

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

**DMSA BÖBREK SİNTİGRAFİSİNE DAYANILARAK  
DİFERANSİYE RENAL FONKSİYON AÇISINDAN DTPA İLE  
MAG3 SİNTİGRAFİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ  
Dr. Bedriye Büşra DEMİREL**

**TEZ DANIŞMANI  
Yrd. Doç. Dr. Tansel Ansal BALCI**

**ELAZIĞ  
2009**

**DEKANLIK ONAYI**

Prof. Dr. İrfan ORHAN

**DEKAN**

Bu tez Uzmanlık Tezi standartlarına uygun bulunmuştur.

Yrd. Doç. Dr. Tansel Ansal BALCI

**Nükleer Tıp Anabilim Dalı Başkanı**

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

Yrd. Doç. Dr. Tansel Ansal BALCI

**Danışman**

**Uzmanlık Sınavı Jüri Üyeleri**

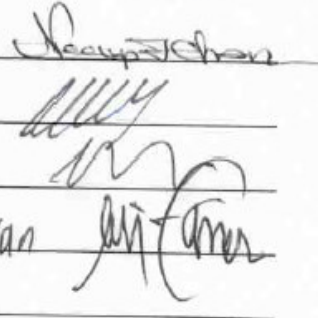
Prof. Dr. Necip İLHAN

Prof. Dr. Hüseyin KULER

Prof. Dr. Halil Bektaşoğlu

Doç. Dr. Emin Tamer Elkvan

.....



## **TEŞEKKÜR**

Uzmanlık eğitimim süresince ve tezimin hazırlanmasında yardım ve desteğini esirgemeyen hocam Nükleer Tıp Anabilim Dalı Başkanı Yrd. Doç. Dr. Tansel Ansal BALCI'ya, tezimin istatistik çalışmasında yardımcı olan ağabeyim Öğr. Gör. Erkan Turan DEMİREL'e, anabilim dalımızda görevli arkadaşlarıma ve her zaman yanımda olan anne ve babama teşekkür ederim.

## ÖZET

Böbrek sintigrafileri, görüntüleme yöntemleri içinde fonksiyonel bilgi sağlanması açısından ayrıcalığa sahiptir. Hastaların izlenmesinde, böbrek fonksiyonlarının değişiminin belirlenmesinde, tekrarlanabilir, duyarlılığı yüksek yöntemlerdir. Diferansiye böbrek fonksiyonu, böbreklerin rölatif kortikal tutulumlarının sintigrafik olarak kantitatif hesaplanmasıdır. Böbrek parankim görüntülemesinde kullanılan Tc-99m DMSA, diferansiye böbrek fonksiyonunun hesaplanmasında en güvenilir radyofarmasötiktir. Dinamik böbrek sintigrafisi için kullanılan ajanlarla da aynı hesaplamayı yapmak mümkündür.

Bu çalışmada, Tc-99m DMSA'ya dayanılarak dinamik böbrek sintigrafisi ajanları olan Tc-99m DTPA ile Tc-99m MAG3'ün diferansiye böbrek fonksiyonu açısından karşılaştırması amaçlanmıştır. 57 hastaya (23 kadın, 34 erkek) Tc-99m DTPA ve Tc-99m DMSA sintigrafisi, 30 hastaya (15 kadın, 15 erkek) ise Tc-99m MAG3 ve Tc-99m DMSA sintigrafisi uygulandı. Tc-99m DTPA uygulanan hastaların yaş ortalaması  $18,8 \pm 17,1$  (yaş aralığı: 3 ay-60 yaş), Tc-99m MAG3 uygulanan hastaların yaş ortalaması  $15,7 \pm 14,8$  (yaş aralığı: 3 ay-59 yaş) idi. Tc-99m DTPA ve Tc-99m MAG3 ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonları, Tc-99m DMSA ile korelasyon ve regresyon analizi kullanılarak karşılaştırıldı. Tc-99m DTPA, Tc-99m DMSA ile oldukça uyumlu bulundu ( $p = 0,968$ ,  $R^2 = 0,94$ ). Tc-99m MAG3 ile Tc-99m DMSA birbirlerine tama yakın uyumlu bulundu ( $p = 0,989$ ,  $R^2 = 0,98$ ).

Sonuç olarak DMSA, diferansiye böbrek fonksiyonu belirlenmesinde en güvenilir farmasötik olarak kabul edilmesine rağmen, DTPA veya MAG3 ile yapılan dinamik böbrek sintigrafisinde de güvenilir sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca bu tetkiklerle böbreğin fonksiyonel durumu da belirlenebilir. MAG3 sintigrafisi, hem fonksiyonel hem de parankim yapısı hakkında DTPA'ya göre daha iyi bilgi verdiği için dolayı daha çok tercih edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Tc-99m DMSA, Tc-99m DTPA, Tc-99m MAG3, diferansiye böbrek fonksiyonu

## ABSTRACT

### COMPARISON OF DTPA AND MAG3 SCINTIGRAPHIES VIA MEASUREMENT OF DIFFERENTIAL RENAL FUNCTION BY BASED ON DMSA STATIC RENAL SCINTIGRAPHY

Renal scintigraphies have privilege in imaging methods because of its property of providing functional information. They are repeatable and high sensitivity methods for the follow-up of the patients and to determine alterations of renal functions. Differential renal function (DRF) is a quantitative measurement of renal cortical uptake scintigraphically. Tc-99m DMSA which is used to image renal parenchyma, is the best radiopharmaceutical for the measurement of DRF. This measurement could be done using radiopharmaceuticals which are for dynamic renal scintigraphy.

In this study, we aim to compare Tc-99m DTPA and Tc-99m MAG3 which are the agents of dynamic renal scintigraphy by means of the measurement of DRF based on Tc-99m DMSA. We performed Tc-99m DTPA and Tc-99m DMSA scintigraphy to 57 patients (23 female, 34 male) and Tc-99m MAG3 and Tc-99m DMSA scintigraphy to 30 patients (15 female, 15 male). The average age of the patients whose performed Tc-99m DTPA scanning and Tc-99m MAG3 scanning were  $18,8 \pm 17,1$  (range: 3 month-60 age) and  $15,7 \pm 14,8$  (range: 3 month-59 age) respectively. Differential renal functions which were calculated with Tc-99m DTPA and Tc-99m MAG3 were compared with Tc-99m DMSA by using correlation and regression analysis. Tc-99m DTPA was found very concordant with Tc-99m DMSA ( $p = 0,968$ ,  $R^2 = 0,94$ ). Tc-99m MAG3 and Tc-99m DMSA were found nearly exactly concordant with each other ( $p = 0,989$ ,  $R^2 = 0,98$ ).

In conclusion, although DMSA is accepted as the most reliable radiopharmaceutical for the determination of DRF, DTPA or MAG3 dynamic renal scanning has reliable results as well. In addition to DRF, we learn about renal dynamics with the use of these two agents. MAG3 may be preferable to DTPA because of its characteristic of showing the renal parenchyma better than DTPA.

**Key Words:** Tc-99m DMSA, Tc-99m DTPA, Tc-99m MAG3, differential renal function.

## İÇİNDEKİLER

<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Üriner Sistem Anatomisi	3
1.1.1. Böbrekler	3
1.1.2. Üreterler	5
1.1.3. Mesane	5
1.1.4. Üretra	6
1.2. Üriner Sistem Embriyolojisi	6
1.2.1. Böbrekler	6
1.2.2. Mesane ve Üretra	7
1.3. Üriner Sistem Fizyolojisi	7
1.3.1. Böbreklerin Fonksiyonları	8
1.3.2. İdrar Oluşumu	9
1.3.3. Glomerüler Filtrasyon	9
1.3.4. Tübüler Sekresyon ve Reabsorbsiyon	11
1.4. Dinamik ve Statik Böbrek Sintigrafisi	12
1.4.1. Radyofarmasötikler	12
1.4.1.1. Glomerüler Filtrasyonla Atılan Radyofarmasötikler	12
1.4.1.2. Tübüler Sekresyonla Atılan Radyofarmasötikler	12
1.4.1.3. Böbrek Parankimine Bağlanan Radyofarmasötikler	14
1.4.2. Statik Böbrek Sintigrafisi	15
1.4.3. Dinamik Böbrek Sintigrafisi	17
1.4.3.1. Görüntü Analizi ve Verileri İşlemden Geçirme	20
1.4.4. Statik ve Dinamik Böbrek Sintigrafisi Klinik Uygulama Alanları	22
1.4.4.1. Obstruktif Üropati	22
1.4.4.2. Pyelonefrit ve Renal Skarlanma	24
1.4.4.3. Renal Kitleler	26
<b>2. GEREÇ ve YÖNTEM</b>	<b>27</b>
2.1. Statik Böbrek Sintigrafisi	27
2.2. Dinamik Böbrek Sintigrafisi	28

<b>3. BULGULAR</b>	<b>31</b>
<b>4. TARTIŞMA</b>	<b>39</b>
<b>5. KAYNAKLAR</b>	<b>45</b>
<b>6. ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>51</b>

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b>	DTPA grubundaki hastaların yaş gruplarına göre dağılımı	<b>31</b>
<b>Tablo 2.</b>	MAG3 grubundaki hastaların yaş gruplarına göre dağılımı	<b>31</b>
<b>Tablo 3.</b>	DTPA ve DMSA ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonlarının cinsiyet gruplarına göre ortalamaları	<b>32</b>
<b>Tablo 4.</b>	DTPA ve DMSA ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonlarının ortalamaları	<b>33</b>
<b>Tablo 5.</b>	MAG3 ve DMSA ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonlarının cinsiyet gruplarına göre ortalamaları	<b>33</b>
<b>Tablo 6.</b>	MAG3 ve DMSA ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonlarının ortalamaları	<b>34</b>
<b>Tablo 7.</b>	Sol böbrek için DMSA ve DTPA değerlerinin karşılaştırılması	<b>34</b>
<b>Tablo 8.</b>	Sağ böbrek için DMSA ve DTPA değerlerinin karşılaştırılması	<b>35</b>
<b>Tablo 9.</b>	Sol böbrek için DMSA ve DTPA değerlerinin korelasyon sonucu	<b>35</b>
<b>Tablo 10.</b>	Sol böbrek için DMSA ve MAG3 değerlerinin karşılaştırılması	<b>36</b>
<b>Tablo 11.</b>	Sağ böbrek için DMSA ve MAG3 değerlerinin karşılaştırılması	<b>37</b>
<b>Tablo 12.</b>	Sol böbrek için DMSA ve MAG3 değerlerinin korelasyon sonucu	<b>37</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 1.</b>	Üriner sistem anatomisi	<b>3</b>
<b>Şekil 2.</b>	Nefronun yapısı	<b>4</b>
<b>Şekil 3.</b>	Tc-99m DMSA sintigrafisinde böbrek ve perirenal background ROI çizimi	<b>28</b>
<b>Şekil 4.</b>	Tc-99m DTPA ve Tc-99m MAG3 dinamik böbrek sintigrafilerinde böbrek ve infrarenal background ROI çizimi	<b>30</b>
<b>Şekil 5.</b>	DTPA ve MAG3 hasta gruplarının ön tanılarına göre dağılımı	<b>32</b>
<b>Şekil 6.</b>	DMSA ve DTPA değerlerinin regresyon analizi sonucu	<b>36</b>
<b>Şekil 7.</b>	DMSA ve MAG3 değerlerinin regresyon analizi sonucu	<b>38</b>

## KISALTMALAR

<b>DMSA</b>	: dimerkaptosüksinik asit
<b>DRF</b>	: differential renal function (diferansiye böbrek fonksiyonu)
<b>DTPA</b>	: dietilentriamin pentaasetik asit
<b>EC</b>	: etilendisistein
<b>ERPF</b>	: efektif renal plazma akımı
<b>GFR</b>	: glomerüler filtrasyon hızı
<b>GH</b>	: glukheptonat
<b>I-131</b>	: iyot 131
<b>MAG3</b>	: merkptoasetil triglisin
<b>mCi</b>	: milicurie
<b>OIH</b>	: ortiodohippurat
<b>ROI</b>	: region of interest (ilgi alanı)
<b>Tc-99m</b>	: teknesyum 99m

## 1.GİRİŞ

Nükleer tıp yöntemleri, üriner sisteme yönelik görüntüleme yöntemleri içinde tamamen fonksiyonel bilgi sağlaması açısından bir ayrıcalığa sahiptir. Duyarlılığı yüksek, uygulaması kolay ve non-invaziv yöntemler olup anatomik yapıyı da gösterebilmenin yanında kantitatif bilgi edinilmesini sağlar. Örneğin glomerüler filtrasyon hızı, efektif renal plazma akımı, diferansiye ve mutlak böbrek fonksiyonları sintigrafik olarak hesaplanabilmektedir. Sintigrafik yöntemler, hastaların izlenmesinde ve böbrek fonksiyonlarının değişimini ortaya koymada pratik, sık tekrarlanabilir ve duyarlılığı yüksek olması nedeniyle önemli bir yere sahiptir.

Dinamik böbrek sintigrafisinin prensibi, ideal olarak sadece böbrekler yolu ile atılan radyofarmasötiklerin kinetiğinin takip edilerek böbreğin perfüzyon, konsantrasyon ve ekskresyon fonksiyonlarının değerlendirilmesidir. Böbrek patolojilerinde ve böbrek fonksiyonlarının etkilenebildiği sistemik hastalıklarda, obstruktif patolojilerde, transplante böbreklerde, mesane disfonksiyonu ve vesiköüretal reflüde böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesi ve takibinde; cerrahi ve girişimsel tedavi yöntemlerinin başarısının değerlendirilmesinde ve diferansiye böbrek fonksiyonunun hesaplanması amacıyla uygulanabilen non-invaziv bir yöntemdir. Tetkik için bilinen bir kontrendikasyon mevcut değildir.

Dinamik böbrek sintigrafisi için günümüzde en çok kullanılan radyofarmasötikler; Tc-99m DTPA (teknesyum 99m dietilentriamin pentaasetik asit), Tc-99m MAG3 (merkaptasetiltriglisin), Tc-99m EC (etilendisistein)'dir.

DTPA rutin renografi için kullanılan tek glomerüler ajandır. Tamamına yakını glomerüllerden süzüldüğünden dinamik böbrek sintigrafisi ile birlikte GFR (glomerüler filtrasyon hızı) ölçümünde de kullanılır.

MAG3 renografi için kullanılan tübüler ajanlardandır. Ekstraksiyon oranı DTPA'ya oranla daha fazla olup proteinlere bağlanma oranı yüksektir. Tübüler bir ajan olması nedeniyle dinamik böbrek sintigrafisi ile birlikte ERPF (efektif renal plazma akımı) hesaplanabilir. EC renografi için kullanılan tübüler ajandan biridir. MAG3'e benzer yapıda olup plazma klirensi MAG3'den daha yüksektir.

Statik böbrek sintigrafisi, tübüler ekstraksiyona uğradıktan sonra hücre içi proteinlere bağlanan radyofarmasötik vasıtasıyla renal fonksiyonel parankimin görüntülenmesi prensibine dayanır. En sık idrar yolu enfeksiyonuna bağlı gelişen kortikal hasarı saptamak amacıyla kullanılır. Bunun dışında şekil ve pozisyon anomalilerinin değerlendirilmesinde, akut pyelonefrit teşhis ve tedavi takibinde, kronik pyelonefrit takibinde ve böbreklerin rölatif ve mutlak fonksiyonlarının hesaplanması amacıyla kullanılmaktadır. Tetkik non-invaziv bir yöntem olup bilinen bir kontrendikasyonu yoktur.

Statik böbrek sintigrafisi için Tc-99m DMSA (dimerkaptosüksinik asit) kullanılır. DMSA böbrek parankiminde proksimal tübül hücrelerine bağlanır. İntravenöz enjeksiyondan yaklaşık iki saat sonra en yüksek kortikal bağlanma oranına ulaşır (1).

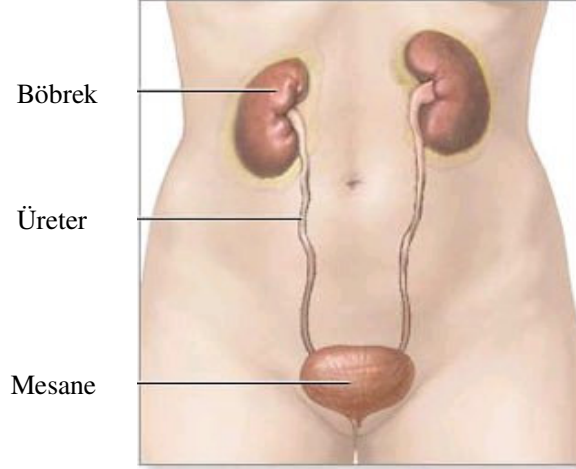
Diferansiye böbrek fonksiyonu, her iki böbreği mevcut olan hastalarda böbreklerin rölatif kortikal tutulumlarının sintigrafik tetkiklerle kantitatif hesaplanmasıdır. Böbrek dokusunun rölatif fonksiyonunu gösterir. Böbreklerin birbirleriyle karşılaştırılmasıyla ekstrakte edilen radyofarmasötik yüzdeler olarak belirlenir. Normal diferansiye fonksiyon % 44-56'dir. Parankimal fonksiyonun gösterilmesinde asıl kullanılacak tetkik statik (DMSA) böbrek sintigrafisi olsa da dinamik böbrek sintigrafisinin ilk 2-3 dakikalık görüntüleri parankimal defektler hakkında fikir verebileceği gibi bu görüntülerden diferansiye fonksiyon da hesaplanmaktadır. Rutin sintigrafik tetkik haricinde hastaya ek bir görüntüleme yapılmaksızın ve ek radyasyon verilmeksizin mevcut ham görüntüler üzerinden bilgisayar programı aracılığıyla hesaplama yapılmaktadır.

Bu çalışmada amacımız; dinamik böbrek sintigrafisinde kullanılan Tc-99m DTPA ile Tc-99m MAG3 ajanlarının diferansiye böbrek fonksiyonlarını hesaplamadaki duyarlılığını statik (Tc-99m DMSA) böbrek sintigrafisi temel alınarak karşılaştırmaktır.

## 1.1. ÜRİNER SİSTEM ANATOMİSİ

### 1.1.1. Böbrekler

Böbrekler karın arka duvarında, retroperitoneal olarak yerleşmişlerdir. Uzun eksenleri aşağı-dışa doğru, transvers eksenleri yana-arkaya doğrudur. Üst uçları 12. torakal vertebra üst seviyesi, alt uçları ise 2. lomber vertebra alt seviyesine kadar uzanır. Karaciğer komşuluğu nedeniyle sağ böbrek sol böbreğe oranla biraz daha aşağıda yer alır (Şekil 1). Yetişkinde yaklaşık 11×6×3cm boyutundadırlar (2).



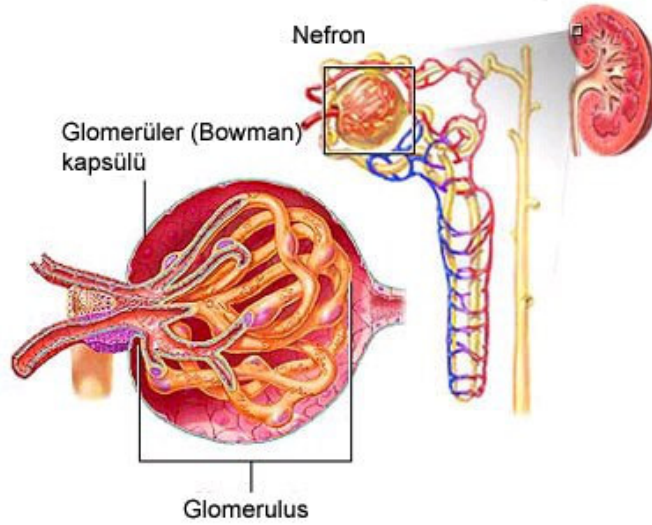
**Şekil 1:** Üriner sistem anatomisi

Her bir böbreğin konkav iç bükey medial bir kenarı vardır, burası *hilum* adını alır. Hilumda böbreğe giren ve çıkan yapılar önden arkaya doğru *vena renalis*, *arteria renalis*, *pelvis renalis*dir. Hilusun merkezi girintisi *sinus renalis*dir. Buraya *papilla renalis*ler açılır. Sinus içinde *pelvis renalis* 2-3 *major kalikse*, bunlar da 7-13 adet *minor kalikse* ayrılırlar. Her bir minor kalikse bir veya üç tane *papilla renalis* açılır (2).

Böbrek dışta *korteks*, içte *medulla* olarak iki bölüme ayrılabilir. İnsanlarda renal medulla 10-18 adet konik veya piramidal şekilli yapılardan oluşur. Bunlar *medullar piramitler* adını alır. Her bir medullar piramidin tabanında kortekse uzanan birbirine paralel tubulus demetleri, medullar ışınlar çıkar. Her medullar ışın böbreğin fonksiyon gören birimleri olan birkaç nefron grubu ile birlikte bir ya da daha çok sayıda toplayıcı kanaldan oluşur (3).

Her medullar piramidin çevresini saran kortikal doku *renal lob* adını alır. Kortikal doku aynı zamanda *bertini sütunları* olarak bilinen yapıları oluşturacak şekilde medullar piramidlerin arasında da bulunmaktadır (3).

*Nefron* böbreğin fonksiyonel ünitesidir ve her böbrekte 1-4 milyon nefron vardır. Her bir nefron *renal korpuskul*, *proksimal tubul*, *henle kulpu* ve *distal tubul*den oluşmuştur. Renal korpuskulu *glomerulus* ve bunu saran *bowman kapsülü* oluşturur. Distal tubuller toplayıcı kanallara açılırlar. Toplayıcı kanallar, nefronlarda üretilen idrarı toplayarak papillalarda bulunan *pori üriniferi* denilen deliklerle minor kalikslere ve böylece böbrek pelvisine iletirler (2,3) (Şekil 2).



**Şekil 2:** Nefronun yapısı

Böbrekler renal arterlerle kanlanır. Renal arterler 2. lomber vertebra düzeyinde abdominal aorttan çıkar ve organa girmeden önce genellikle iki dala ayrılır. Dallardan biri böbreğin ön bölümüne giderken, diğeri arka kısmına uzanır. Bu iki dal hilusta renal piramidler arasındaki interlober arterleri oluşturan dalları uzatır. Kortikomedüller sınırda interlober arterler arkuat arterleri oluşturur. Arkuat arterlerden dik açılarla dallanan interlobüler arterler böbrek kapsülüne dik şekilde korteks içinde ilerler. Glomerül kapillerlerine kan taşıyan afferent arterioller, interlobüler arterlerden ayrılır. Afferent arterioller aralarında anastomoz olmayan glomerulus yumağını yaparlar. Bu yumak sonunda efferent arteriol çıkar (2,3).

Böbrek venleri arterlerle aynı yolu izler ve aynı ismi alırlar. Venler kapsülün altında, yıldız şeklinde vena stellaresten başlarlar. Bunlar interlobüler venlerin periferik uçlarıdır. İnterlobüler venler arkuat venlere, onlar da interlober venlere dökülür. İnterlober venler hilusta segmental venleri, segmental venler de birleşerek renal veni oluştururlar (2).

Böbreklerin innervasyonu renal pleksustan sağlanır. Sempatikleri 10-12. torakal ve 1. lomber segmentten gelip, n.splanchnicus minor ve n.splanchnicus minimus içinde seyrederek. Çöliak ve aortiko-renal ganglionlarda sinaps yaparlar. Damarların etrafında oluşan pleksus renalis vasıtasıyla böbreklere ulaşırlar. Parasempatikler n.vagus ve n.erigentes aracılığıyla gelir. Sempatik sinirler damarların düz kaslarına, pelvis ve kalikslerin düz kaslarına, renal tubullere ve jukstaglomerüler aparatlara giderler. Parasempatik sinirler pelviste dağılırlar (2).

### **1.1.2. Üreterler**

Renal pelvisin daralarak aşağıya, mesaneye doğru devamı üreterdir. Duvarında düz kasları güçlüdür ve içinden idrar geçerken peristaltik kasılmalar yapar. Her bir üreter 25-30cm uzunluktadır. Üreter pelvis ile mesane arasında 3 yerde darlık gösterir: Renal pelvisten çıkış yerinde, pelvise girerken psoas kasının medial kenarını çaprazladığı yerde ve mesane duvarının içinde (2).

Üreterler yukarıdan aşağı doğru; renal arter, aort ve iliak arter, superior vesikal arterlerin anastomoz dallarıyla beslenir. Venleri arterleriyle yandaş olarak renal ven, vena cava inferior ve endopelvik ven pleksuslarına dökülür (2).

### **1.1.3. 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. İnterolateral yüzü symphysis pubisten retropubik yağ dokusu ile ayrılmıştır.

İnferior ve superior vesikal arterler mesaneyi besler. Venler mesanenin inferolateral yüzünde bir pleksus yaparlar. Bu pleksus vena iliaca interna'ya dökülür (2).

#### **1.1.4. 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 kısmıdır. *Pars spongiosa* penisin corpus spongiosumu içinde yer alır. Kadın üretrası 4-5 cm uzunluğundadır. Symphysis pubisin arkasında vagina ön duvarına gömülmüş olarak seyreder (2,3).

### **1.2. ÜRİNER SİSTEM EMBRİYOLOJİSİ**

Üriner sistem, genital sistemle birlikte karın boşluğunun arka duvarında yer alan ortak mezodermal kabarıklıktan (*intermediate mezoderm*) gelişir.(4).

#### **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, 4. haftanın sonunda pronefrik sisteme ait tüm yapıların izleri kaybolurken sadece wolf kanalı kalır (5).

##### **Mezonefroz**

Mezonefroz ve mezonefrik kanallar, üst torasik ve üst lomber segmentlerin intermediate mezoderminden gelişirler. Gelişimin 4. 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. 2. ayın sonunda büyük bir çoğunluğu tümüyle yok olur (4).



## 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 mezodermden gelişir. Yeni oluşan her kolektör tübül, distal uçtan bir metanefrik doku şapkası ile örtülüdür. Bu doku içindeki hücrelerden, tübüllerin indükleyici etkisiyle renal vesikül 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 (4,5).

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 (4).

### 1.2.2. Mesane ve Üretra

Gelişimin 4. ve 7. haftaları arasında ürorektal septum kloakayı anorektal kanal ve primitif ürogenital sinuse böler. Primitif ürogenital sinusun üst kısmından mesane gelişir.

Üretranın çevre bağ ve düz kas dokusu splanknik mezoderm, epiteli ise endodermal kaynaklıdır (4).

## 1.3. ÜRİNER SİSTEM FİZYOLOJİSİ

Böbrekler ekstraselüler sıvının hacim ve içeriklerini regüle ederek vücut içinde sabit bir ortam oluşmasını sağlarlar. Böylece birçok organik ve inorganik bileşiklerin alımı, yapımı, atılımı ve tutulmaları dengelenmiş olur. Bu denge vücut gereksinimine göre böbreklerin su ve suda eriyen maddeleri tutması, suyun atılması, dolayısı ile vücut sıvılarının volüm ve içeriğinin korunması sayesinde sağlanır (6).

Böbrekler vücut ağırlığının sadece % 0,04'ünü oluştururlar. Kalp debisinin % 20'i böbreklere yönelmektedir. Bu dolaşım böbreklere gram doku başına en fazla kan alan doku ünvanını kazandırır. Normal fizyolojik koşullarda dolaşımın en önemli bölümü kortekstedir. Böbreğe ulaşan kan miktarının yaklaşık olarak % 85'ini oluşturur. Kan akımının % 15'inden azı jukstamedüller nefronlara ulaşır. Medullaya ulaşması gereken kan kitlesinin büyük bölümü önce jukstamedüller nefronlardan geçer. Papillaların uç kısmındaki osmotik konsantrasyon o bölgeye ulaşan kan akımı ile ters orantılıdır (7).

### **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 (8).

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. Aynı zamanda böbrekler, toksinlerin çoğunu, organizmada yapılan veya pestisit, ilaçlar ve besin katkı maddeleri gibi dışarıdan alınan diğer yabancı maddeleri de atar (8).

Arter basıncının düzenlenmesi: Böbrekler değişebilir miktarda su ve sodyumu itrah ederek uzun süreli arter basıncının düzenlenmesinde önemli rol oynarlar. Ayrıca renin-anjiyotensin-aldosteron metabolizmasının major komponenti olan renin oluşumunu ve salınımını regüle ederek kısa süreli arter basıncının düzenlenmesine de katkıda bulunurlar (6,8).

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 (8).

Eritrosit yapımının düzenlenmesi: Böbrekler eritrosit yapımını stimüle eden eritropoietini salgılar. Eritropoietin salınımında hipoksi önemli bir uyarandır (8).

1,25 dihidroksi vitamin D3 yapımı: Diyetle alınan D vitamini vücutta iki kez hidroksilasyona uğrar. İlk basamak karaciğerde olurken böbreklerde son hidroksilasyon ile vitaminin en aktif hali oluşur (6).

Glikoz sentezi: Uzun süreli açlık durumunda aminoasitlerden ve diğer öncüllerden glukoneogenez ile böbrekler glikoz sentezler (8).

### **1.3.2. İdrar Oluşumu**

Değişik maddelerin idrarla atılma hızı böbreklerde üç işlemin toplamıdır. Bunlar; glomerüler filtrasyon hızı, tübüler sekresyon ve tübüler reabsorpsiyondur. Vücut için istenmeyen maddeler glomerüler filtrasyon ve renal tübüler sekresyon yoluyla idrara geçerler. Vücut için gerekli maddeler tübüler reabsorpsiyon ile tutulur ve kana geri alınırlar (6).

### **1.3.3. 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 geçirimsiz olduğundan glomerüler filtrat proteinsizdir ve hücresel eleman içermez (8).

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 kapillerin filtrasyon yapan yüzey ve geçirgenliğinin ölçütü olan kapiller filtrasyon sabitesi ( $K_f$ ) tarafından tayin edilir. Normal yetişkinde GFR ortalama 125 ml/dakika'dır. Böbreğe gelen plazmanın %20'i glomerül kapillerlerinde filtre edilir.

$$GFR = K_f \times (P_G - P_B - \pi_G + \pi_B)$$

$P_G$ : glomerüler hidrostatik basınç

$P_B$ : Bowman kapsülü içindeki hidrostatik basınç

$\pi_G$ : kapiller plazma proteinlerinin kolloid osmotik basıncı

$\pi_B$ : 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 böbrek hasarı olur (8).

Glomerüler kapiller kolloid osmotik basıncı, arteryel plazma kolloid osmotik basıncı ve glomerül kapillerlerinden filtre olan plazma fraksiyonu ile belirlenir. Arteryel plazma kolloid osmotik basıncının artması glomerül kapiller kolloid osmotik basıncı artırır, bu GFR'yi azaltır (8).

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 3 katından daha fazla artışın olduğu daralma GFR'yi azaltır (8).

### **Böbrek kan akımı ve glomerüler filtrasyonun fizyolojik kontrolü**

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 adrenalin ve noradrenalin 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 (8).

Anjiotensin II hem sistemik dolaşımda hem de böbreklerde üretilir, efferent arteriyolleri daraltıcı etkisi nedeniyle artmış seviyeleri glomerüler hidrostatik basıncı artırırken 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 otheregülasyonuna katkı sağlamış olur (8).

Böbreklerde otheregülasyon işlevini gerçekleştirmek için makula densadaki sodyum klorür yoğunluğu değişiklikleriyle renal arteriyolar direncin kontrolü

arasında bağlantı kuran feedback mekanizma vardır. Sodyum klorür yoğunluğunda azalma maküla densada afferent arteriyol direncini azaltarak glomerüler hidrostatik basıncını artırır ve GFR'nin normale dönmesine yardım eder. İkinci etki olarak da renin serbestleşmesini artırır. Sonuçta anjiyotensin II'yi artırarak GFR'yi normale çevirir. Otoregülasyonda diğer mekanizma ise böbrek kan damarlarındaki miyojenik mekanizmadır. Böbrek kan damarlarında arteryel basıncın artması esnasında gerilmeye karşı direnç gelişir (8).

#### **1.3.4. 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 akım süresince bazı maddeler selektif olarak tübülden kana geri emilir. Bazıları ise kandan tübül lümenine salgılanır (9).

Proksimal tübül yüksek bir aktif ve pasif geri emilim kapasitesine sahiptir. Filtre olan su ve sodyumun yaklaşık % 65'i ve filtre olan klorürün daha az bölümü proksimal tübülden emilir. Aminoasit ve glukozun tamamı proksimal tübülden geri emilir. Su solütlerin aktif transportunu pasif olarak izler. Safra tuzları, oksalat, urat katekolaminler, ilaç ve toksinler ve paraaminohippurik asit proksimal tübüllerden salgılanırlar (7,9).

İnce henlenin inen kısmı suya çok geçirgendir. Filtre olan suyun % 20'i henle kulpundan geri emilir. 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 (9).

Distal tübülün ilk kısmında sodyum, potasyum ve klor gibi iyonlar geri emilirken su ve üreye karşı geçirgenlik yoktur. Distal tübüle ulaşan idrar plazmaya oranla hipotoniktir. Tübülün distal kısmında antidiüretik hormon suya karşı geçirgenliği direk etkiler. Toplayıcı tübüller antidiüretik hormon yokluğunda suya karşı seçici geçirgendir ve böylece dilüe idrar çıkarılmasına katkıda bulunurlar. Medüller toplayıcı kanallar üreye geçirgendir. Ürenin bir kısmı burada geri emilerek osmolaritenin yükselmesine yardım eder. Aynı zamanda medüller toplayıcı kanallar hidrojen iyonlarını salgılama yeteneğine sahiptir. Böylece asit-baz dengesinin düzenlenmesinde anahtar rol oynarlar (7,9).

## **1.4. DİNAMİK VE STATİK BÖBREK SİNTİGRAFİSİ**

### **1.4.1. 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

#### **1.4.1.1. Glomerüler filtrasyonla atılan radyofarmasötikler**

##### **Tc-99m DTPA (dietilentriaminpentaasetikasit)**

Tc-99m DTPA rutin renografi için kullanılan tek glomerüler ajandır. Sadece glomerüler filtrasyonla atılır, tübüler sekresyonu ve reabsorpsiyonu 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 (10). Ucuz olması, radyasyon dozunun düşük olması ve kolay uygulanabilir olması Tc-99m DTPA'yı glomerüler filtrasyon hızının hesaplanması için ideal radyofarmasötik haline getirmiştir (11). 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 (12,13).

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 (14).

#### **1.4.1.2. Tübüler sekresyonla atılan radyofarmasötikler**

##### **Tc-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 (15, 16). 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'i 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 (17). Hepatobilier eliminasyon Tc-99m MAG3 için alternatif atım yoludur (18).

Tc-99m MAG3, böbrek morfolojisi, perfüzyonu ve fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullanışlı bir ajan olmasının yanında efektif renal plazma hızının hesaplanmasına da olanak sağlar (10).

Tc-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 (14).

### **İyot-131 OIH (ortiodohippurat)**

I-131 OIH % 80 oranında tübüler sekresyona uğrarken % 20'i 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 (18). 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 oranına ulaşır. Fakat I-131'in 364 keV (kiloelektron volt) olan yüksek enerjisi ve uzun fiziksel yarı ömrü nedeniyle görüntüleme suboptimal olup rutin klinik uygulamada kullanılması zorlaşmaktadır. Aynı zamanda bu fiziksel özellikleri böbrek yetmezlikli hastaların rölatif olarak daha yüksek dozda radyasyon almalarına yol açar (10).

I-131 OIH'in yetişkin dozu 250-300 mikroCi'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 (10,18).

### **Tc-99m EC (etilendisistein)**

Tc-99m EC, Tc-99m MAG3 ile benzerlik gösterir. Plazma klirensi Tc-99m MAG3'den daha yüksek iken hepatik akümüasyonu daha düşüktür (19,20). Plazma proteinlerine bağlanma değeri yaklaşık %30 kadardır. Plazma proteinlerine bağlanma oranı düşük olduğundan önemli bir kısmı glomerüler filtrasyona uğrar ve böylece ekstraksiyon oranı da yüksektir (21,22). Tc-99m EC, etilen sistein dimer (ECD)'in

bir metabolitidir. Klirensinin hızlı olması nedeniyle Tc-99m MAG3'e oranla radyasyona maruz bırakma oranı düşüktür (23). Ortoiodohippuratın eritrositlere bağlanma oranı % 32 iken EC'nin % 5,7'dir. Yine OIH'a oranla eksrrenal klirensi ve hepatobilyer ekskresyonu daha düşüktür. Tc-99m EC'nin plazma klirensi  $473 \pm 22$  ml/dakika/ $1,73m^2$ 'dir (22).

Tc-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 (22).

#### **1.4.1.3. Böbrek parankimine bağlanan radyofarmasötikler**

##### **Tc-99m GH (Glukoheptonat)**

Tc-99m GH hem glomerüler filtrasyona uğrar hem de böbrek parankimine bağlanır. Enjekte edilen dozun % 80'i glomerüler filtrasyona uğrarken % 20'i tübüllerden sekrete edilir. Proksimal tübül hücrelerine bağlanma özelliği nedeniyle geç imajlarda böbrek korteksinin görüntülenebilmesini sağlar (24). 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 (25). Tc-99m GH böbreklerde yaklaşık 15 dakikada maksimum konsantrasyona ulaşır ve hızla azalır. Protein bağlı olan kısmı tübüller sekresyona uğrarken, protein bağımsız olanlar glomerüler filtrasyona uğrar. Aynı zamanda Tc-99m GH'ın minimal hepatik tutulumu da vardır (26).

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

##### **Tc-99m DMSA (Dimerkaptosüksinik asit)**

Tc-99m DMSA proksimal tübüle bağlanan böbrek parankimini görüntülemeyi sağlayan ajandır. Glomerüler filtrasyon ve tübüller sekresyona uğrayarak idrarla atılır. Tübüller reabsorbsiyona uğramaz (27). Enjeksiyondan sonra 1 saat içinde enjekte edilen dozun % 12'i tutulur (28). Enjeksiyondan 1 saat sonra enjekte edilen dozun % 4-8'i ve 14 saat sonra % 26-30'u atılır. 6-7 saat sonra aktivitenin % 40-50'i böbreklerde tutulur (29). Tc-99m DMSA % 90 oranında plazma proteinlerine bağlanır. % 65'i glomerüler filtrasyona uğrarken % 35'i peritübüler ekstraksiyona uğrar (1). Tc-99m DMSA'nın radyasyon dozu Tc-99m GH ile kıyaslandığında 3 kat daha fazladır. Buna karşın Tc-99m DMSA'nın enjeksiyon dozu üçte biri kadardır. Çünkü Tc-99m DMSA'nın kortikal bağlanma oranı yüksek



olduğundan enjekte edilen dozu düşürür. 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 (24).

Tc-99m DMSA'nın yetişkin dozu 2-5 mCi'dir (10).

#### **1.4.2. Statik Böbrek Sintigrafisi**

Statik böbrek sintigrafisi en sık idrar yolu enfeksiyonuna bağlı gelişen kortikal hasarı saptamak amacıyla kullanılmaktadır. Ultrasonografi ve intravenöz pyelografiye oranla kortikal hasarı daha fazla gösterir. DMSA statik böbrek sintigrafisi ultrasonografi 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 (30,31).

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 alerji olması şeklinde sıralanabilir (32).

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 (32).

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 (33).

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 (32).

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 (34).

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 (34). (Sadece 180 derece posteriordan da SPECT yapılabilir, böylece hareket artefaktı riski azaltılır)

Statik böbrek sintigrafisi görüntüleme yanında kantitatif olarak böbrek fonksiyonlarının hesaplanmasında da kullanılabilir. Diferansiye böbrek fonksiyonu (relative uptake) 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 diferansiye böbrek fonksiyonu hesaplanabilir (33). Tc-99m GH'ın kortikal tutulumunun olması sebebiyle geç imajlarında pelvikalisijel sistemde, mesanede veya böbreklerden daha yoğun miktarda bağırsaklarda radyofarmasötik retansiyonu yoksa diferansiye böbrek fonksiyonu hesaplanabilir. Relative uptake normal değerleri minimum % 44, maksimum % 56 arasındadır (32,35).

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 silindir şeklinde 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 sayı ve boyutlarında hastadan hastaya farklılık göstermesi yanlış yorumlamaya neden olabilir.

- Fetal lobulasyon izlenebilir (36,37).

Patolojik paternler:

1- Akut pyelonefritte tek ya da multipl defektler oluşabilir.

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

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

2- Kronik kortikal defekte 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 sintigrafi ile ayırt edilemeyebilir (32).

Hidronefroza toplayıcı sistemde radyoaktivite retansiyonu olabileceğinden sintigrafiyi değerlendirmede hatalar oluşabilir. Bunu önlemek amacıyla diüretik uygulanıp 6–24 saat sonra görüntüleme alınabilir (29).

### **1.4.3. 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 kanlanma, parankim ve ekskresyonunun değerlendirilebildiği hem anatomik hem de fonksiyonel görüntüleme yöntemidir (38). 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 (39,40).

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 vesikoureteral reflüde böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesi ve takibinde, transplante böbrek fonksiyonunun değerlendirilmesinde endikedir (41).

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 (40).

Mesane görüntülemeye başlamadan önce boşaltılmalıdır. Çalışma öncesinde dolu olan veya hızla dolan veya mesane kompliyansının zayıf olduğu durumlar üst üriner obstruksiyonu açısından yanlış pozitif sonuçlara neden olabilir (40).

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 (42).

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 (42).

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 radyofarmasötüğü içeren enjektör görüntülemeye başlamadan önce dolu iken ve görüntüleme tamamlandıktan sonra boş olarak görüntüsü alınır (41,43).

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 (41).

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. Etkisi 1-2 dakika içinde başlar. Furosemidin 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 (40,41).

### 1.4.3.1. Görüntü Analizi ve Verileri İşlemden Geçirme

Dinamik böbrek sintigrafisi ile böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesi iki farklı yönde ele alınabilir. Birincisi diferansiye 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 (41,44).

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 (40,45). Zemin aktivite düzeltilmesinin hiç yapılmaması veya inferior yerleşimli ilgi alanı yanlış hesaplamaya neden olabileceğinden önerilmemektedir (46). 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 (41).

Rutin klinik uygulamada derinlik düzeltilmesi yapılması konusunda fikir birliği yoktur. Böbreklerin derinliklerinde farklılık olması diferansiye böbrek fonksiyonunu etkileyebilir. 1 santimetreden daha fazla olan derinlik farkı diferansiye böbrek fonksiyon hesaplamasında hataya neden olabilir. Ancak ektopik ve mobil böbrekler için derinlik düzeltilmesi yapılmalıdır (40).

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 diferansiye böbrek fonksiyonu hesaplanabilmektedir. Bu hesaplama yöntemi ile zemin aktivite düzeltilmesi de yapılmış olur (41).

İntegral-Area under curve yöntemi hemen tüm gama kamera yazılımlarında mevcuttur. Zemin aktivite düzeltmesi yapılarak, seçilen zaman aralığında her iki böbreğin sayımlarının toplam sayımlara oranı olarak hesaplanır (41).

Mean Slope yönteminde zemin aktivite düzeltmesi yapılarak seçilen zaman aralığında ortalama eğim hesaplanır (47).

Normalize Slope yönteminde direk zemin aktivite düzeltmesi 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 (47).

Diferansiye 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. Diferansiye böbrek fonksiyonu, 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 incelmış korteks varlığında ilgi alanı çizimi zorlaşır. Dilate pelvikalisijel sistemdeki idrar birikimine bağlı genişlemiş ve lokalizasyonu değişmiş olan anterior parankiminin yol açtığı atenuasyon (azaltma) hesaplamayı olumsuz olarak etkileyebilir (35,44).

Renogram eğrisi, perfüzyon, konsantrasyon ve ekskresyon fazlarından oluşur. Perfüzyon fazı, ilk faz olup radyofarmasötüğün enjeksiyonundan 15–20 saniye sonra eğride hızlı bir yükselme olur. 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. Renografi eğrisi ile görsel olarak değerlendirmenin yanında kantitatif parametreler elde edilebilir. Zaman-aktivite eğrisi kullanılarak elde edilebilen parametreler; relative fonksiyon, Tmax, T1/2, 20/3 oranı, atım hızı etkinliği (output efficiency), NORA (48).

Tmax, radyofarmasötüğün böbrekte maksimum konsantrasyona ulaştığı zamandır. 3–5 dakika normal kabul edilir (38).

T1/2, böbreklerdeki maksimum konsantrasyonun yarısının atılması için geçen süredir. 10 dakikanın altında olması normal olarak değerlendirilir. T1/2 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 yapılış zamanı göz önüne alındığında T1/2'nin 20 dakika üzerinde olması durumunda obstruksiyon ekarte edilemez (39).

Atım hızı etkinliği, böbreklerdeki radyofarmasötüğün 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 (49).

NORA (normalized residul activity), drenajın değerlendirilmesi için kullanılan miksiyon sonrasında böbreklerdeki rezidu aktivitenin hesaplanması olarak tanımlanır (44).

#### **1.4.4. Statik ve Dinamik Böbrek Sintigrafisi Klinik Uygulama Alanları**

##### **1.4.4.1. Obstruktif Üropati**

Obstruktif üropati, idrarın normal akımının engellenmesi sonucu üriner traktusta fonksiyonel ve yapısal değişikliklerle sonuçlanan klinik durumdur. Hidronefroz, genellikle obstruktif üropati sonucu gelişen parankimal atrofi ile birlikte böbrek pelvis ve kalisiyel sisteminde anormal dilatasyon olmasıdır (50). 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 sık nedeni renal kalkül iken aynı yaş grubu kadınlarda pelvik kanser sık nedendir. Daha ileri yaş erkeklerde ise obstruksiyonun sık nedeni, prostat hipertrofisidir (50,51).



Obstruktif üropati, obstruksiyonun yeri, süresi ve derecesine göre sınıflandırılabilir. Komplet tıkanıklık, ileri derecede obstruksiyon olarak tanımlanırken, inkomplet veya parsiyel tıkanıklık düşük dereceli 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 obstruksiyon, üreterovesikal bileşkenin daha yukarısındaki tıkanıklıklar olup genellikle unilateraldir. Alt üriner obstruksiyon, üreterovesikal bileşke ve daha aşağısındaki tıkanıklıklar olup genellikle bilateraldir (50,51).

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 nedenidir (50).

Alt üriner traktus obstruksiyonu, üretra, prostat ve mesaneden kaynaklanan lezyonları içerir. Üretra striktürü genellikle kronik enstrümentasyon veya gonokok enfeksiyonu nedeniyledir. Mesanenin benign ve malign tümörleri tıkanıklığın nadir nedenidirler. İleri yaş erkeklerde prostat hipertrofisi tıkanıklığa neden olabilir. Nörojen mesane disfonksiyonu, üreterovesikal reflü, üreteral dilatasyon veya üst üriner traktusta basınç artışına yol açan durumdur (50).

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 tahmini fonksiyonel bilgi elde edilir. 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) fazında 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 (48).

#### **1.4.4.2. 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'inde renal skarlanmaya vesiköüreteral reflü eşlik eder. Akut pyelonefritte erken tanı ve dikkatli tedavi ile renal skarlanma önlenir (24).

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 residüel idrar volümüne neden olur. Mesane bakterilerle kontamine olduktan

sonra üreterler yolu ile böbreklere ulaşırlar. Akışın engellenmesi dışında enfeksiyona zemin hazırlayıcı önemli bir faktör de vesiköüreteral orifis yetersizliğidir. Yetersiz bir vesiköüreteral orifis mesane idrarının üreterlere geri kaçışına izin verir. Bu durum vesiköüreteral reflü olarak adlandırılır (52).

Vesiköüreteral 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 (52). Vesiköüreteral 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 (24,52).

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 vesiköüreteral 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 (24,53).

Tc-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 tutulumunda 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 (48).

#### **1.4.4.3. Renal Kitleler**

Böbrekte yer kaplayan lezyonlar, ultrasonografi, bilgisayarlı tomografi veya manyetik rezonans görüntüleme ile tespit edilebilir. Yer kaplayan lezyonlarda fonksiyone böbrek dokusu ile nonfonksiyone ayırımını yapabilmek için Tc-99m DMSA ile parankimal görüntüleme yapılabilir. Neoplazm, abse, kist, hematoma ya da infarkt böbrek parankiminde fotopenik alan şeklinde görüntülenir (38).

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmaya Fırat Üniversitesi Hastanesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nda Tc-99m DTPA ile dinamik böbrek sintigrafisi ve Tc-99m DMSA statik böbrek sintigrafisi çekilen 57 hasta ile Tc-99m MAG3 ile dinamik böbrek sintigrafisi ve Tc-99m DMSA ile statik böbrek sintigrafisi çekilen 30 hasta olmak üzere iki ayrı grup halinde toplam 87 hasta dahil edildi.

Sintigrafi öncesinde tüm hastalara randevuya geldiklerinde tetkik hakkında bilgilendirme formu verildi. Tetkike geldikleri gün tüm hastalardan veya refakatçilerinden imzalı bilgilendirilmiş onay formu alındı. Hastaların anamnezi, klinik bilgileri, boy ve ağırlık ölçüleri kaydedildi.

Sintigrafik çalışmada düşük enerjili yüksek çözünürlüklü paralel delikli kolimatörler takılı çift dedektörlü GE Infinia2 marka SPECT gama kamera (GE Medical Systems, Israel) kullanıldı. Hem dinamik hem de statik böbrek sintigrafisinde hasta sırtüstü yatar pozisyonda iken görüntüleme yapıldı. Daha sonra gama kamera sisteminin çalışma istasyonu olan Xeleris programında ham datalardan diferansiye böbrek fonksiyonları hesaplandı.

### 2.1. Statik Böbrek Sintigrafisi

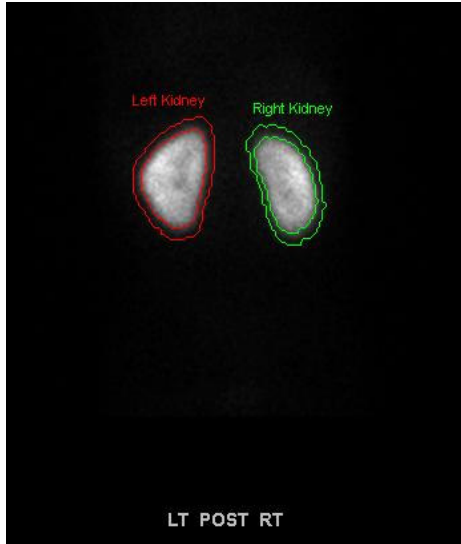
Yaşları 3 ay-60 yaş arasında olan 87 hastaya Tc-99m DMSA ile statik böbrek sintigrafisi çekildi. Sintigrafik görüntüleme Tc-99m DMSA ile statik böbrek sintigrafisi protokülüne uygun olarak yapıldı.

Tc-99m ile DMSA kiti işaretlendikten sonra 10 dakika oda ısısında inkübasyona bırakılarak radyofarmasötik enjeksiyona hazır hale getirildi. Yetişkin hastalar için 5 mCi, çocuklar için vücut ağırlıklarına göre hesaplanarak (minimum 1 mCi) doz ayarlandı.

Sintigrafik çalışma için düşük enerjili yüksek çözünürlüklü paralel delikli kolimatörler kullanıldı. Enjeksiyondan önce enjektör dolu iken 256\*256 matrikste 15 saniye süreyle gama kamerada sayım alındı. Hastalara intravenöz olarak radyofarmasötik enjekte edildikten sonra boşalan enjektör ve enjeksiyon yapılan vücut alanı 256\*256 matrikste 15 saniye süreyle sayıldı. Enjeksiyon yapıldıktan en erken 3 saat sonra hastaların görüntülemesi yapıldı. Görüntüleme hasta sırtüstü yatar pozisyondayken anterior-posterior, sağ ve sol anterior-posterior oblik olmak üzere

altı projeksiyonda 256\*256 matrikste 5'er dakikalık minimum 500 kcount sayım toplanacak şekilde yapıldı. Tüm projeksiyonda alınan görüntüler görsel olarak değerlendirilirken, kantitatif hesaplama (diferansiye böbrek fonksiyonu) için sadece anterior-posterior görüntüleri kullanıldı.

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 düzeltmesi için böbrek ROI'leri dışında perirenal background ROI'leri çizildi (Şekil 3). Derinlik düzeltmesi 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 diferansiye böbrek fonksiyonları hesaplandı.



Şekil 3: Tc-99m DMSA sintigrafisinde böbrek ve perirenal background ROI çizimi.

## 2.2. Dinamik Böbrek Sintigrafisi

Tc-99m DMSA ile statik böbrek sintigrafileri çekilmiş yaşları 3 ay-60 yaş arasında olan 57 hastaya Tc-99m DTPA ile dinamik böbrek sintigrafisi, yaşları 3 ay-59 yaş arasında olan 30 hastaya ise Tc-99m MAG3 ile dinamik böbrek sintigrafisi çekildi.

Tc-99m DTPA kullanılacak hasta grubu için DTPA kiti, Tc-99m ile işaretlendikten sonra 10 dakika oda sıcaklığında inkübasyona bırakılarak radyofarmasötik kullanıma hazırlandı. Tc-99m MAG3 kullanılacak grupta ise MAG3 kiti, Tc-99m ile işaretlendikten sonra 10 dakika süreyle kaynatılıp ardından soğutularak radyofarmasötik kullanıma hazır hale getirildi. Tc-99m DTPA yetişkinlere 10 mCi, Tc-99m MAG3 yetişkinlere 5 mCi dozunda uygulanırken her iki hasta grubunda çocuk hastalara vücut ağırlıklarına göre doz hesaplanıp uygulandı.

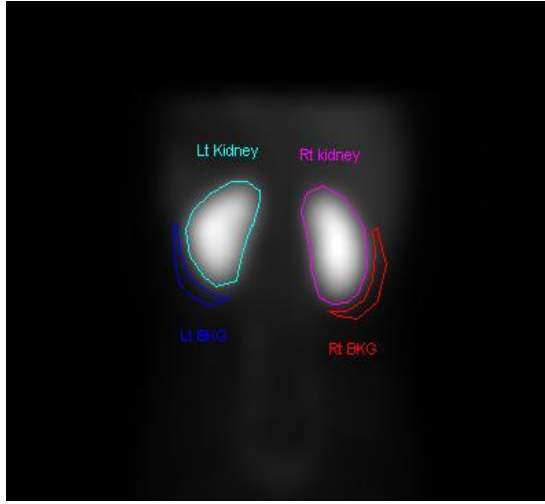
Sintigrafik çekim öncesinde yeterli hidrasyonun sağlanması açısından yetişkin hastaların tetkikten yaklaşık 30 dakika- 1saat öncesinden oral yolla 0,5-1 litre sıvı alması sağlandı. Çocuk hastalara ise tetkikten yaklaşık 30 dakika öncesinde 10 ml/kg olacak şekilde % 0,9'luk NaCl intravenöz olarak verildi. Radyofarmasötiğin bolus şeklinde enjekte edilebilmesi için tüm hastalara intravenöz kanül takıldı. Sintigrafik çalışmaya mesane boş iken başlanması gerektiğinden tüm hastalar çekime miksiyon sonrasında alındı.

Sintigrafik çalışma için düşük enerjili yüksek çözünürlüklü paralel delikli kolimatörler kullanıldı. Hastalar çekime alınmadan önce uygulanacak olan radyofarmasötik dozu enjektörde gama kamera ile 256\*256 matriks kullanılarak 15 saniye süreyle sayıldı. Hastalar sırtüstü yatar pozisyonda anterior ve posteriordan her iki kolimatör kullanılarak görüntülemeleri yapıldı. Radyofarmasötik enjeksiyonu ile eş zamanlı olarak dinamik görüntülemeye başlandı. 64\*64 matkriks kullanılarak 1'er saniyeden 60 frame, ardından 30'ar saniyeden 80 frame olacak şekilde toplam 41 dakika süresince dinamik görüntüleme tamamlandı. Dinamik görüntülemenin yaklaşık 20. dakikasında intravenöz diüretik (furosemid) uygulandı. Diüretik yetişkin hastalara 40mg, çocuk hastalara ise 0,5 mg/kg dozunda verildi. Dinamik çalışmanın hemen sonunda 256\*256 matrikste yine anterior-posterior projeksiyonda hasta yataktan kaldırılmadan 2 dakikalık miksiyon öncesi statik görüntüleri alındı. Daha sonra hastalar kaldırılıp miksiyon sonrasında tekrar 2 dakikalık miksiyon sonrası statik görüntüleri, 15 saniyelik enjeksiyon alanı ve radyofarmasötik enjeksiyonunda kullanılan boş enjektör sayımları alındı. Gerekli görüldüğünde diüretiğe cevabın izlenmesi açısından yaklaşık 1 saat sonrasında geç statik görüntü alındı.

Görüntüleme çalışması tamamlandıktan sonra çalışma istasyonu Xeleris'te Renal Analysis programında görüntü analizleri yapıldı. Hastaların yaş, boy ve

ağırlıkları kaydedildi. Renal analiz programında klirens metodu olarak Tc-99m DTPA için Camera Based Gates, Tc-99m MAG3 için Camere Based ERPF modified Gates metodu kullanıldı.

Dinamik imajlar üzerinden böbrek ve background ROI'leri çizildi. Böbrek ROI'leri böbreğin etrafına pelvisi de içine alacak şekilde, background ROI'leri ise infrarenal olarak çizildi (Şekil 4). Tüm veriler girildikten ve işlemler yapıldıktan sonra diferansiye böbrek fonksiyonları, ilk 2-3. dakikalardaki görüntülerden bilgisayar programı tarafından otomatik olarak hesaplandı.



Şekil 4: Tc-99m DTPA ve Tc-99 DMSA dinamik böbrek sintigrafilerinde böbrek ve infrarenal background ROI çizimi

Diferansiye böbrek fonksiyonları açısından Tc-99m DTPA ile Tc-99m MAG3'ün Tc-99m DMSA baz alınarak karşılaştırmasını yapmak için istatistik olarak gruplar arası karşılaştırmada çok yönlü varyans analizi kullanıldı.  $p < 0,05$  anlamlı değer olarak kabul edildi. DTPA ve MAG3'ün DMSA ile ilişkisinin yönü ve fonksiyonel durumunu ortaya koyabilmek için korelasyon ve regresyon analizi kullanıldı.



### 3. BULGULAR

Tc-99m DTPA ile dinamik böbrek sintigrafisi ve Tc-99m DMSA ile statik böbrek sintigrafisi çekilen toplam sayısı 57 olan hasta grubunda hastaların yaş ortalaması  $18,8 \pm 17,1$  (yaş aralığı: 3 ay-60 yaş) idi. Hastaların 23'ü kadın, 34'ü erkek hastaydı. Hastaların yaş gruplarına göre dağılımı Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** DTPA grubundaki hastaların yaş gruplarına göre dağılımı

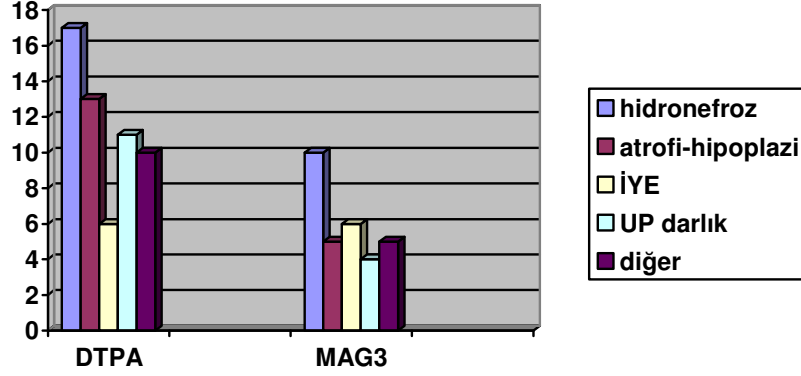
	0-7 yaş	8-18 yaş	18 yaş üzeri	Toplam
<b>Kadın</b>	9	7	7	23
<b>Erkek</b>	8	15	11	34
<b>Toplam</b>	17	22	18	57

Tc-99m MAG3 ile dinamik böbrek sintigrafisi ve Tc-99m DMSA ile statik böbrek sintigrafisi çekilen toplam 30 hastalık hasta grubunda yaş ortalaması  $15,7 \pm 14,8$  (yaş aralığı: 3 ay-59 yaş) idi. Hastaların 15'i kadın, 15'i ise erkek hastaydı. Hastaların yaş gruplarına göre dağılımı Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** MAG3 grubundaki hastaların yaş gruplarına göre dağılımı

	0-7 yaş	8-18 yaş	18 yaş üzeri	Toplam
<b>Kadın</b>	5	5	5	15
<b>Erkek</b>	4	7	4	15
<b>Toplam</b>	9	12	9	30

Her iki grupta da hastaların çoğu hidronefroz (DTPA- 17 hasta, MAG3 11 hasta) olmak üzere atrofi- hipoplazi (DTPA- 13 hasta, MAG3- 5 hasta), üreteropelvik darlık (DTPA- 11 hasta, MAG3- 4 hasta), tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonu (DTPA- 6 hasta, MAG3- 6 hasta) ve daha az sıklıkta vesikoureteral reflü, çift toplayıcı sistem, posterior üretral valv, nefrolitiazis ve ektopik böbrek ön tanıları ile gelmişti (Şekil 5).



**Şekil 5:** DTPA ve MAG3 hasta gruplarının ön tanılarına göre dağılım grafiği

57 hastanın Tc-99m DTPA ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyon değerlerinin Tc-99m DMSA ile hesaplanan değerlerle karşılaştırılabilmesi için ortalama değerleri standart sapmalarıyla birlikte hesaplandı. Tablo 3 ve 4'te DTPA ve DMSA diferansiye böbrek fonksiyonlarının ortalamaları standart sapma değerleriyle birlikte verilmiştir.

**Tablo 3:** DTPA ve DMSA ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonlarının cinsiyet gruplarına göre ortalamaları.

	Cinsiyet	Mean	SD	N
<b>DMSA sol</b>	Erkek	54,9979	23,82117	34
	Kadın	56,9313	17,48721	23
<b>DTPA sol</b>	Erkek	54,1532	22,08392	34
	Kadın	55,8622	15,62105	23
<b>DMSA sağ</b>	Erkek	45,0047	23,81830	34
	Kadın	43,0657	17,49363	23
<b>DTPA sağ</b>	Erkek	45,8468	22,08392	34
	Kadın	44,1430	15,62369	23

**Tablo 4:** DTPA ve DMSA ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonlarının ortalamaları.

	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>N</b>
<b>DMSA sol</b>	55,7781	21,34108	57
<b>DTPA sol</b>	54,8428	19,59525	57
<b>DMSA sağ</b>	44,2223	21,34138	57
<b>DTPA sağ</b>	45,1593	19,59596	57

30 hastanın Tc-99m MAG3 ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyon değerlerinin Tc-99m DMSA ile hesaplanan değerlerle karşılaştırılabilmesi için ortalama değerleri standart sapmalarıyla birlikte hesaplandı. Tablo 5 ve 6’da MAG3 ve DMSA diferansiye böbrek fonksiyonları ortalamaları standart sapma değerleriyle birlikte verilmiştir.

**Tablo 5:** MAG3 ve DMSA ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonlarının cinsiyet gruplarına göre ortalamaları.

	<b>Cinsiyet</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>N</b>
<b>DMSA sol</b>	Erkek	47,1187	20,72128	15
	Kadın	53,1220	28,79429	15
<b>MAG3 sol</b>	Erkek	48,1847	19,66749	15
	Kadın	52,7880	28,15399	15
<b>DMSA sağ</b>	Erkek	52,8813	20,72128	15
	Kadın	46,8780	28,79429	15
<b>MAG3 sağ</b>	Erkek	51,8153	19,66749	15
	Kadın	47,2120	28,15399	15

**Tablo 6:** MAG3 ve DMSA ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonlarının ortalamaları.

	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>N</b>
<b>DMSA sol</b>	50,1203	24,83675	30
<b>MAG3 sol</b>	50,4863	23,97652	30
<b>DMSA sağ</b>	49,8797	24,83675	30
<b>MAG3 sağ</b>	49,5137	23,97652	30

Tc-99m DMSA statik böbrek sintigrafisi ve Tc-99m DTPA dinamik böbrek sintigrafisi ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonları değerleri sol böbrek ve sağ böbrek için grup ayrımı olmadan ayrıca cinsiyete göre ayrı ayrı karşılaştırıldı. DMSA ve DTPA değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmayıp cinsiyete göre de anlamlı bir fark bulunmadı (Tablo 7 ve 8).

**Tablo 7:** Sol böbrek için DMSA ve DTPA değerlendirmelerinin karşılaştırılması ( $p < 0,05$  anlamlı)

<b>Source</b>	<b>Dependent Variable</b>	<b>Sig.</b>
<b>Corrected Model</b>	DMSA Sol	0,121
	DTPA Sol	0,183
<b>Intercept</b>	DMSA Sol	0,000
	DTPA Sol	0,000
<b>Cinsiyet</b>	DMSA Sol	0,588
	DTPA Sol	0,725

**Tablo 8:** Sağ böbrek için DMSA ve DTPA değerlendirmelerinin karşılaştırılması ( $p < 0,05$  anlamlı)

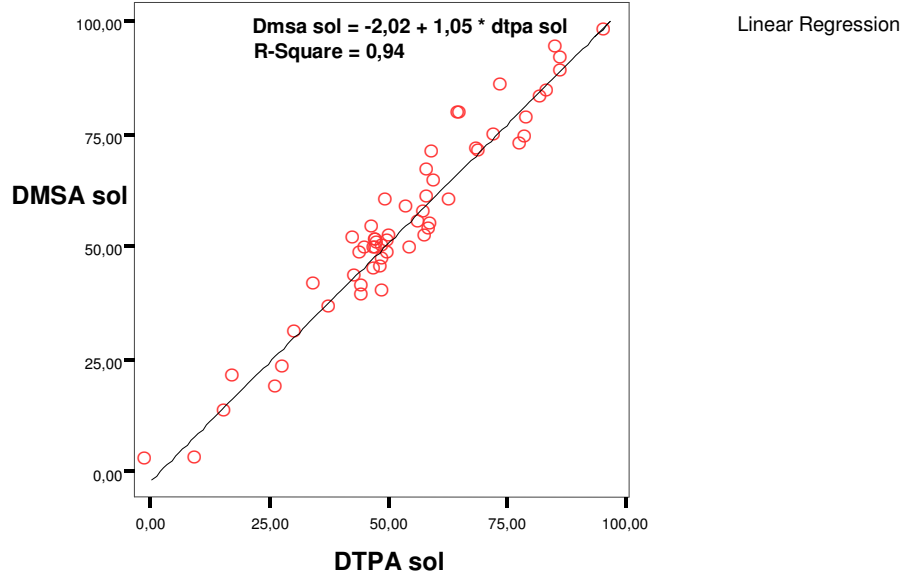
Source	Dependent Variable	Sig.
<b>Corrected Model</b>	DMSA Sağ	0,121
	DTPA Sağ	0,183
<b>Intercept</b>	DMSA Sağ	0,000
	DTPA Sağ	0,000
<b>Cinsiyet</b>	DMSA Sağ	0,587
	DTPA Sağ	0,725

Sol ve sağ böbrek için diferansiye böbrek fonksiyonları açısından DMSA ve DTPA değerleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için yapılan korelasyon testinde DMSA ve DTPA birbirine tama yakın uyumlu olarak değerlendirildi ( $p=0,968$ ) (Tablo 9).

**Tablo 9:** Sol böbrek için DMSA ve DTPA değerlerinin korelasyon sonucu ( $p < 0,01$  anlamlı)

		DMSA sol	DTPA sol
<b>DMSA sol</b>	Pearson korelasyon	1	0,968
<b>DTPA sol</b>	Pearson korelasyon	0,968	1

Birbirlerine tama yakın korele olarak değerlendirilen DMSA ve DTPA değerleri ayrıca regresyon analizi ile de karşılaştırıldı. Regresyon analizi sonucunda da DMSA ve DTPA değerlerinin oldukça uyumlu olduğu bulundu ( $R^2: 0,94$ ).



**Şekil 6:** DMSA ve DTPA değerlerinin regresyon analizi sonucu.

Tc-99m DMSA statik böbrek sintigrafisi ve Tc-99m MAG3 dinamik böbrek sintigrafisi ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonları değerleri sol böbrek ve sağ böbrek için grup ayırımı olmadan ayrıca cinsiyete göre ayrı ayrı karşılaştırıldı. DMSA ve MAG3 değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmayıp cinsiyete göre de anlamlı bir fark bulunmadı.

**Tablo 10:** Sol böbrek için DMSA ve MAG3 değerlendirmelerinin karşılaştırılması ( $p < 0,05$  anlamlı)

Source	Dependent Variable	Sig.
<b>Corrected Model</b>	DMSA Sol	0,426
	MAG3 Sol	0,375
<b>Intercept</b>	DMSA Sol	0,000
	MAG3 Sol	0,000
<b>Cinsiyet</b>	DMSA Sol	0,629
	MAG3 Sol	0,666

**Tablo 11:** Sağ böbrek için DMSA ve MAG3 değerlendirmelerinin karşılaştırılması ( $p < 0,05$  anlamlı)

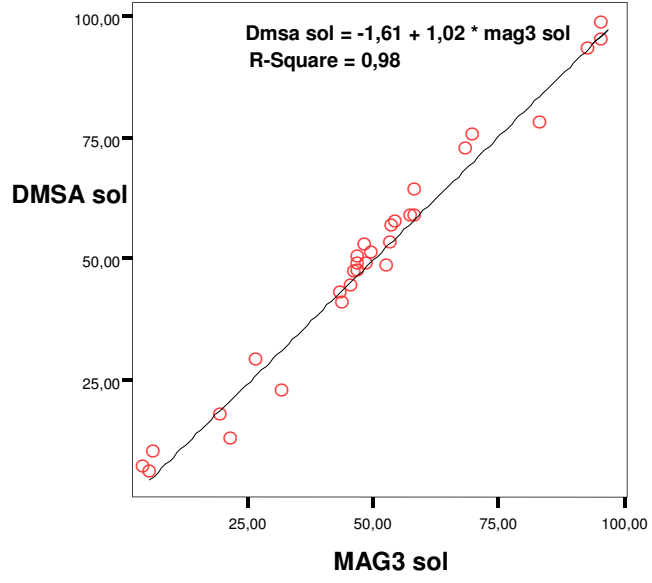
Source	Dependent Variable	Sig.
<b>Corrected Model</b>	DMSA Sağ	0,426
	MAG3 Sağ	0,375
<b>Intercept</b>	DMSA Sağ	0,000
	MAG3 Sağ	0,000
<b>Cinsiyet</b>	DMSA Sağ	0,629
	MAG3 Sağ	0,666

Sol ve sağ böbrek için diferansiye böbrek fonksiyonları açısından DMSA ve MAG3 değerleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için yapılan korelasyon testinde DMSA ve MAG3 birbirine tama yakın uyumlu olarak değerlendirildi ( $p= 0,989$ ) (Tablo 12).

**Tablo 12:** Sol böbrek için DMSA ve MAG3 değerlerinin korelasyon sonucu ( $p < 0,01$  anlamlı)

		DMSA sol	MAG3 sol
<b>DMSA sol</b>	Pearson korelasyon	1	0,989
<b>MAG3 sol</b>	Pearson korelasyon	0,989	1

Birbirlerine tama yakın korele olarak değerlendirilen DMSA ve MAG3 değerleri ayrıca regresyon analizi ile de karşılaştırıldı. Regresyon analizi sonucunda da DMSA ve MAG3 değerlerinin oldukça uyumlu olduğu bulundu ( $R^2: 0,98$ ).



Linear Regression

Şekil 7: DMSA ve MAG3 değerlerinin regresyon analizi sonucu.



#### 4. TARTIŞMA

Diferansiye böbrek fonksiyonu, hem dinamik hem de statik böbrek sintigrafilerinden elde edilebilen ve kolaylıkla hesaplanabilen iyi ve güvenilir bir parametredir. Özellikle böbrek fonksiyonu iyi olmayan hastaların nefrektomi ya da onarıma yönelik cerrahi operasyona alınmasında kararı etkileyen önemli bir faktördür. Cerrahi sonrası hasta takibinde operasyonun böbrek fonksiyonları üzerine etkisini takipte klinisyene kolaylık sağlar. Ayrıca kortikal hasara neden olabilecek hastalıkların sintigrafik takibinde görsel değerlendirmenin yanında kantitatif değerler verdiği için daha objektif karşılaştırma imkanı sağlar.

Diferansiye böbrek fonksiyon değerinde azalma böbrek fonksiyonundaki bozulmanın bir yansıması olarak kabul edilir. Böbrek maturasyonu tamamlandıktan sonra tek taraflı böbrek patolojilerinde diferansiye böbrek fonksiyonunda belirlenen değişiklik, medikal tedaviye veya operasyona yanıtın değerlendirilmesinde anlamlı bir parametredir. Piepsz ve arkadaşları sintigrafik takibi olan iki yaş altı ve iki yaş üstü olarak sınıflanan iki hasta grubunda tek böbrek glomerüler filtrasyon oranı (SKGFR) ile diferansiye böbrek fonksiyonlarını hesaplamışlar. Glomerüler filtrasyon oranındaki 5 ml/dk'lık değişimi cut-off değer olarak kabul etmişler. Diferansiye böbrek fonksiyonu azalan iki yaş altı grubunda SKGFR'de azalma hiç görülmemiş, hastaların çoğunda SKGFR aynı kalmış, sadece bir hastada artma görülmüş. İki yaş üstü grupta ise hastaların üçte birinde diferansiye böbrek fonksiyonu ile birlikte SKGFR'de de azalma görülürken çoğunda SKGFR'de değişiklik görülmemiş. İki yaş altı grupta diferansiye böbrek fonksiyonunda azalma olmasına rağmen SKGFR'de azalma olmaması bu yaş grubunda böbreklerin maturasyonunu tamamlayamamış olmasına bağlamışlardır (54). Schuster ve arkadaşları üreteropelvik darlığı olan hastalarda operasyondan önce ve operasyondan 12 ay sonra Tc-99m MAG3 dinamik böbrek sintigrafisi ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonlarını hastaların yaşları, semptomları ve birlikte eşlik eden vesiköüretal relü ile korele ederek değerlendirmişler. Hastalar ilk hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyon değerlerine göre % 11 altı (grup 1), % 11-33 (grup 2) ve % 33 üzeri (grup 3) olarak üç gruba

ayrılmış. Grup 1 ve 2'de % 50 oranında diferansiye böbrek fonksiyonunda iyileşme olduğu gösterilmiş. Takip sintigrafisinde hastaların % 35'inde normal, % 62'inde gecikmiş drenaj tespit edilmiş. Diferansiye böbrek fonksiyonları ile pyeloplasti sonrası renal drenaj karşılaştırıldığında drenajı gecikmiş olanların % 57'inde diferansiye böbrek fonksiyonlarında iyileşme gözlenirken % 43'ünde değişiklik gözlenmemiş. Drenajı normal olanların ise yarısında iyileşme olduğu, diğer yarısında ise değişme olmadığı görülmüş. Bu durumda operasyon sonrası gecikmiş drenajın diferansiye böbrek fonksiyonlarına etkisiz olduğu kararına varılmış. Hastanın yaşı ve semptomlarının operasyon sonrası diferansiye böbrek fonksiyonları için istatistik olarak anlamlı bir gösterge olmadığı bulunmuş. Operasyon sonrası diferansiye böbrek fonksiyonunda zayıf bir düzelme olması ise vesikoüreteral reflü nedeniyle böbrek displazisi gelişmesinin bir sonucu olduğu kanaatine varılmış (55).

Diferansiye böbrek fonksiyonları, statik (kortikal) böbrek sintigrafisi radyofarmasötüğü olan Tc-99m DMSA ve dinamik böbrek sintigrafisi radyofarmasötükleri olan Tc-99m DTPA, Tc-99m MAG3, Tc-99m EC veya I-131 OIH kullanılarak yapılan sintigrafik tetkiklerle hesaplanabilir.

Tc-99m DMSA ile böbreklerin parankimal fonksiyonunu hem görsel hem de kantitatif olarak değerlendirmek mümkündür. Tc-99m DMSA intravenöz enjeksiyon sonrası kan dolaşımında plazma proteinlerine yüksek oranda bağlanır, tübüler sistemden tamamen ekskrate edilir ve reabsorpsiyona uğramaz. Peritübüler ekstraksiyon Tc-99m DMSA'nın böbrek korteksindeki proksimal tübül hücrelerinde tutulmasında öneme sahiptir. Hücrelere tutunmanın ardından Tc-99m DMSA hücredeki plazma proteinlerine bağlanır. Ratlar üzerinde micropuncture tekniği kullanılarak Tc-99m DMSA ile yapılan bir çalışmada DMSA'nın plazma proteinlerine yüksek oranda bağlandığı, tübüler reabsorpsiyona uğramadığı, böylece gama kamera ile böbrek korteksinin görüntülenebildiği gösterilmiştir (27). Başka bir çalışmada yine ratlar kullanılmış, Tc-99m DMSA'nın plazma proteinlerine yaklaşık % 90 oranında bağlandığı, yaklaşık % 65 oranında peritubuler tutulduğu ve reabsorpsiyona uğramadığı sonucuna varılmıştır (1). Yine ratlarla yapılan başka çalışmada Tc-99m DMSA enjeksiyonundan en az 2 saat sonra en uygun görüntü elde edilebileceği gösterilmiştir (56). Bu özellikleri nedeniyle kantitatif olarak diferansiye ve absolu böbrek fonksiyonları Tc-99m DMSA ile hesaplanabilmektedir.

Glomerüler filtrasyonla ya da tübüler sekresyonla atılan radyofarmasötiklerle de böbrek parankimine bağlanmıyor olmalarına rağmen diferansiye böbrek fonksiyonlarını doğru şekilde hesaplamak mümkündür. Hatta Tc-99m DMSA kadar olmasa da görsel olarak parankim değerlendirilebilir. Gordon ve arkadaşları, üriner enfeksiyon geçirmiş 59 çocuk hastaya Tc-99m DMSA ve Tc-99m MAG3 sintigrafileri uygulayarak iki radyofarmasötiği görsel ve diferansiye fonksiyonlar açısından karşılaştırdıklarında diferansiye fonksiyon açısından ikisini çok iyi korele ( $R^2= 0,97$ ) olarak bulmuşlar. Ayrıca Tc-99m MAG3'ün % 88 spesifite ve sensitivite ile parankim hasarını tespit edebildiğini göstermişlerdir (15). Ritchie ve arkadaşları yaş ortalaması 6.96 olan 100 olgunun yapılmış olan Tc-99m MAG3 ve Tc-99m DMSA sintigrafileriyle hesaplanmış diferansiye böbrek fonksiyonlarını karşılaştırmışlar ve iki radyofarmasötik arasında klinik olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır. Çalışma neticesinde, vesikoüreteral reflü veya böbrek drenajının değerlendirmesi için yapılan Tc-99m MAG3 sintigrafisinde diferansiye böbrek fonksiyonu normal bulunan ve önceki sintigrafisinde skar izlenmemiş olan hastalara tekrar Tc-99m DMSA sintigrafisi yapılmasının gereksiz olduğu kanaatine varmışlardır (57).

Dinamik böbrek sintigrafisinde kullanılan radyofarmasötiklerin yapısal özellikleri arasında farklılık olması nedeniyle görsel ve kantitatif hesaplamalar açısından da farklılıkları vardır. Örneğin glomerüler bir ajan olan Tc-99m DTPA ile glomerüler filtrasyon hızı hesaplanabilirken, tübüler ajan olan Tc-99m MAG3 ve Tc-99m EC ile efektif renal plazma akımı hesaplanabilmektedir (58). Bu nedenle birbirlerine karşı bazı avantaj ve dezavantajları olabilmektedir. Bannister ve arkadaşları yaptıkları çalışmada böbrek disfonksiyonu olan veya transplant böbrekli hastalarda Tc-99m DTPA ve Tc-99m MAG3 sintigrafilerini karşılaştırmışlar. Çalışmada Tc-99m MAG3'ün plazma klirensinin Tc-99m DTPA'dan iki kat daha hızlı olduğu, parankim transit süresinin genellikle daha yavaş ( $p < 0,05$ ) olduğu ve Tc-99m DTPA'da sinyal-gürültü oranı yüksek olduğundan Tc-99m MAG3'de görüntülerin daha iyi olduğu belirlenmiş. Bu durumda transplante böbrekte ve böbrek yetmezliğinde Tc-99m MAG3'ün Tc-99m DTPA'ya göre daha avantajlı olduğu ancak glomerüler filtrasyon hızının hesaplanabilmesi nedeniyle Tc99m DTPA'nın yerini Tc-99m MAG3'ün alamayacağı sonucuna varılmıştır (59).

Başka bir çalışmada Jafri ve arkadaşları, Tc-99m MAG3 ile I-123 ve I-131 OIH'ı plazma klirensleri ve renogramlarını karşılaştırmışlar. Tc-99m MAG3/ I-131 OIH klirens oranını  $0,61 \pm 0,08$  olarak hesaplanmışlar. Tc-99m MAG3 ve I-123 OIH diferansiye fonksiyonları çok iyi korele ( $r = 0,97, p < 0,001$ ), parankimal transit zaman indeksleri ise iyi korele ( $r = 0,81, p < 0,001$ ) olarak bulmuşlar. Sonuçta Tc-99m MAG3'ün görüntü açısından Tc-99m DTPA'ya göre bazı avantajlarının olduğu, rutin renogram, diferansiye böbrek fonksiyonu ve parankimal transit süresi çalışması için I-123 OIH'ın yerini alabileceği ancak renal plazma akımını değerlendirmede I-123 OIH'ın yerini alamayacağı kararına varmışlardır (12). Özker ve arkadaşları bu çalışmaya benzer olarak Tc-99m EC, Tc-99m MAG3 ve I-131 OIH'ı obstruktif böbrek hastalığı olan hastalarda kontrol grubu ile  $t_{max}$ ,  $t_{1/2}$  ve diferansiye böbrek fonksiyonları açısından karşılaştırmışlar. Tc-99m EC ile OIH  $t_{max}$ ,  $t_{1/2}$  ve diferansiye fonksiyon değerleri için korelasyonunda  $r$  değerleri sırayla 0,82, 0,93 ve 0,97; Tc-99m MAG3 ve OIH korelasyonunda aynı parametre değerleriyle sırasıyla 0,80, 0,93 ve 0,98; Tc-99m MAG3 ve Tc-99m EC için ise sırayla 0,95, 0,94 ve 0,97 olarak hesaplanmıştır. Her üç radyofarmasötik birbirleriyle iyi korele bulunmuş, Tc-99m EC'nin Tc-99m MAG3 gibi düşük radyasyon dozu ve yüksek kalitede görüntü sağlayabilmesi nedeniyle OIH'ın yerini alabileceği sonucuna varmışlardır. Ayrıca Tc-99m EC'nin işaretli kitinin hazırlanmasının daha kolay olması ve hepatobilier tutulumunun daha düşük olmasının Tc-99m MAG3'e karşı avantajları olduğu vurgulanmıştır (21). Ancak Tc-99m EC daha pahalı olduğundan Tc-99m MAG3 daha sıklıkla kullanılmaktadır.

Bizim çalışmamızın benzeri olan çalışmada Domingues ve arkadaşları Tc-99m DTPA ve Tc-99m EC, Tc-99m DMSA ile diferansiye böbrek fonksiyonları açısından karşılaştırmışlar. 55 hastaya Tc-99m DTPA ve Tc-99m DMSA çalışması, 56 hastaya Tc-99m EC ve Tc-99m DMSA çalışması yapılmış. Diferansiye böbrek fonksiyon değerleri açısından Tc-99m EC ile Tc-99m DMSA arasında istatistik olarak bir farklılık bulunmamış. ( $p = 0,97$ ) Tc-99m DTPA ile Tc-99m DMSA arasında ise istatistiksel anlamlılık bakımından sınırda değerlendirilebilecek oranda fark bulunmuş. ( $p = 0,05$ ) Diferansiye fonksiyonda Tc-99m DMSA'ya göre % 5'den fazla farklılık açısından karşılaştırıldığında Tc-99m DTPA yine Tc-99m EC'ye göre daha yüksek oranda farklı bulunmuş ( $p = 0,04$ ) (13).

Bizim çalışmamızda Tc-99m DTPA ve Tc-99m MAG3 ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyon değerlerini Tc-99m DMSA ile karşılaştırdık. Tc-99m DTPA ile Tc-99m DMSA yapılan korelasyon ve regresyon analizinde oldukça uyumlu bulundu ( $p = 0,968$ ,  $R^2 = 0,94$ ). Tc-99m MAG3 ile Tc-99m DMSA korelasyon ve regresyon analizinde oldukça uyumlu hatta Tc-99m DTPA'ya göre daha yüksek oranda uyumlu bulundu ( $p = 0,989$ ,  $R^2 = 0,98$ ).

Kantitatif parametrelerin hesaplanmasında analiz farklı yöntemlerinin kullanılması farklı sonuçlar alınmasına yol açabilir. Zemin aktivite düzeltilmesinin kullanılmaması veya zemin aktivite düzeltilmesi için farklı ilgi alanı çizimi kullanılması hesaplanan değerlerde farklılığa neden olabilir. Piepsz ve arkadaşları böbrek yetmezliği olmayan 30 hastayla yaptıkları çalışmada, Tc-99m DMSA ve Tc-99m MAG3 uygulayıp farklı analiz programlarıyla diferansiye böbrek fonksiyonlarını hesaplamışlar. İntegral ve Rutland-Patlak metotlarının subrenal veya perirenal zemin aktivite düzeltilmesi kullanılarak uygulanması simetrik ya da asimetric diferansiye böbrek fonksiyonlarını hesaplamada böbrek yetmezlikli veya normal hastalarda en doğru ve güvenilir sonucunu verdiğini belirtmişlerdir. Slope metodunun ise bu iki metoda göre daha az güvenilir olduğu sonucuna varmışlar (60).

Giroto ve arkadaşları, zemin aktivite düzeltilmesi için farklı ilgi alanı çizilerek ve zemin aktivite düzeltilmesi yapılmadan Tc-99m MAG3 ve Tc-99m DMSA ile hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonlarını karşılaştırmışlar. Tüm yöntemlerle yapılan hesaplamalarda Tc-99m DMSA ve Tc-99m MAG çok iyi korele bulunmuş. Suprarenal ve C şeklinde perirenal ilgi alanı çizilerek yapılan hesaplamada tüm hastalarda sağ böbrek fonksiyonları daha yüksek olarak hesaplanmış. Tüm hastalarda özellikle diferansiye fonksiyonları % 35'in altında olanlarda sonuçlar farklı bulunmuş. Bu durumun takip edilmesi gereken hastalar için özellikle önemli olduğu, hastaların takip sintigrafilerinde aynı zemin aktivite düzeltilmesinin kullanılmasının gerekliliğine dikkat çekmişlerdir (61).

Çağlar ve arkadaşları, üreteropelvik obstruksiyonu olan 45 hastaya Tc-99m DTPA, 38 hastaya Tc-99m MAG3 ile renogram çalışması uygulamışlar. Diferansiye böbrek fonksiyon değerlerini perirenal ve subrenal zemin aktivite düzeltilmesi kullanarak iki ayrı şekilde hesaplayıp karşılaştırmasını yapmışlar. Tc-99m MAG3 uygulanan hastalarda istatistiksel olarak farklı sonuçlar elde edilmiş. Tc-99m DTPA

uygulanan hastalarda sadece sağ hidronefroz varlığında istatistiksel olarak anlamlı sayılan farklı sonuç alınmış. Her iki gruptaki sağ hidronefrozu mevcut olan hastalarda subrenal ilgi alanı ile sağ böbrek diferansiye fonksiyonları ortalama % 6,7 oranında daha yüksek hesaplanmış ( $p = 0,070$ ). Sonuçta hepatik aktivitenin etkisini azaltmak için perirenal ilgi alanı çizilmesinin daha doğru olacağını savunmuşlardır (45).

Biz alışmamızda, hem dinamik hem de statik sintigrafi çalışmalarında zemin aktivite düzeltmesi kullandık. Tc-99m DMSA statik sintigrafisinde diferansiye fonksiyon hesaplamada otomatik perirenal zemin aktivite ilgi alanı çizimi kullanıldı. Tc-99m MAG3 ve Tc-99m DTPA sintigrafilerinde manuel olarak infrarenal ilgi alanları çizildi. Çalışma sonunda Tc-99m DTPA ve Tc-99m DMSA sintigrafileri çekilen 57 hastada (yaş ortalaması 18,8; 23 kadın–34 erkek) hesaplanan diferansiye böbrek fonksiyonları istatistiksel olarak oldukça iyi korele bulundu ( $p = 0,968$ ,  $R^2 = 0,94$ ). Yaş ve cinsiyete göre kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Tc-99m MAG3 ve Tc-99m DMSA sintigrafileri çekilen 30 hastada (yaş ortalaması 15,6; 15 kadın–15 erkek) diferansiye böbrek fonksiyonları tama yakın birbiriyle uyumlu bulundu ( $p = 0,989$ ,  $R^2 = 0,98$ ). Yaş ve cinsiyete göre de kıyaslandığında Tc-99m DTPA’da olduğu gibi istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı.

Çalışmamızdan çıkardığımız sonuçlar:

- DTPA veya MAG3 ile yapılan dinamik böbrek sintigrafisinde de altın standart sayılan DMSA sintigrafisi ile elde edilen kadar güvenilir differansiye böbrek fonksiyonu elde edilmektedir. Ek olarak bu tetkiklerle böbreğin fonksiyonel durumu da belirlenebilir.

- MAG3 sintigrafisi, hem fonksiyonel hem de parankim yapısı hakkında DTPA’ya göre daha iyi bilgi verdiğinden dolayı daha çok tercih edilebilir.

- Diferansiye böbrek fonksiyonu belirlenmesinde yaş veya cinsiyet etki yapmamaktadır.

## 5. KAYNAKLAR

1. De Lange MJ, Piers DA, Kosterink JG, Van Luijk WHJ, Meijer S, De Zeeuw D, et al. Renal handling of Technetium-99m DMSA: evidence for glomerular filtration and peritubular uptake. *J Nucl Med* 1989; 30: 1219–1221.
2. Dere F. *Anatomi*. 4. Baskı, Adana: Aydoğdu Ofset, 1996: 655–674.
3. Junqueira LC, Carneiro J, Kelley RO. *Temel Histoloji*. Aytekin Y (Çeviri editörü) s.437–461, İstanbul, Barış Kitabevi, 1993.
4. Sadler TW. *Langman's Medikal Embriyoloji*. Başaklar AC (Çeviri editörü) s.260–297, İstanbul, Palme Yayıncılık, 1996.
5. Petorak İ. *Medikal Embriyoloji*. 2. Baskı, İstanbul, Beta, 1986: 210–219.
6. Bullock J, Boyle J, Wang M. *NMS Fizyoloji*. Hariri N (Çeviri editörü) s199–257, İstanbul, Saray Tıp Kitabevleri, 1994.
7. Sodeman WA, Sodeman TM. *Sodeman's Fizyopatoloji Cilt 1*. Çağlar Ş, Sungur C (Çeviren), s446–486, Ankara, Türkiye Klinikleri Yayınevi, 1985.
8. Guyton AC, Hall JC. *Tıbbi Fizyoloji*. Çavuşoğlu H, Aydın Z (Çeviri editörü) s315–330, İstanbul, Nobel, 1996.
9. Guyton AC, Hall JC. *Tıbbi Fizyoloji*. Çavuşoğlu H, Aydın Z (Çeviri editörü) s331–348, İstanbul, Nobel, 1996.
10. Campbell MG, Powers TA. Renal radionuclides and in vitro quantitation. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, Wackers FJTh, Gottschalk A. *Diagnostic Nuclear Medicine*. 4. Edition. Lippincott Williams and Wilkins, 2003: 851–864.
11. Blaurox MD. Procedure of choice in renal nuclear medicine. *J Nucl Med* 1991; 32: 1301–1309.
12. 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 Orthoiodohippurate, in patients with renal disorders. *J Nucl Med* 1988; 29: 147–158.
13. 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.

14. Erbaş B, Sayman H, Alan N, Dirlik A, Ergün E, Güngör F, et al. Dinamik böbrek sintigrafisi kılavuzu. Turk J Nucl Med 2001; 10 (Supp): 85–91.
15. 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.
16. 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.
17. Weiner RE, Thakur ML. Radiopharmaceuticals. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, Wackers FJTh, Gottschalk A. Diagnostic Nuclear Medicine. 4. Edition. Lippincott Williams and Wilkins, 2003: 97–115.
18. Eshima D, Taylor A. Technetium-99m Merkaptoacetyltriglycine: Update on the new Tc-99m renal tubular function agent. Semin Nucl Med 1992; 22: 61–73.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Kabasakal L. Technetium-99m-ethylenedicysteine: a new renal tubular function agent. Eur J Nucl Med 2000; 27: 351–357.
23. Büyükdereli G, Güney IB. Role of Technetium-99m N,N- Ethylenedicysteine renal scintigraphy in the evaluation of differential renal function and cortical defects. Clin Nucl Med 2006; 31: 134–138.
24. Majd M, Rushton HG. Renal cortical scintigraphy in the diagnosis of acute pyelonephritis. Semin Nucl Med 1992; 22: 98–111.
25. 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.
26. Lee HB, Blaufox MD. Mechanism of renal concentration of Technetium-99m Glucoheptonate. J Nucl Med 1985; 26: 1308–1311.



27. Suur RM, Gutsch HU. Tubular reabsorption of Technetium-99m-DMSA. *J Nucl Med* 1995; 36: 1654–1658.
28. Arnold RW, Subramanian G, McAfee JG, Blair RJ, Thomas FD. Comparison of 99mTc complexes for renal imaging. *J Nucl Med* 1975; 16: 357–365.
29. Piepsz A, Blaufox 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.
30. Piepsz A. Cortical scintigraphy and urinary tract infection in children. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17: 560–562.
31. 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.
32. Mandell GA, Egli DF, Gilday DL, Heyman S, Leonard JC, Miller JH, et al. Procedure guideline for renal cortical scintigraphy in children. *J Nucl Med* 1997; 38: 1644–1646.
33. 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.
34. Kıratlı P, Gökçora N, Alan N, Dirlik A, Erbaş B, Ergün E, et al. Çocuklarda kortikal sintigrafi kılavuzu. *Turk J Nucl Med* 2001; 10 (Supp): 168–170.
35. Majd M. Nuclear medicine in pediatric nephrology and urology. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, Wackers FJTh, Gottschalk A. *Diagnostic Nuclear Medicine*. 4. Edition. Lippincott Williams and Wilkins, 2003: 1083–1116.
36. 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.
37. Rossleigh MA. Renal cortical scintigraphy and diuresis renography in infants and children. *J Nucl Med* 2001; 42: 91–95.
38. Mettler FA, Guiberteau MJ. (editors) Genitourinary system and adrenal glands. *Essentials of Nuclear Medicine Imaging*. 5. Edition. Saunders-Elsevier, 2006: 293–324.
39. Shulkini BL, Mandell GA, Cooper JA, Leonard JC, Majd M, Parisi MT, et al. Procedure guideline for diuretic renography in children 3.0. *Journal of Nuclear Medicine Technology* 2008; 36: 162–168.
40. 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.

41. 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.
42. 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 (Supp): 57–62.
43. Piepsz A, Arnello F, Tondeur M, Ham HR. Diuretic renography in children. *J Nucl Med* 1998; 39: 2015–2016.
44. Piepsz A. Radionuclide studies in paediatric nephrourology. *European Journal of Radiology* 2002; 43: 146–153.
45. 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.
46. Taylor A, Thakore JK, Folks R, Haklar R, Manatunga A. Background subtraction in technetium-99m- MAG3 renography. *J Nucl Med* 1997; 38: 74–79.
47. 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.
48. Barron BJ, Kim EE, Lamki LM. Renal nuclear medicine. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, Wackers FJTh, Gottschalk A. *Diagnostic Nuclear Medicine*. 4. Edition. Lippincott Williams and Wilkins, 2003: 865–901.
49. Hilson AJW. Functional renal imaging with nuclear medicine. *Abdom Imaging* 2003; 28: 176–179.
50. Klahr S: Obstructive uropathy. Alpern R, Herbert S (editors). *Seldin and Giebisch's The Kidney*, Volume 2, Elsevier, 2008: 2247–2282.
51. Klahr S. Obstructive nephropathy. *Internal Medicine* 2000; 39: 355–361.
52. Kumar V, Cotran RS, Robbins SL. *Temel Patoloji*. Çevikbaş U (Çeviri Editörü) s.437–485, İstanbul, Nobel, 1995.
53. Cendron M. Reflux nephropathy. *Journal of Pediatric Urology* 2008; 4: 414–421.
54. Piepsz A, Ismaili K, Hall M, Collier F, Tondeur M, Ham H. How to interpret a deterioration of split function? *European Urology* 2005; 47: 686–690.
55. Schuster T, Stehr M, Rosmüller B, Dietz HG, Hahn K. Clinical impact of differential renal function to indicate and assess pyeloplasty and the significance of coexisting vesicoureteral reflux. *Clin Nucl Med* 2001; 26: 923–929.

56. Taylor A, Lallone RL, Hagan PL. Optimal handling of dimercaptosuccinic acid for quantitative renal scanning. *J Nucl Med* 1980; 21: 1190–1193.
57. Ritchie G, Wilkinson AG, Prescott RJ. Comparison of differential renal function using technetium-99m mercaptoacetyltriglycine (MAG3) and technetium-99m dimercaptosuccinic acid (DMSA) renography in a paediatric population. *Pediatr Radiol* 2008; 38: 857–862.
58. Blaufox MD, Aureli M, Bubeck B, Fommei E, Piepsz A, Taylor A, et al. Report of the radionuclides in nephroulogy committee on renal clearance. *J Nucl Med* 1996; 37: 1883–1890.
59. Bannister KM, Penglis S, Bellen JC, Baker RJ, Chatterton BE. Kit preparation of Technetium-99m-Mercaptoacetyltriglycine: analysis, biodistribution and comparison with Technetium-99m-DTPA in patients with impaired renal function. *J Nucl Med* 1990; 31: 1568–1573.
60. Piepsz A, Tondeur M, Ham H. Relative Tc-99m MAG3 renal uptake: reproducibility and accuracy. *J Nucl Med* 1996; 40: 972–976.
61. Giroto N, Smokvina A, Ivankovic G, Licul V. Effects of background subtraction on differential kidney function measured by static scintigraphy with DMSA and dynamic scintigraphy with MAG3. *Nuklearmedizin* 2008; 47: 43–47.

## 6. ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Elazığ'da doğdum. İlköğrenimimi Elazığ Dumlupınar İlkokulu'nda, orta öğrenimimi Elazığ Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 1996 yılında Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi'ne girdim. 2002 yılında tıp eğitimimi tamamladıktan sonra aynı yıl mecburi hizmet kapsamında Elazığ Kovancılar Devlet Hastanesi'ne atandım. 2005 yılında Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimime başladım.