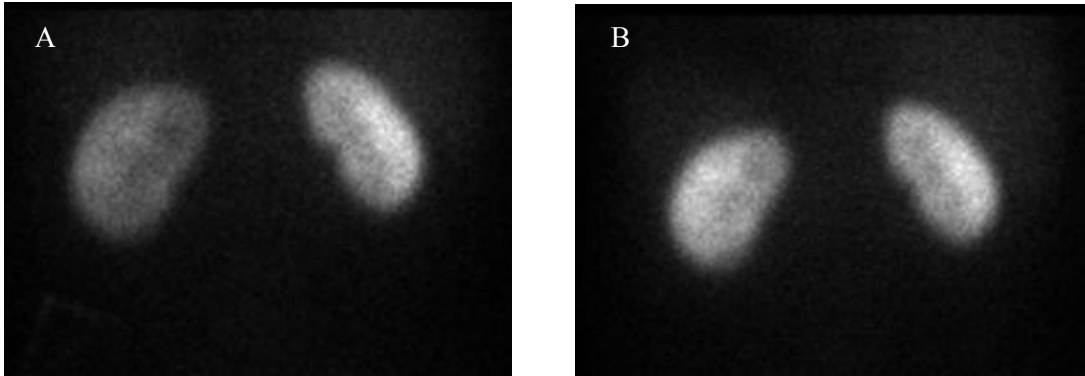
Bland Altman analizi sonuçları Tablo 3 ’te tedavi öncesi ve sonrası KY OBF ve BA OBF ortalamaları, alt ve üst sınır standart sapma değerleriyle birlikte verilmiştir.

Tablo 3. Tedavi Öncesi ve sonrası KY ve BA ile hesaplanan OBF'larının ortalamaları ve alt ve üst sınır standart sapmaları

	Mean	Uyum Sınırları		N
		(d± 1,96*S.Sapma)		
		Alt Limit	Üst Limit	
Tedavi öncesi KY-BA	2,3	-2,9	7,5	20
Tedavi sonrası KY-BA	-0,53	-1,79	0,73	20

Yapılan Bland Altman analizi sonucunda tedavi öncesi KY OBF ile operasyon öncesi BA OBF arasındaki istatistiksel olarak uyum saptanmadı. Tedavi sonrası KY OBF ve sonrası BA OBF değerleri arasında istatistiksel olarak uyum saptanmıştır. Ek olarak tedavi öncesi KY OBF değerlerinin Standard sapması yüksek bulunmuş olup BA OBF değerlerinin Standard sapması ise normal olarak bulunmuştur. Tedavi sonrası değerler bakımından her iki yöntemin Standard sapmasının normal olduğu görülmüştür.

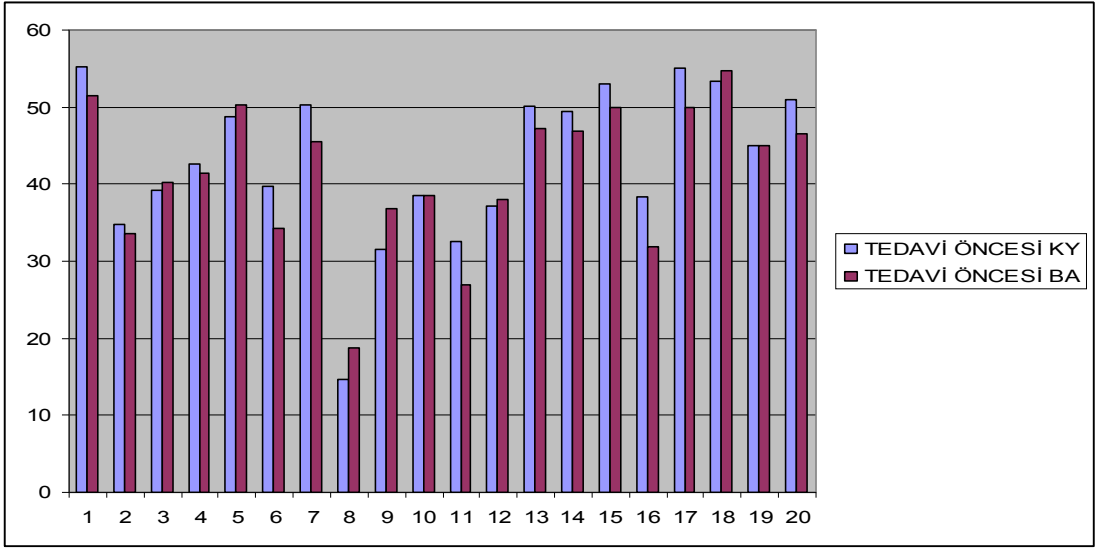
Şekil 2’de Grade I hidronefrozu olan bir hastanın operasyon öncesi ve sonrası görüntüleri verilmiştir.



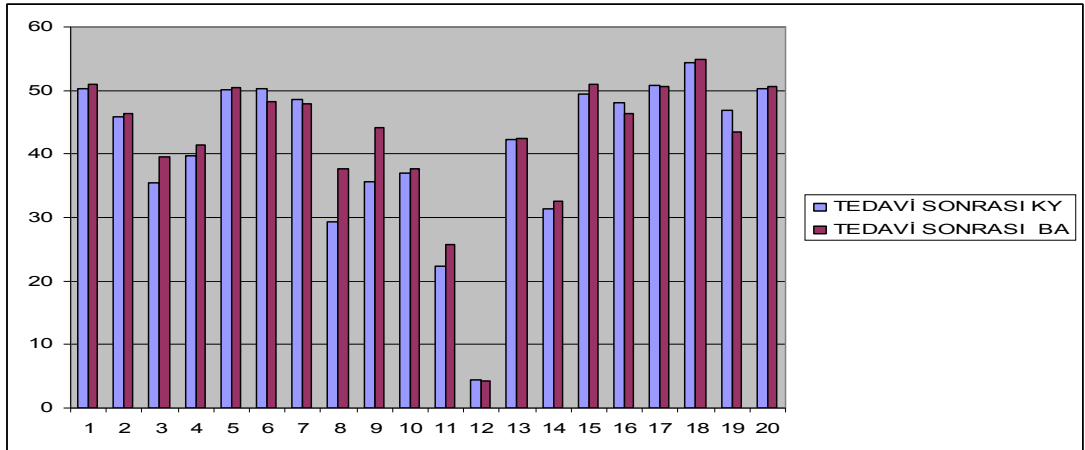
Şekil 2. Grade I hidronefrozu olan bir hastanın operasyon öncesi (A) ve sonrası (B) görüntüleri.

Tedavi öncesi KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının karşılaştırılması Şekil 3’te, tedavi sonrası KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının karşılaştırılması Şekil 4’te verilmiştir.

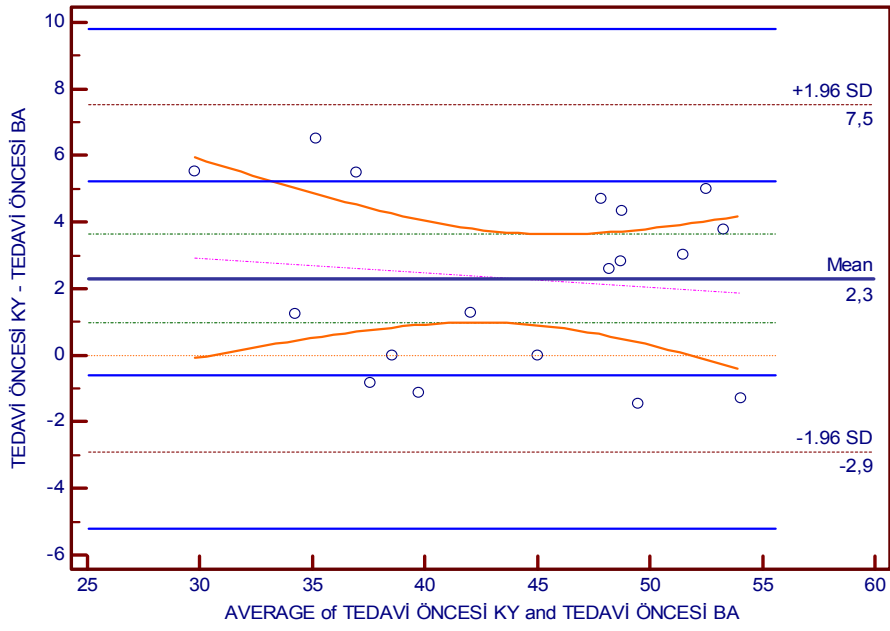
Tedavi öncesi KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonları ve tedavi sonrası KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının Bland-Altman analiz yöntemi ile hesaplanan saçılım grafikleri Şekil 5 ve 6’da verilmiştir.



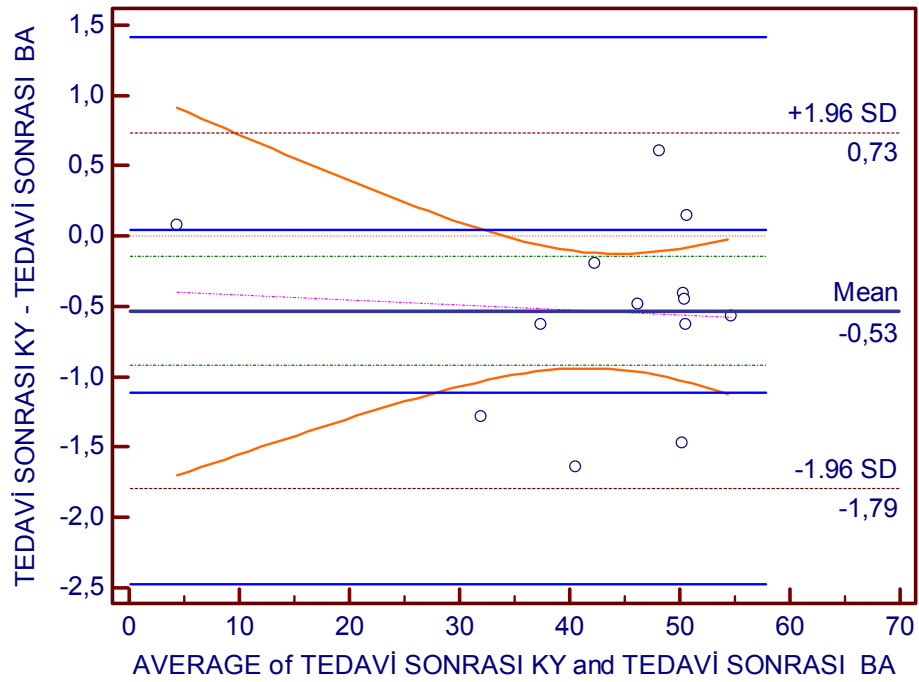
Şekil 3. Tedavi öncesi KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının karşılaştırılması



Şekil 4. Tedavi sonrası KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının karşılaştırılması



Şekil 5. Tedavi öncesi KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının Bland-Altman analiz yöntemi ile hesaplanan saçılım grafiği.



Şekil 6. Tedavi sonrası KY ile BA yöntemlerinin oransal böbrek fonksiyonlarının Bland-Altman analiz yöntemi ile hesaplanan saçılım grafiği.

4. TARTIŞMA

Statik Dimerkaptosüksinik asit (DMSA) sintigrafisi, özellikle idrar yolu enfeksiyonunda böbrekte oluşan kortikal hasarın ve böbrekteki kortikal skar alanlarının belirlenmesinde referans bir metottur. Ayrıca, ^{99m}Tc-DMSA kullanılarak yapılan böbrek yüzde fonksiyon hesaplamaları göreceli olarak basit, tekrarlanabilir ve güvenilirdir. Daha az zemin aktivite izlenmesi nedeniyle diüretikli renografi yerine kullanılması önerilmektedir (71). Ancak, obsrtrüksiyonlu bir toplayıcı sistemde biriken radyoaktif maddenin tutulumu nedeniyle ^{99m}Tc-DMSA böbrek fonksiyonu sonuçları normale göre yüksek olabilir (72).

Bazı bölümlerde hastalar sadece tekrarlanan çalışmalarda böbrek fonksiyonunda bozulma görülen hastalar operasyona yönlendirilir ve OBF hesaplamalarının operasyon zamanını belirlemek için önemli olduğu bilinmektedir. OBF dinamik böbrek sintigrafisi ile tübüler ajanlar kullanılarak hesaplanabilir. Buna rağmen dinamik sintigrafi ile OBF hesaplamalarının tekrarlanabilir olduğu gösterilmiş olmakla birlikte, birçok faktörün hesaplama hassaslığını etkileyebileceği ve standard haline gelmiş bir tekniğin olmadığı görülmektedir (73).

Oransal Böbrek Fonksiyonu (OBF) ile ilgili bir diğer sorun da supranormal böbrek fonksiyonudur. Bu tıkalı bir böbrekteki supranormal fonksiyonun gerçek bir fonksiyon artışı mı yoksa hesaplama hatası mı olduğu belirsizdir (74, 75). Tek taraflı hidronefrotik böbreklerde tanımlanan supranormal böbrek fonksiyonunun teknik bir problem mi yoksa gerçek bir durum mu olduğu konusunda kesin bir sonuca varılamamıştır. Oysa hidronefrotik böbreklerde fonksiyonun doğru tespit edilmesi gereği ortadadır. Ancak hidronefrotik böbreğin fonksiyonu takip edilirken oransal böbrek fonksiyon oranları dikkate alınmakta ve bu oran %30-40'ın altına indiği zaman cerrahi operasyon kararı verilmektedir (76). Steckler ve ark. (76) tek taraflı hidronefrotik böbreğin oransal fonksiyonunun karşı taraf normal böbreğe göre daha yüksek çıkmasının yanıtıcı olduğunu ve tedavide bu fonksiyon yüzdesinin tek başına dikkate alınmaması gerektiğini bildirmişlerdir.

Oransal böbrek fonksiyon hesaplamasında sonuçları etkileyebilecek çeşitli teknik parametreler söz konusudur (77). Örneğin zemin aktivite biçimi ve özellikle sağ böbreğin karaciğer komşuluğu nedeniyle çizilen zemin aktivitelerin böbreğe

uzaklığı, radyofarmasötik türü, hidrasyon düzeyi, zaman aralığı seçimi, gibi parametreler OBF sonuçlarını önemli ölçüde değiştirebilmektedir (78). Khan ve ark. (79) fonksiyonel doku kaybına uğrayan hidronefrotik bir böbreğin karşı taraf normal böbrekten daha iyi çalışıyor görünmesinin bilimsel bir açıklaması olmadığını, bu durumun teknik bir problem olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu durumun öncelikle uygunsuz çizilen zemin aktivite ilgi alanlarından kaynaklanan teknik bir sorun olduğunu belirtmişlerdir. Perirenal ROI çizildiği takdirde fonksiyonu yüksek hidronefrotik böbreğe rastlamadıklarını bildirmişlerdir. Ancak Capolicchio ve ark. (80) bu vakalarda perirenal zemin aktivite çiziminin sonucu değiştirmedığını bildirmektedirler. Diğer yandan, özellikle yeni doğanlarda ciddi derecede dilate böbreklerin vücut yüzeyine yakınlığı nedeniyle bu böbreklerde perirenal zemin aktivite çiziminin her zaman mümkün olamayacağı da bilinmektedir (81).

Güngör ve ark. (82) prenatal USG ile unilateral hidronefrozu olduğu tespit edilen ve yaşları 1 ile 7 ay arasında olan onsekiz çocuğa toplam 57 Tc 99m MAG3 sintigrafisi yapmışlardır. OBF'nunu ölçmek için Rutland-Patlak and integral metotlarının yanı sıra background çıkarması yapmadan da analizler yapmışlar. Büyük boyutlu hidronefrotik böbreğe çizilen ilgi alanının büyüklüğünün OBF'nun yüksek çıkmasına sebep olduğunu ve bu durumun teknik orijinli bir problem olduğunu tespit etmişlerdir.

Maenhout ve ark. (77) oransal böbrek fonksiyonunun normal kabul edilen böbrekteki bir fonksiyon azlığından kaynaklandığını ileri sürmektedirler. Supranormal böbrek fonksiyonu saptadıkları böbrekte Cr-51 EDTA (kromium-51 etilen daimin tetra-asetik asit) ile GFR ölçmüşler ve elde ettikleri oransal böbrek fonksiyonlarına göre her bir böbreğin GFR değerlerini hesaplamışlardır. Normal böbreklerde bu tek böbrek GFR değerlerinin sınırdan düşük olduğunu saptamışlar, dolayısıyla normal kabul edilen bu böbreklerin aslında hipofonksiyon gösterdiğini, bu nedenle de hidronefrotik taraf böbreğin fonksiyonunun yüksek çıktığını savunmuşlardır. Ancak sağlıklı olduğundan emin olmadığımız için araştırdığımız hidronefrotik böbreğin değerlerinden yola çıkarak karşı taraftaki normal böbreği hidronefrotik böbrekle karşılaştırarak normal böbreğin GFR değerini hesaplamak önemli bir çelişki oluşturmaktadır.

Groshar ve ark. (83) unilateral üreteropelvik bileşke obstrüksiyonu bulunan ve DTPA sintigrafisi ile %53'ten fazla oransal böbrek fonksiyonu olan 10 olguda kantitatif DMSA SPECT sintigrafisi ile uptake ölçümü yapmışlar ve bu olgularda supranormal fonksiyonlu böbrek uptake'inin karşı taraf normal böbrek uptake'ine göre anlamlı düzeyde yüksek çıktığını bildirmişlerdir. Dolayısıyla supranormal böbrek fonksiyonunun telafi mekanizmalarından doğan paradoksal ve aşırı çalışan, gerçek bir fonksiyon artışı olduğunu, bu durumun bir artefakt olmadığını ileri sürmüşlerdir. Oysa supranormal fonksiyonlu böbrek uptake'inin karşı taraf normal böbrek uptake'ine göre anlamlı düzeyde yüksek çıkması zaten DMSA sintigrafisi için de geçerlidir.

Yamazaki ve ark. (84) sekiz haftalık farelerde unilateral parsiyel üreteral tıkanma oluşturduktan 4 hafta sonra Tc-99m DMSA enjeksiyonu yapmışlar. Enjeksiyondan 2 ve 24 saat sonra böbrek görüntülerini almışlar ve oransal böbrek fonksiyonlarını parankimal ve bütün böbreğe (parankimal ve toplayıcı sistem) göre ölçmüşler. İkinci saate göre 24. saatte tıkalı böbrek pelvisinde daha yüksek DMSA akümülyasyonunu tespit etmişler. Ancak, DMSA uptake'inin parankimaya nazaran toplayıcı sistemde aşırı derecede az olduğunu bulmuşlar. Bizim çalışmamızda tedavi sonrası KY OBF'nun ortalama değerinin (41,41) tedavi öncesi KY OBF ortalama değerinden (43,01) daha düşük olması Yamazaki ve arkadaşlarının çalışmasını desteklemektedir. Ancak hastanın ertesi gün geri dönmesinin gerekmesi DMSA sintigrafisi uygulamasının pratikliğini azaltacaktır.

Kabasakal ve ark. (85) dilate toplayıcı sistemi olan veya diüretikli sintigrafide obstüriktif eğri paterni gösteren 19 olguda Tc-99m DMSA enjeksiyonundan 2-4 saat sonra DMSA sintigrafisi yapmışlar. Standart çalışmadan hemen sonra, bütün hastalara furasemid enjekte ederek, 30 dakika sonra aynı sayıda görüntüler elde etmişlerdir. OBF, her çalışma için sadece posterior görüntüler kullanılarak, böbrek derinliği düzeltilmesi olmadan, hem furasemid uygulaması yapıldıktan sonra hem de furasemid uygulaması olmadan hesaplamışlar. Diüretik uygulaması öncesi ve sonrası OBF değerlerinin ortalama farklılığı bütün hastalarda sadece % 0,3 ve tıkanmış toplama sistemine sahip hastalarda sadece % 0,1 olarak bulmuşlardır. Dilate veya obstüriktif toplayıcı sisteme sahip olan hastalarda DMSA görüntüleme kullanılarak

yapılan diferansiyel renal fonksiyonun belirlenmesinin doğruluğunda diüretik uygulamasının hiç bir etkisinin olmadığını bu çalışmada göstermişlerdir.

Oh ve ark. (86) unilateral konjenital hidronefroza sahip 44 olguda MAG3 sintigrafisi yapmışlar. Tc-99m MAG3 sintigrafisi yapılan hastalarda böbreklerin perirenal ve lateral arka planlarını çizmişlerdir. Yaş, cinsiyet, tıkanma, bölge ve hidronefrotik böbreğin boyu etkileri genelleşmiş ortalama hesaplama metodlarıyla analiz etmişler. Obstrüktif renografik modele sahip hidronefrotik böbrek değişken OBF'nunun perirenal ROİ uygulaması ya da arka plan çıkartma uygulaması yapılmadığı zaman ($p < 0.05$) arttığını görmüşler. Hidronefrotik böbreğin boyutu arttıkça oransal böbrek fonksiyonunun daha yüksek çıktığını fakat obstrüktif modele sahip böbrek fonksiyonunun Tc-99m MAG3 böbrek sintigrafisinin sonraki takip aşamalarında böbrek boyutunun eskiye nazaran büyümesinden dolayı abartılı bir değere ulaştığını belirtmişlerdir. Yaş, cinsiyet ya da lateralitenin değişken böbrek fonksiyonu üzerine etkisinin anlamlı bulunamadığını, hidronefrotik böbrekte böbrek boyutu arttıkça OBF'nunun da arttığını, bu artışın gerçek bir fonksiyon artışı olduğunu ve daha büyük hidronefrotik böbreklerde görülmesi nedeniyle patolojik bir artış olabileceğini belirtmişlerdir.

Hidronefroz, aseptik idrarın başlangıçta genişleyen böbrek pelvisinde meydana gelen boşlukta, sonra bizzat böbrek pelvisinde ve kalikslerde, nihayet genişlemeye başlayan böbreğin kendisinde birikmesine denir. Genel olarak, böbreğin pelvisi ile mesane arasında her noktada görülebilen bir obstrüksiyon hidronefrozun sebebi olabilir. Bu obstrüksiyon idrar yollarının herhangi bir noktasının dışarıdan kompresyonu veya içeriden oklüzyonudur. İnkomplet obstrüksiyon, bulunduğu yerin üzerindeki idrar akımını engeller. Basınç yükselmesi böbreklerde önce kaliksleri etkiler. Kalikslerin konkav görüntüsü bozular, forniksler küntleşir veya yuvarlaklaşır, intrapelvik basınç yüksekliği devam ettikçe papillalar yassılaşır, konkav durumdan konveks bir görüntüye girer. İleri devrelerde ise kaliksler 3-4 santimetrelik hidronefrotik poşlar haline gelir. Kaliks içerisindeki basınç artımı ve genişlemeler ile oluşan iskemi papilla atrofisi ve kaliks genişlemeleri ile sonuçlanır. Genellikle kalikslerdeki genişleme ile parankimal atrofi doğru orantılıdır ve intrapelvik basıncın artması sonucu böbrek

parankimi renal kapsül ile kaliksler arasına sıkıştığından parankimal atrofi başlar. Normalde böbrek parankim kalınlığı 20 mm iken; kaliksleri 4-6 santimetrelilik poşlar halini almış hidronefrotik böbrekte 4-6 mm'ye kadar incelir. Obstrüksiyon düzeltilse dahi parankim kaybı aşırı olduğundan böbreğin düzelmeye şansı kalmaz. Az miktarda kalitesiz bir idrar çıkarabilir. Öndeki obstrüktif engel kalkınca boyutları çok büyük hidronefrotik böbrek küçülür ve atrofik görüntü verir (67, 68). Tc-99m DMSA proksimal tübül hücrelerinde tutulur (4). Ancak hidronefrotik böbrekte obstrüksiyon nedeniyle dilate olmuş alanlarda da sıvı birikimi ve bu sıvı içinde de proksimal tubulus hücrelerindeki kadar olmasada Tc-99m DMSA birikimi mevcuttur. OBF'ları ölçüldüğünde proksimal tubulus hücrelerinde olmayan ancak dilate olmuş alandaki sıvıda da Tc-99m DMSA'nın birikmesi nedeniyle bu alandaki sayımlarında OBF'nuna eklendiğini ve dolayısıyla böbreğin gerçek fonksiyonundan daha yüksek bir değerin ortaya çıktığını düşünüyoruz.

Tek taraflı hidronefrozu böbreklerde hidronefrozu böbreğin oransal böbrek fonksiyonunun normal böbreğe göre yüksek çıkmasının nedeninin hidronefrozu böbrekte böbrek alanının genişlemesi ve genişleyen bu alanda düşük yoğunluklu radyoaktif maddenin birikmesinden kaynaklandığını düşünüyoruz. Bu nedenle biz oransal böbrek fonksiyonlarını ölçerken birim alandaki uptake'ı ölçerek böbrek alanının böbrek fonksiyonu üzerindeki etkisini ekarte ettiğimizde böbreğin gerçek fonksiyonuna daha fazla yaklaşacağımızı düşündük.

Çalışmamızda tek taraflı hidronefrozu olan 20 hastada klasik yöntemle ölçülen oransal böbrek fonksiyonları ile birim alanda ölçülen oransal böbrek fonksiyonları gibi iki yöntemin etkinliklerinin hem tedavi öncesi hem de tedaviden yaklaşık 3-6 ay sonra çekilen Tc 99m DMSA sintigrafisi ile karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda operasyon öncesi KY ile BA OBF değerleri birbirleriyle uyumsuz bulunmuş olup tedavi sonrası KY ile BA OBF değerleri uyumlu olarak saptanmıştır.

Sonuç olarak; çalışmamızda KY OBF ile BA OBF tedavi öncesi ve sonrası değerleri karşılaştırıldığında BA OBF'nunun tedavi öncesi değerlendirmede daha doğru bir yaklaşım sağladığı tedavi sonrası hastaların hidronefrozu kaybolduktan sonra KY'in benzer sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Tedavi öncesi dönemde tedavi kararını belirlemede OBF değerlendirmesinin kararı etkileyici bir parametre

olması bakımından hidronefrotik bir böbrekte KY'le OBF değerlendirmesinin güvenilir olmadığı ve BA yöntemi ile değerlendirme yapılması gerektiğini gösterdik. KY ile karşılaştığımız hidronefrotik böbrekte supranormal fonksiyon bir hesaplama hatasıdır ve böbreğin alanına bölünerek düzeltilebilir.

5. KAYNAKLAR

1. Küpeli S, Küpeli B. Üriner obstrüksiyonlar. Anafarta K, Bedük Y, Arıkan N (editörler), Temel  roloji. Ankara: Güneş Kitabevi, 1998; 7: 270.
2. Treves ST. Pediatric Nuclear Medicine. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1995: 339-342.
3. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, Th. Wackers FJ, Gottschalk A. Diagnostic Nuclear Medicine. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2003: 1082-1091
4. Kıratlı P, G k ora N, Alan N. Guideline for renal cortical scintigraphy in children. Turk J Nuc Med 2001;10: 167-170.
5. Taylor A. Quantitation of renal function with static imaging agents. Semin Nucl Med 1982;12: 330-344.
6. Groshar D, Frankel A, Iosilevsky G. Quantitation of renal uptake of technetium-99m DMSA using SPECT. J Nucl Med 1989; 30: 246-250.
7. Palmer LS, Maizels M, Cartwright PC. Surgery versus observation for managing obstructive Grad 3 to 4 unilateral hydronephrosis: a report from the Society for Fetal Urology. J Urol 1998; 6: 159-222.
8. Kabalin JN. Retroperiton, böbrek ve üreterlerin cerrahi anatomisi Metin S, Anafarta MK, Yaman M  ( eviren) s.3-40, İstanbul, Campbell  roloji, 8. Baskı, Güneş Kitabevi, 2005.
9. Dere F. Anatomi. 4. Baskı, Adana: Aydoğdu Ofset, 1996: 655–674.
10. Junqueira LC, Carneiro J, Kelley RO. Temel Histoloji. Aytekin Y ( eviren), s. 437–461, İstanbul: Barış Kitabevi, 1993.
11. Sadler TW. Langman’s Medikal Embriyoloji. Başaklar AC ( eviren) s. 260–297, İstanbul: Palme Yayıncılık, 1996.
12. Petorak İ. Medikal Embriyoloji. İstanbul, Beta Yayıncılık, 1986: 210–219.

13. Guyton AC, Hall JC. Tıbbi Fizyoloji. Çavuşoğlu H, Aydın Z (Çeviren) s. 315–330, İstanbul, Nobel Tıp Kitapevi, 1996.
14. Guyton AC, Hall JC. Tıbbi Fizyoloji. Çavuşoğlu H, Aydın Z (Çeviren) s. 331–348, İstanbul, Nobel Tıp Kitapevi, 1996.
15. Tuncel E. Klinik Radyoloji. Bursa: Nobel&Güneş Kitapevleri, 2008: 543-546.
16. Campbell MG, Powers TA. Renal radionuclides and in vitro quantitation. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, Wackers FJ, Gottschalk A. Diagnostic Nuclear Medicine. 4. Edition. Lippincott Williams and Wilkins, 2003: 851–864.
17. Blafox MD. Procedure of choice in renal nuclear medicine. J Nucl Med 1991; 32: 1301–1309.
18. Jafri RA, Britton KE, Nimmon CC, Solanki K, Al-Nahas A, Bomanji J, et al. LA. Technetium-99m MAG3, a comparison with Iodine-123 and Iodine-131 Orthiodohippurate, in patients with renal disorders. J Nucl Med 1988; 29: 147–158.
19. Domigues FC, Fujikawa GY, Decker H, Alonso G, Pereria JC, Duarte PS. Comparison of relative renal function measured with either Tc-99m- DTPA or Tc-99m-EC dynamic scintigraphies with that measured with Tc-99m- DMSA static scintigraphy. Int Braz J Urol 2006; 32: 405–409.
20. Erbaş B, Sayman H, Alan N, Dirlik A, Ergün E, Güngör F. Dinamik böbrek sintigrafisi kılavuzu. Turk J Nucl Med 2001; 10: 85–91.
21. Gordon I, Anderson PJ, Lythgoe MF, Orton M. Can Technetium-99m- Mercaptoacetyltriglycine replace Technetium-99m- Dimercaptosuccinic acid in the exclusion of a focal renal defect? J Nucl Med 1992; 33: 2090–2093.
22. Bubeck B, Brandau W, Weber E, Kalble T, Parekh N, Georgi P. Pharmacokinetics of Technetium-99m-MAG3 in humans. J Nucl Med 1990; 31: 1285–1293.
23. Weiner RE, Thakur ML. Radiopharmaceuticals. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, Wackers FJTh, Gottschalk A (Editors). Diagnostic Nuclear Medicine. 4. Edition. Lippincott Williams and Wilkins, 2003: 97–115.

24. Eshima D, Taylor A. Technetium-99m Merkaptoacetyltriglicine: update on the new Tc-99m renal tubular function agent. *Semin Nucl Med* 1992; 22: 61–73.
25. Kibar M, Tutus A, Paydas S, Reyhan M. Captopril-enhanced Technetium-99m-N N-Ethylenedicysteine renal scintigraphy in patients with suspected renovascular hypertension: a comparative study with Tc-99m MAG3. *Turk Nucl Med* 1997; 6: 132–137.
26. Kabasakal L, Atay S, Vural VA, Ozker K, Sonmezoglu K, Demir M, et al. Evaluation of Technetium-99m-Ethylenedicysteine in renal disorders and determination of extraction ratio. *J Nucl Med* 1995; 36: 1398–1403.
27. Ozker K, Onsel C, Kabasakal L, Sayman HB, Uslu I, Bozluolcay S, et al. Technetium-99m-N, N- Ethylenedicysteine- a comparative study of renal scintigraphy with Technetium-99m-MAG3 and Iodine–131 in patients with obstructive renal disease. *J Nucl Med* 1994; 35: 840–845.
28. Kabasakal L. Technetium-99m-ethylenedicysteine: a new renal tubular function agent. *Eur J Nucl Med* 2000; 27: 351–357.
29. Büyükdere G, Güney IB. Role of Technetium-99m, N-Ethylenedicysteine renal scintigraphy in the evaluation of differential renal function and cortical defects. *Clin Nucl Med* 2006; 31: 134–138.
30. Majd M, Rushton HG. Renal cortical scintigraphy in the diagnosis of acute pyelonephritis. *Semin Nucl Med* 1992; 22: 98–111.
31. Ziesmann HA, Balseiro J, Fahey FH, Van Le T, Dubiansky V. Tc-99m-Glucoheptonate for quantitation of differential renal function. *AJR* 1987; 148: 889–893.
32. Lee HB, Blaufox MD. Mechanism of renal concentration of Technetium-99m Glucoheptonate. *J Nucl Med* 1985; 26: 1308–1311.
33. Suur RM, Gutsch HU. Tubular reabsorption of technetium-99m-DMSA. *J Nucl Med* 1995; 36: 1654–1658.

34. Arnold RW, Subramanian G, McAfee JG, Blair RJ, Thomas FD. Comparison of ^{99m}Tc complexes for renal imaging. *J Nucl Med* 1975; 16: 357–365.
35. Piepsz A, Blafox MD, Gordon I, Granerus G, Majd M, O'Reilly P, et al. Consensus on renal cortical scintigraphy in children with urinary tract infection. *Semin Nucl Med* 1999; 29: 160–174.
36. Piepsz A. Cortical scintigraphy and urinary tract infection in children. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17: 560–562.
37. Rushton HG. The evaluation of acute pyelonephritis and renal scarring with technetium ^{99m}-dimercaptosuccinic acid renal scintigraphy: evolving concepts and future directions. *Pediatr Nephrol* 1997; 11: 108–120.
38. Mandell GA, Egli DF, Gilday DL, Heyman S, Leonard JC. Procedure guideline for renal cortical scintigraphy in children. *J Nucl Med* 1997; 38: 1644–1646.
39. Piepsz A, Colarinha P, Gordon I, Olivier P, Roca I, Sixt R, van Velzen J. Guideline on Tc-^{99m}-DMSA scintigraphy in children. *Eur J Nucl Med* 2001; 28: 37–41.
40. Kıratlı P, Gökçora N, Alan N, Dirlik A, Erbaş B, Ergün E, et al. Çocuklarda kortikal sintigrafi kılavuzu. *Turk J Nucl Med* 2001; 10: 168–170.
41. Majd M. Nuclear medicine in pediatric nephrology and urology. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, Wackers FJ, Gottschalk A (editors). *Diagnostic Nuclear Medicine*. 4. Edition, Lippincott Williams and Wilkins, 2003: 1083–1116.
42. Pusuvan P, Reyes L, Gordon I. Normal appearance of technetium-^{99m} dimercaptosuccinic acid in children on planar imaging. *Eur J Nucl Med* 1999; 26: 483–488.
43. Rossleigh MA. Renal cortical scintigraphy and diuresis renography in infants and children. *J Nucl Med* 2001; 42: 91–95.
44. Mettler FA, Guiberteau MJ. (editors) Genitourinary system and adrenal glands. *Essentials of Nuclear Medicine Imaging*. 5. Edition, Saunders-Elsevier, 2006: 293–324.

45. Shulkini BL, Mandell GA, Cooper JA, Leonard JC, Majd M, Parisi MT, et al. Procedure guideline for diuretic renography in children 3,0. *J Nuc Med Technol* 2008; 36: 162–168.
46. O'Reilly, Aureli M, Britton K, Kletter K, Rosenthal L, Testa T. Consensus on diuresis renography for investigating the dilated upper urinary tract. *J Nucl Med* 1996; 37: 1872–1876.
47. Gordon I, Colarinha P, Fettich J, Fischer S, Frökier J, Hahn K, et al. Guideline for standart and diuretic renogram in children. *Eur J Nucl Med* 2001; 28: 21–30.
48. Erbaş B, Sayman H, Alan N, Dirlik A, Ergün E, Güngör F, et al. Diüretikli dinamik böbrek sintigrafisi kılavuzu. *Turk J Nucl Med* 2001; 10: 57–62.
49. Piepsz A, Arnello F, Tondeur M, Ham HR. Diuretic renography in children. *J Nucl Med* 1998; 39: 2015–2016.
50. Piepsz A. Radionuclide studies in paediatric nephrourology. *Eur J Radio* 2002; 43: 146–153.
51. Caglar M, Gedik GK, Karabulut E. Differential renal function estimation by dynamic renal scintigraphy: influence of background definition and radiopharmaceutical. *Nucl Med Commun* 2008; 29: 1002–1005.
52. Taylor A, Thakore JK, Folks R, Haklar R, Manatunga A. Background subtraction in technetium-99m- MAG3 renography. *J Nucl Med* 1997; 38: 74–79.
53. Prigent A, Cosgriff P, Gates GF, Granerus G, Fine EJ, Itoh K, et al. Consensus report on quality control of quantitative measurements of renal function obtained from the renogram: international consensus committee of radionuclides in nephrourology. *Semin Nucl Med* 1999; 29: 146–159.
54. Barron BJ, Kim EE, Lamki LM. Renal nuclear medicine. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, Wackers FJ, Gottschalk A (editors). *Diagnostic Nuclear Medicine*. 4. Edition. Lippincott Williams and Wilkins, 2003: 865–901.
55. Hilson AJW. Functional renal imaging with nuclear medicine. *Abdom Imaging* 2003; 28: 176–179.

56. Klahr S. Obstructive uropathy. Alpern R, Herbert S (editors). Seldin and Giebisch's The Kidney, Elsevier, 2008: 2247–2282.
57. Klahr S. Obstructive nephropathy. Int Med 2000; 39: 355–361.
58. Kumar V, Cotran RS, Robbins SL. Temel Patoloji. Çevikbaş U (Çeviren) s.437-485, İstanbul, Nobel Tıp Kitapevi, 1995.
59. Cendron M. Reflux nephropathy. J Pediat Urology 2008; 4: 414–421.
60. Peters A, Craig A. Urinary tract obstruction in children. J Urology 1995; 154: 1874-1883.
61. Küpeli S, Küpeli B. Üriner obstrüksiyonlar. Anafarta K (editor). Temel Üroloji. Ankara: Güneş kitabevi, 1998; 267-294.
62. Harris KP, Klahr S, Schreiner G. Obstructive nephropathy: from mechanical disturbance to immune activation? Exp Nephrol 1993; 1: 198-204.
63. Gulmi FA, Felsen D, Vaughan ED. Üriner sistem obstrüksiyonunun patofizyolojisi. Walsh PC (editors). Campbell Üroloji. 8. Baskı, İstanbul: Güneş Kitabevi, 2005: 411-462.
64. Klahr S, Harris K, Purkerson ML. Effects of obstruction on renal functions. Pediatr Nephrol 1988; 2: 34-42.
65. Talner L, O'Reilly PH. Urinary tract obstruction. HM Pollack, BL. McLennan, (editors). Clinical Urography. Philadelphia: WB Saunders, 2000: 46-80.
66. Klahr S. Urinary tract obstruction. Seminars in Nephrology 2001; 21: 133-145.
67. Küpeli S, Küpeli B. Üriner obstrüksiyonlar. Anafarta K (editör). Temel Üroloji, Ankara: Güneş Kitabevi, 1998; 7: 270.
68. Elder JS, Dahms B. Histologic renal parenchymal changes secondary to UPJ obstruction. J Urol 1993; 149: 640.
69. Emir H, Büyükcinal C. Doğum öncesi belirlenen hidronefrozun değerlendirilmesi. Türk Pediatri Arşivi 2006; 41: 18-23.

70. Tuncel E. Klinik Radyoloji. Bursa: Nobel&Güneş Kitapevleri, 2008: 587.
71. Sedlac-Vadoc V, Basic M, Kaludjerski S, Marusic G, Negrojevic M, Borota R. The effect of radiopharmaceutical choice on the assessment of the relative renal function in upper urinary tract obstruction. *Eur J Nucl Med* 1988; 14:z32–36.
72. Piepsz A, Ham HR, Roland JH, Froideville JL, Kinthaert J, Hall M, et al. Technetium-99m DMSA imaging and the obstructed kidney. *Clin Nucl Med* 1986; 11: 389–391.
73. Lythgoe MF, Gordon I, Khader Z, Smith T, Anderson PJ. Assessment of various parameters in the estimation of differential renal function using technetium-99m mercaptoacetyltriglycine. *Eur J Nucl Med* 1999; 26: 155–162.
74. Jafri RA, Britton KE, Nimmon CC, Solanki K, Al-Nahhas A, Bomanji J, et al. Technetium- 99m MAG3, a comparison with Iodine-123 and Iodine-131 Orthiodohippurate, in patients with renal disorders. *J Nucl Med* 1988; 29: 147–158.
75. Domigues FC, Fujikawa GY, Decker H, Alonso G, Pereria JC, Duarte PS. Comparison of relative renal function measured with either Tc-99m- DTPA or Tc-99m-EC dynamic scintigraphies with that measured with Tc-99m- DMSA static scintigraphy. *International Braz J Urol* 2006; 32: 405–409.
76. Steckler RE, McLorie GA, Jayanthi VR, Gilday DL, Ash JM, Churchill BM, Khoury AE. Contradictory supranormal differential renal function during nuclear renographic investigation of hydronephrosis. *J Urol* 1994;152: 600-602.
77. Maenhout A, Ham H, İsmaili K, Hall M, Dierckx RA, Piepsz A. Supranormal renal function in unilateral hydronephrosis: does it represent true hyperfunction? *Pediatr Nephrol* 2005; 20: 1762-1765.
78. Nguyen HT, Gluckman GR, Kogan BA. Changing the technique of background subtraction alters calculated renal function on pediatric mercaptoacetyltriglycine renography. *J Urol* 1997;158:1252-1256.
79. Khan J, Charron M, Hickeson MP, Accorsi R, Qureshi S, Canning D. Supranormal renal function in unilateral hydronephrotic kidney can be avoided. *Clin Nucl Med* 2004; 29: 410- 414.

- 80.** Capolicchio G, Jednak R, Dinh L, Salle JL, Brzezinski A, Houle AM. Supranormal renographic differential renal function in congenital hydronephrosis: fact, not artifact. *J Urol* 1999; 161: 1290-1294.
- 81.** Eskild-Jensen A, Gordon I, Piepsz A, Frokiaer J. Interpretation of the renogram: problems and pitfalls in hydronephrosis in children: *BJU Int* 2004; 9: 887-892.
- 82.** 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 congenital hydronephrosis. *Nucl Med Commun* 2002; 2: 147-151.
- 83.** Groshar D, Issaq E, Nativ O, Livne PM. Increased renal function in kidneys with ureteropelvic junction obstruction: fact or artifact? Assessment by quantitative single photon emission computerized tomography of dimercapto- succinic acid uptake by the kidneys. *J Urol* 1996;155: 844-846.
- 84.** Yamazaki Y, Shi BB, Yago R, Toma H. Reliability of 99mtechnetium dimercapto-succinic acid uptake 2 hours after injection in hydronephrosis. *J Urol* 1997; 158: 1248-1251.
- 85.** Kabasakal L, Turkmen C, Ozmen O, Alan N, Onsel C, Uslu I. Is furosemide administration effective in improving the accuracy of determination of differential renal function by means of technetium-99m DMSA in patients with hydronephrosis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2002; 29: 1433-7.
- 86.** Oh SJ, Moon DH, Kang W, Park YS, Park T, Kim KS. Supranormal differential renal function is real but may be pathological: assessment by 99m technetium mercaptoacetyltriglycine renal scan of congenital unilateral hydronephrosis. *J Urol* 2001; 165: 2300-2304.

6. EKLER

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

(Hekimin Açıklaması)

Bu katıldığımız çalışma bilimsel bir araştırma olup, adı “Tek taraflı hidronefroza Tc-99m DMSA sintigrafisinde oransal böbrek fonksiyonlarının klasik yöntemle karşı birim alan formülü ile girişim öncesi ve sonrası değerlendirilmesi”dir.

Nükleer tıp tetkikleri böbrek hastalıklarının tanı ve takibinde önemli rol oynamaktadır. Bu yöntemler, yüksek duyarlılıkla böbrekte radyolojik olarak görülebilir lezyon oluşmadan önce doku hasarını gösterebilmektedir. Nükleer tıp tetkikleri göreceli olarak düşük radyasyon maruziyeti ile hem fonksiyonel hem de anatomik bilgi sağlayabilen tek tanı aracıdır. Bu yöntemler, çocuk hasta veya böbrek yetmezliği olan hastalar gibi özel gruplarda bile güvenle kullanılabilir.

Oransal böbrek fonksiyonu, özellikle böbrek fonksiyonu iyi olmayan hastaların böbreğin alınması ya da onarıma yönelik cerrahi operasyona alınmasında kararı etkileyen önemli bir göstergedir.

Bu çalışmada; böbreklerin dokusunun fonksiyonunu en iyi gösteren tetkik olan statik böbrek sintigrafisi yapılacak ve hastaların tetkik sonuçları farklı bir metodla değerlendirilecektir. Bu araştırma kapsamında kolunuza kan alır gibi damar yolu ile uygulanacak ilaçtan yaklaşık 3-4 saat sonra kamera altında yaklaşık 20 dakika süren çekiminiz yapılacak ve bilgisayar ortamında veriler analiz edilecektir. Size uygulanacak ilacın radyasyon dozu (radyasyonun dokular üzerine etkisi) düşük olup bu tetkikler normalde hastalığınızın tanı ve tedavi takibi için kullanılan yöntemlerdir. Bu tetkiklerin size kısa vadede veya uzun vadede ciddi bir yan etkisi beklenmemektedir. Bu çekimler hem ameliyat öncesi hem de ameliyattan yaklaşık üç ay sonra olmak üzere toplam iki kez yapılacaktır.

Yaptığımız literatür taramalarında, tek taraflı hidronefrozu (idrar yolu tıkanıklığı sebebiyle böbreğin şişmesi) olan hastalarda hidronefrozu böbreğin sağlam böbreğe göre yüzde fonksiyonunun bazen normal böbreğe göre yüksek çıktığını ve bunun nedeninin tam olarak açıklanamadığını gördük. Bu amaçla, Fırat Üniversitesi Hastanesi Nükleer Tıp Ana Bilim Dalına başvuran ve tek taraflı hidronefrozu tespit edilip ameliyat olacak hastaların ameliyat öncesi ve ameliyattan yaklaşık 3 ay sonra oransal böbrek fonksiyonlarının iki yöntemle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Bu araştırmanın sonuçları yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacak ve kimliğiniz her zaman gizli tutulacaktır. Bu araştırmaya katılmanızdan dolayı sizden herhangi bir ücret talep edilmeyecektir. Aynı şekilde size de herhangi bir ödeme yapılmayacaktır.

Sizin de bu çalışmaya gönüllü olarak katılmanızı istiyoruz. Bu çalışmayı yapabilmek için size verilen bu formu imzalamanız yeterlidir. Bu çalışmanın gerek yapılmasının gerekse sonuçlarının hastalığınıza ve size uygulanan tedaviye bir etkisi olmayacak ve tedavinizde değişiklik oluşturmayacaktır. Araştırmaya katılmak tamamen isteğe bağlıdır.

Bu çalışmaya katılmayı reddedebilirsiniz, reddettiğiniz takdirde size uygulanan tedavide herhangi bir değişiklik olmayacaktır. Yine çalışmanın herhangi bir aşamasında çalışmadan ayrılma ve onayınızı çekme hakkına da sahiptir.

Bu çalışmaya katılmayı reddedebilirsiniz, ancak kabul ettiğinizde katıldığınıza dair bir imza alınacaktır.

(Katılımcının/Hastanın Beyanı)

Sayın Dr. Ferat KEPENEK tarafından Fırat Üniversitesi Hastanesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nda tıbbi bir araştırma yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya "katılımcı" (denek) olarak davet edildim.

Eğer bu araştırmaya katılırsam hekim ile aramda kalması gereken bana ait bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırasında da büyük özen ve saygı ile yaklaşılacağına inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin gizlilikle korunacağı konusunda bana yeterli güven verildi.

Çalışmanın yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirim. Ancak araştırmacıları zor durumda bırakmamak için araştırmadan çekileceğimi önceden bildirmemin uygun olacağını bilincindeyim. Ayrıca tıbbi durumuma herhangi bir zarar verilmemesi koşuluyla araştırmacı tarafından araştırma dışı tutulabilirim.

Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana da bir ödeme yapılmayacaktır.

Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakıma ve hekim ile olan ilişkime herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum.

Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Kendi başıma belli bir düşünme süresi sonunda adı geçen bu araştırma projesinde ‘‘katılımcı’’ (denek) olarak yer alma kararını aldım. Bu konuda yapılan daveti büyük bir memnuniyet ve gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. İmzalı bu form kağıdının bir kopyası bana verilecektir.

Katılımcı/Hasta

Adı, Soyadı:

Telefon:

Adres:

İmza:

Katılımcı ile görüşen hekim

Adı, Soyadı, nvani:

Ferat KEPENEK, Araştırma Görevlisi Doktor

Tel: 0-424-2333555/2091

Adres: Fırat n. Hastanesi Nükleer Tıp Anabilim

Dalı

İmza:

Görüşme tanığı

Adı, Soyadı:

Telefon:

Adres:

İmza:

7. ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Mardin’de doğdum. İlköğrenimimi Derik Namık Kemal İlkokulu’nda, orta öğrenimimi Diyarbakır Namık Kemal Lisesi’nde tamamladım. 1998 yılında Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi’ne girdim. 2005 yılında tıp eğitimimi tamamladıktan sonra aynı yıl mecburi hizmet kapsamında Mardin Akıncı Sağlık Ocağına’na atandım. 2008 yılında Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitimime başladım.