

# İDRAR YOLU ENFEKSİYONU GEÇİREN HASTALARDA PLANAR VE SPECT DMSA SİNTİGRAFİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

## COMPARISON OF PLANAR AND SPECT DMSA SCINTIGRAPHY IN PATIENTS WITH URINARY TRACT INFECTION

**<sup>1</sup> Nazım Barış Kanat, <sup>2</sup> Betül Candar Vatankulu, <sup>3</sup> Sezen Elhan Vargöl, <sup>4</sup> Pelin Özcan Kara, <sup>3</sup> Murat Tuncel**

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp AD.

<sup>2</sup> Cerrahpaşa Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp AD.

<sup>3</sup> Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp AD.

<sup>4</sup> Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp AD.

### ÖZET

DMSA sintigrafisi tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonu geçiren çocuklarda kullanılan güvenilir bir yöntemdir. Rutin planar değerlendirmeye alternatif olarak SPECT yönteminin eklenmesi günümüzde halen tartışmalı konular arasındadır. Bu çalışmada her iki değerlendirme yönteminin aynı hasta grubunda, farklı tecrübe seviyesindeki doktorlar tarafından karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonu nedeniyle DMSA sintigrafisi çekilen 23 hastaya (yaş medyan: 54 (3-696) ay K/E: 17/6) planar çekime ek olarak SPECT görüntüleri elde edildi. Planar ve SPECT DMSA görüntüleri iki kıdemli son yıl (D1 ve D2) ve bir ilk yıl Nükleer Tıp asistanı tarafından (D3); defekt gözlenen alanların lokalizasyonuna, görülen defektin şiddetine ve göreceli fonksiyonlara göre değerlendirildi.

SPECT görüntülerinde planar görüntülere göre defektli hasta sayısına istatistiksel anlamı olmayan artış (D1 için 15 vs 15, D2 için 13 vs 15 ve D3 için 14 vs 17 p:0,6) izlendi. D1'e göre planar çalışmada defekt saptanan 2 hastada SPECT'de defekt gözlenmezken, 2 hastada ise planarda defekt izlenirken SPECT'de izlenmedi. Bu oranlar sırasıyla D2 için 1 vs 2 ve D3 için 1 vs 3 olarak bulundu. Planar vs SPECT ile hasta bazında değerlendirici içindeki korelasyon D1, D2 ve D3 için sırasıyla SKK: 0.649, 0.649 ve 0.5 olarak bulundu. Defekt şiddeti açısından planar görüntülerde D1 ve D2 arasında yüksek derecede uyum izlenirken (Kappa:0,95), ilk iki okuyucu ile D3 arasında ise daha düşük uyum izlendi (Kappa:0,63). SPECT görüntülerde ise defekt şiddeti uyumu açısından düşüş görüldü. Her iki böbreğin göreceli fonksiyonlarında planar ve SPECT görüntülemeye araştırmacılar arasında yüksek korelasyon bulundu (SKK:0,98)

Çalışmamızdan elde edilen verilere göre SPECT görüntülemenin, DMSA sintigrafisinin değerlendirilmesinde planar çekime kesin üstünlüğü bulunamamıştır. SPECT görüntülemesindeki tecrübe azlığı değerlendiriciler arasındaki korelasyonu ve uyumu azaltmaktadır. Bu nedenle planar DMSA görüntülerine rutin olarak SPECT görüntülemenin eklenmesi için yeterli bilgi bulunamamıştır. Bulguların daha geniş sayılı hasta gruplarında değerlendirilmesi uygun olacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Renal kortikal sintigrafi; DMSA; DMSA SPECT

### SUMMARY

DMSA scintigraphy in children with recurrent urinary tract infection is a reliable method. Routine addition of SPECT imaging to planar scintigraphy are among the topics still controversial. The aim of this study is to compare planar and SPECT DMSA scintigraphy in the same patient group by the physicians with different experiences in the nuclear medicine field.

SPECT imaging is added to planar DMSA scan of 23 patients (age median: 54 (3-696) months F/M: 17/6) with recurrent urinary tract infections. Planar and SPECT DMSA images were evaluated by two senior last year (D1 and D2) and one first year Nuclear Medicine assistant (D3); according to the localisation and severity of defect and differential renal function.

SPECT imaging led to a statistically insignificant increase in the number of patients with defects when compared to planar imaging (15 vs. 15 for D1, 13 vs 15 for D2 and 14 vs 17 for D3 p=0.6). According to D1, in 2 patients planar imaging detected defect whereas these are not detected by SPECT and in other 2 patients defects were seen on SPECT but not detected by planar imaging. These ratios were 1 vs 2 for D2 and 1 vs 3 for D3, respectively. The intraobserver correlation of planar vs. SPECT on patients bases for D1, D2 and D3 were SRC:0.649, 0.649, 0.5. Defect severity of D1 and D2 in terms of planar images were in high degree of concordance (Kappa: 0.95), however this decreased with the interpreter D3 (Kappa: 0.63). The concordance of severity of defects were also decreased with SPECT imaging. Both SPECT and planar imaging were in high correlation in terms of relative kidney function (SRC: 0.98)

According to the data obtained from our study, there is no absolute superiority of SPECT imaging over planar DMSA scintigraphy. Lack of experience in SPECT imaging reduced interpreter correlation. Therefore we can not recommend routine SPECT imaging in addition to planar DMSA scintigraphy. Validation of our findings in a larger patient group is needed.

**Keywords:** Renal cortical scintigraphy; DMSA; DMSA SPECT

### Giriş:

Tc-99m işaretli DMSA ile yapılan renal kortikal sintigrafisi, idrar yolu enfeksiyonu sonrası

oluşabilecek renal hasarın saptanmasında, göreceli renal fonksiyonların belirlenmesinde ve ektopik/atnalı böbreklerin değerlendirilmesinde güvenilirliği yüksek bir yöntemdir. Günümüzde bu yöntemin en sık kullanım alanı tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonu geçiren çocuklarda renal hasarın (pyelonefrit veya skar) saptanmasıdır. Bu endikasyonda DMSA sintigrafisi, ultrasonografi (USG) gibi radyolojik yöntemlerden üstün olup, klinik klavuzlarda yerini almıştır (1,2)

Yazışma Adresi:

Hatice YILDIRIM YAROĞLU, PhD

Toros University, School of Health Sciences

Phone: 324-325 33 00; Fax: 324 325 33 01

e-mail: haticeyldrm@yahoo.com

Rutin uygulamada görüntüler posterior ve posterior oblik pozisyonlarda gama kameranın böbreğe en yakın olduğu pozisyonda iki boyutlu olarak elde edilmektedir. Renal hasar, sintigrafik olarak böbrek parankiminin tamamında/belirli bir bölgesinde tutulum azlığı veya sadece kontur düzensizliği olarak görülebilmektedir. DMSA sintigrafisinin renal hasarın saptanmasında hassasiyeti yüksek olsa da, böbreklerde izlenebilen konjenital anomalilere bağlı varyasyonlar, dalak basısına veya hidronefroza bağlı değişiklikler, sintigrafik değerlendirmede sıkıntılara yol açmaktadır (3). Böbreklerde DMSA tutulumunda değişikliklere yol açan bu durumların renal hasardan ayırt edilebilmesi ek görüntüler ve değerlendirme tecrübesi gerektirmektedir.

Görüntülerin değerlendirilmesinde rutin kullanılan iki boyutlu planar değerlendirmeye alternatif olarak böbreklerin üç boyutlu olarak değerlendirilmesine olanak sağlayan Single Photon Emission Tomography (SPECT) kullanılması denlenmiştir (4). Ancak bu yönteminin kullanılması günümüzde halen tartışmalı konular arasındadır. Bu çalışmada amaç planar ve SPECT yöntemi ile elde edilmiş DMSA sintigrafilerinin aynı hasta grubunda, farklı tecrübe seviyesindeki doktorlar tarafından karşılaştırılmasıdır.

#### Gereç ve Yöntemler

Çalışmaya geçirilmiş idrar yolu enfeksiyonu renal hasarın saptanması nedeniyle DMSA sintigrafisi çekilen 23 hasta (yaş medyan: 54 (3-696) ay K/E: 17/6) dahil edildi. Tetkik öncesi özel bir hazırlık yapılmadı. Küçük yaştaki çocukların tetkik öncesi uykusuz bırakılması ve görüntüleme öncesi beslenmeleri tetkik sırasında uyumalarını kolaylaştırdı. Görüntüleme öncesi hasta yakınlarından hastada idrar yollarına ait cerrahi, konjenital anomaliler, idrar yolu obstrüksiyonu ve kitle varlığı sorgulandı. Hastaya ait önceki radyolojik ve radyonüklid çalışmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirildi.

Hastaların 10 tanesinde veziköüretal reflü (VUR), 12'sinde ise tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonu öyküsü mevcuttu. Hastaların renal USG raporlarında 2 hastada at nalı böbrek, 1 hastada sol multistik böbrek ve 1 hastada ise sağ böbrekte hipoplazi saptanmıştı.

Sintigrafik görüntüler, Avrupa Nükleer Tıp derneğinin önerdiği doz kardına uygun olarak, minimal doz 15 MBq olacak şekilde Tc-99m DMSA'nın i.v yolla verilmesi sonrası 3. saatte paralel delikli, yüksek çözünürlüklü, düşük enerjili kolimotor takılı çift detektörlü gama kamera (Siemens Ecam Almanya) kullanılarak elde edildi.

Planar görüntüler posterior, sağ ve sol posterior oblik pozlar (poz başına 300 000 sayım olacak şekilde) kullanılarak 256x256 matrikste çekildi. SPECT görüntüler ise planar çekimden hemen sonra detektör başına 32 projeksiyonda projeksiyon başına 25 saniye olacak şekilde 128x128 matrikste çekilerek, Butterworth cut-off 0.63, ramp: 10 ile rekonstrükte edildi. Planar ve SPECT DMSA görüntüleri iki kıdemli son yıl (D1 ve D2) ve bir ilk yıl Nükleer Tıp asistanı tarafından (D3) her iki görüntüleme yöntemi arasında iki hafta olacak şekilde değerlendirildi. Görüntüler defekt gözlenen alanların lokalizasyonuna, görülen defektin şiddetine ve göreceli fonksiyonlara göre incelendi. Defektli alanın değerlendirilmesi için böbrekler üst, orta ve alt üç eşit parçaya ve bu parçalarda iç ve dış ayrılmak üzere toplam 6 parçaya bölündü. Defekt şiddeti hasarlı böbrek alanına ve normal böbrek alanlarına ilgi alanı çizilerek (hafif:< Normalin %25'i, orta: Normalin %25-50'i, ağır: Normalin >%50'si kadar azalma olacak şekilde) skorlandı.

#### İstatistik

**Tablo 1:** Değerlendiricilere göre defekt ve defekt gösteren hasta sayısı

	D1	D2	D3
*Planar defekt saptanan hasta sayısı	15	13	14
*SPECT defekt saptanan hasta sayısı	15	15	17
**Planar defekt saptanan böbrek bölgesi sayısı	34	40	37
**SPECT defekt saptanan böbrek bölgesi sayısı	35	39	37

\* Toplam 23 hasta,\*\* Toplam 138 böbrek bölgesi

**Tablo 2:** Planar veya SPECT yönteminde sadece birinde defekt gözlenen hasta sayısı

	D1	D2	D3
Planarda gözlenen SPECT'de defekt gözlenmeyen hasta sayısı	2	1	1
SPECT'de gözlenen planarda defekt gözlenmeyen hasta sayısı	2	2	3

Araştırmacılar arasındaki korelasyon için spearman korelasyon katsayısı (SKK), uyum içinde kappa uyum sayısı kullanıldı. SKK değerleri 0-0.25 hiç-çok zayıf korelasyon, 0.25-0.5 zayıf-orta korelasyon, 0.5-0.75 iyi, 0.75-1 çok iyi korelasyon olarak değerlendirildi.

SPSS 15.0 yazılımı istatistiksel analiz için kullanıldı.

#### *Bulgular:*

Bütün okuyuculara göre saptanan toplam 59 parankimal defektin en sık gözlemlendiği bölgeler 7/59 (%15,3)'er görülme sıklığıyla, sol böbrek üst dış kesim, sol böbrek üst iç kesim ve sol böbrek orta dış kesim olarak bulundu.

Toplam 23 hastanın planar görüntülerde; D1, 15'inde, D2, 13'ünde ve D3 ise 14'ünde parankimal defekt saptadı. SPECT görüntülemesinde ise defekt gösteren hasta sayısı istatistiksel anlamı olmamakla birlikte arttı (D1 için 15, D2 için 15 ve D3 için 17 p:0,6).

Planar görüntülerde defekt sayısı; D1 için 34, D2 için, 40 ve D3 ise 37 olarak bulundu. SPECT görüntülemesinde ise defekt sayısı anlamı değişiklik göstermedi (D1 için 35, D2 için 39 ve D3 için 37 p:0,7) (Tablo 1).

D1'e göre planar çalışmada defekt saptanan 2 hastada SPECT'de defekt gözlenmezken, 2 hastada ise planarda defekt izlenirken SPECT'de izlenmedi. Bu oranlar sırasıyla D2 için 1 vs 2 ve D3 için 1 vs 3 olarak bulundu (Tablo 2). Şekil 1 ve Şekil 2.

Planar vs SPECT ile hasta bazında değerlendirici içindeki korelasyon D1, D2 ve D3 için sırasıyla SKK: 0.649, 0.649 ve 0.5 olarak bulundu. Bu korelasyon her defekt bölgesi için bakıldığında tecrübe ile ters orantılı olarak düşüş gösterdi (SKK: D1, D2, D3 için sırasıyla 0.362, 0.595 ve 0.06)

Planar ve SPECT görüntülerde kıdemli doktorlar D1 ve D2 arasında defektli hasta sayısı açısından yüksek korelasyon bulundu (SKK:0,833-1). D1 ve D2 ile D3 arasında planar ve SPECT görüntülemesinde defektli hasta sayısı korelasyonu daha düşük olarak bulundu (Tablo 3).

Defekt şiddeti açısından planar görüntülerde D1 ve

D2 arasında yüksek derecede uyum izlenirken (Kappa:0,95), ilk iki okuyucu ile D3 arasında ise daha düşük uyum izlendi (Kappa:0.63). SPECT görüntülerde ise defekt şiddeti uyumu açısından D1 ve D2 arasında planar görüntülere göre daha düşük uyum izlenirken (Kappa:0.87), sırasıyla D1 ve D3 arasında (SKK:0.59) ve D2 ile D3 arasında (SKK:0.579) uyumun D1 ve D2 arasındakinden daha düşük olduğu görüldü (Şekil 3).

Her iki böbreğin göreceli fonksiyonlarında planar ve SPECT görüntülemesinde araştırmacılar arasında yüksek korelasyon bulundu (D1 ve D2: 0,98, D1 ve D3: 0,98, D2 ve D3: 0,98). Benzer şekilde her okuyucunun kendi içinde planar ve SPECT görüntülerinde göreceli fonksiyonlar açısından yüksek korelasyon saptandı. ( sağ böbrek için D1: 0,99, D2: 0.984 ve D3: 0.99; sol böbrek için D1: 0,99, D2: 0.981 ve D3: 0.98)

#### *Tartışma*

DMSA sintigrafisi tekrarlayan idrar yolu enfeksiyonu geçiren çocuklarda düşük radyasyon dozu, ön hazırlık gerektirmemesi, kolay erişilebilir ve uygulanabilir olması nedeni ile renal hasar tespiti için tercih edilen tetkik olup, klinik klavuzlarda yerini almıştır. Bu sintigrafik yöntemle USG'ye göre 2, intravenöz pyelografi (IVP) tetkikine göre 4 kat daha fazla hasar göstermek mümkün olmaktadır (6). DMSA ile yapılan renal kortikal sintigrafi görüntülerinin değerlendirilmesinde tecrübe büyük rol almaktadır. Normal anatomik varyasyonlar (7) yeterli deneyimi olmayan doktorlar tarafından patolojik olarak değerlendirilebilir. Örneğin rotasyon anomalisi gösteren böbrekler silindirik görünümde olabilir, yenidoğan döneminde böbrekler üçgen görünümünde olabilir ya da transvers aks tek polde daha kısa olarak armut şeklindeki böbrek görünümüne yol açabilir. Bertini kolumlarının sayısı ve görünümü patolojik yorumlamaya yol açacak şekilde farklı olabilir. Sol böbreğin dalak basısına bağlı süperolateral kısmında düzleşme olması deneyimsiz okuyucular tarafından renal hasar şeklinde yorumlanabilir.

*Tablo 3: Defektli hasta sayısında değerlendiriciler arasında korelasyon*

Değerlendiriciler	DEFEKLİ HASTA SAYISI	SKK	Değerlendiriciler	DEFEKLİ HASTA SAYISI	SKK
D1-D2	15/13	0.833	D1-D2	15/15	1
D1-D3	15/14	0.617	D1-D3	15/16	0.509
D2-D3	13/14	0.649	D2-D3	15/16	0.509

İnterreniküler septuma bağlı renal hilus ile parankim arasında lineer tarzda radyoaktivite tutulumundaki azalma (8), böbreklerde fetal lobulasyon olması veya üst pollerin normalin bir varyasyonu olarak rölatif hipoaktif görünümde olması dikkatli yorumlanması gereken durumlardır. DMSA ile yapılan sintigrafide paralel veya pinhol kolimatör veya 3 boyutlu SPECT görüntüleme olmak üzere 3 farklı çekim protokolü kullanılır. Görüntülerin değerlendirilmesinde rutin planar değerlendirmeye alternatif olarak SPECT yönteminin kullanılmasının klinikteki yararı günümüzde halen tartışmalı konular arasındadır.

Çalışmamızda planar görüntülemeye SPECT eklenmesi istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte defekt saptanan hasta sayısını arttırdı (Tablo 1). Bulgumuza paralel olarak Applegate ve ark. planar görüntülemeye kıyasla SPECT görüntüleme ile daha fazla defekt (17 vs 30 böbrek  $p<0.05$ ) saptamıştır (9). Yine Yen TC ve ark. SPECT görüntülemenin özellikle < 3 yaş hastalarda planar yöntemle göre çok daha fazla defekt saptadığını bulmuşlardır (10). Mouratidis B ve ark ve Brenner M ve ark ise bizim çalışmamıza benzer olarak SPECT çalışmada istatistiksel olarak anlamlı olmayan fazla defekt sayısı saptamıştır (11,12).

Önemli olan diğer bir bulgu da SPECT yöntemin katkısını ortaya çıkaracak planar yöntemle saptanmayan ancak SPECT ile saptanan hasta sayısıdır. Bu sayı Mouratidis B ve ark yaptığı çalışmada 2 hasta iken, Applegate ve ark yaptığı çalışmada ise sadece bir böbrekte SPECT görüntüleme sayesinde planar görüntüleme ile saptanamayan defekt bulunmuştur (11,9). Bizim çalışmamızda ise benzer şekilde her üç araştırmacıda da SPECT'de ek olarak saptanan lezyon olmakla birlikte daha az olmakla birlikte SPECT'de gözlenmeyip planar çalışmada defekt gözlenen hastalar olmuştur (tablo 2). Bu bulgular SPECT görüntülemenin 3D görüntü alabilmesi nedeniyle ek defekt saptayabildiğini göstermekle birlikte, yorumlamadaki tecrübesizliğe ve SPECT yönteminin kendine özgü rekonstrüksiyon artefaktlarına bağlı olarak bazı lezyonların saptanmasında sıkıntı yaratabildiğini ortaya çıkarmıştır. Diğer çalışmalarda SPECT'de olmayıp planarda saptanan lezyon olmaması bizim çalışmamızda ki değerlendiricilerin tecrübe seviyesine ve planar sintigrafi sonucunu bilmeden körlemesine değerlendirmesine bağlı olarak yorumlanmıştır.

Planar vs SPECT ile hasta bazında okuyucu içindeki uyum D1, D2 ve D3 için sırasıyla SKK: 0.649, 0.649 ve 0.5 olarak bulundu. Bu uyum her

defekt bölgesi için bakıldığında tecrübe ile ters orantılı olarak düşüş gösterdi (SKK: D1, D2, D3 için sırasıyla 0.362, 0.595 ve 0.06). Brenner M ve ark. bizim çalışmamıza benzer metodoloji ile yaptıkları değerlendirmede araştırmacılar arasında defekt saptamada planar ve SPECT yöntemde korelasyon yüksek olarak buldu (SKK:0.70–0.75) (12). Her iki çalışma arasındaki fark değerlendiricilerin tecrübesi arasındaki farka bağlı olarak yorumlandı.

Defekt şiddeti açısından planar görüntülerde D1 ve D2 arasında yüksek derecede uyum izlenirken (Kappa:0,95), ilk iki okuyucu ile D3 arasında ise daha düşük uyum izlendi (Kappa:0,63). SPECT görüntülerde ise defekt şiddeti uyumunda düşüş görüldü (Şekil 3). Bu korelasyon Brenner M ve ark çalışmasında da iyi olarak bulundu ( $r = 0.69-0.77$ ). Hem lezyon saptanmasında hem de defekt şiddetindeki SPECT yöntem ile azalan korelasyon ve uyum özellikle takip görüntülerde farklı kişiler tarafından değerlendirilebilecek hastalarda potansiyel sorun yaratabilecektir.

Göreceli fonksiyonların hesaplanmasında planar ve SPECT yöntemin her ikisi de tama yakın korelasyon gösterdikleri için birbirlerine üstünlükleri bulunmamaktadır.

#### Sonuç:

Çalışmamızdan elde edilen verilere göre SPECT görüntülemenin, DMSA sintigrafisinin değerlendirilmesinde planar çekime kesin üstünlüğü bulunamamıştır. SPECT görüntülemedeki tecrübe azlığı değerlendiriciler arasındaki korelasyonu ve uyumu azaltmaktadır. Bu nedenle planar DMSA görüntülerine rutin olarak SPECT görüntülemenin eklenmesi için yeterli bilgi bulunamamıştır. Bulguların daha geniş sayılı hasta gruplarında değerlendirilmesi uygun olacaktır.

#### Kaynaklar:

1. Piepsz A, Blaurox MD, Gordon I, et al. Consensus on renal cortical scintigraphy in children with urinary tract infection. *Semin Nucl Med.* 1999;29(2):160-74.
2. Wong SN, Tse NK, Lee KP, et al. Evaluating different imaging strategies in children after first febrile urinary tract infection. *Pediatr Nephrol.* 2010 Oct;25(10):2083-91.
3. Pusuwan P, Reyes L, Gordon I. Normal appearances of technetium-99m dimercaptosuccinic acid in children on planar imaging. *Eur J Nucl Med.* 1999;26(5):483-8.
4. Tarkington MA, Fildes RD, Levin K, Ziessman H, Harkness B, Gibbons MD. High resolution single photon emission computerized tomography (SPECT) 99mtechnetium-dimercaptosuccinic acid renal imaging: a state of the art technique. *J Urol* 1990; 144:598–600
5. Lassmann M, Biassoni L, Monsieurs M, Franzius C, Jacobs F; EANM Dosimetry and Paediatrics Committees. The new EANM

- paediatric dosage card. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2007;34:796-8.
6. Kass EJ, Fink-Bennett D, Cacciarelli AA, et al. The sensitivity of renal scintigraphy and sonography in detecting nonobstructive acute pyelonephritis. *J Urol*. 1992;148(2 pt 2):606-8.
  7. Pusuwan P, Reyes L, Gordon i. Normal appearances of technetium-99m dimercaptosuccinic acid in children on planar imaging. *Eur J Nucl Med*. 1999;26(5):483-8.
  8. Rossleigh MA. The interrenicular septum. A normal anatomical variant seen on DMSA SPECT. *Clin Nucl Med*. 1994;19(11):953-5.
  9. Applegate KE, Connolly LP, Davis RT, et al. A prospective comparison of high-resolution planar, pinhole, and triple-detector SPECT for the detection of renal cortical defects. *Clin Nucl Med* 1997; 22:673-678.
  10. Yen TC, Chen WP, Chang SL, Liu RS, Yeh SH, Lin CY. Technetium-99m-DMSA renal SPECT in diagnosing and monitoring pediatric acute pyelonephritis. *J Nucl Med* 1996; 37:1349-1353
  11. Mouratidis B, Ash JM, Gilday DL. Comparison of planar and SPECT 99Tcm-DMSA scintigraphy for the detection of renal cortical defects in children. *Nucl Med Commun* 1993; 14:82-86.
  12. Brenner M, Dacian Bonta D, Hedieh Eslamy H, Ziessman HA. Comparison of 99mTc DMSA Dual-Head SPECT Versus High-Resolution Parallel-Hole Planar Imaging for the Detection of Renal Cortical Defects *AJR* 2009;193:333-37.