

초기의 수신증 환자의 요로폐쇄 진단에 있어 Tc-99m MAG3 신장 스캔시 실질통과지연 소견의 유용성

울산대학교 의과대학 서울아산병원 핵의학과

이원우 · 문대혁 · 김재승 · 류진숙 · 이희경

Delayed Parenchymal Transit During Tc-99m MAG3 Renography is a Valuable Sign in Diagnosing Urinary Obstruction in Patients with Early Hydronephrosis

Won Woo Lee, M.D., Dae Hyuk Moon, M.D., Jae Seung Kim, M.D.,
Jin-Sook Ryu, M.D. and Hee Kyung Lee, M.D.

Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center,
University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

Abstract

Purpose: Diuretic renography (DR) can be false negative in patients with upper urinary tract obstruction due to low compliance of the renal pelvis. Delayed parenchymal transit (DPT) may be a valuable sign in case of false negative DR. We compared the diagnostic values of DR and DPT during Tc-99m MAG3 diuretic scan in adults with suspected unilateral obstructive uropathy. **Materials and Methods:** Fifty-four patients (male:female=30:24, age: 40.7 ± 15.5 yrs) who underwent Tc-99m MAG3 diuretic scan due to suspicious unilateral obstructive uropathy were analyzed. DR with a $T_{1/2}$ of > 15 min was considered as positive for obstruction. DPT was considered to be present when there was delayed appearance of radioactivity in the renal pelvis and prolonged retention of radioactivity in the renal parenchyma. The renal area ratio was defined as the ratio of pixel number of hydronephrotic kidney over that of normal contralateral at 1~2 min images. Definition of obstruction was improved hydronephrosis after intervention, or aggravated hydronephrosis without intervention. Non-obstruction was defined as unchanged hydronephrosis over 6 months. **Results:** Twenty-six renal units had obstruction and 28 no obstruction. The sensitivities of DR and DPT were 69% (18/26) and 50% (13/26) respectively. Two renal units with DPT but negative DR showed the renal area ratio of < 1.1 . Among the 20 obstructive renal units with DPT or positive DR, 13 with DPT had lower renal area ratio than 7 renal units without DPT (0.97 ± 0.20 vs 1.30 ± 0.41 , $p < 0.05$). Differential renal function was not significantly different between these groups. DPT correctly diagnosed all renal units with non-obstruction (specificity 100%), while the specificity of DR was 89% (25/28). **Conclusion:** DPT during Tc-99m MAG3 diuretic scan may be a valuable sign in diagnosing urinary obstruction especially in patients with false negative DR and early HN. (Korean J Nucl Med 2002;36:306-13)

Key Words: Diuretic renography, Parenchymal transit, MAG3, Urinary obstruction

Received Aug. 26, 2002; accepted Oct. 18, 2002

Corresponding author: 문대혁, 서울시 송파구 풍납2동 388-1 서울아산병원 핵의학과, 8-736

Tel: 3010-4592, Fax: 3010-4588, E-mail: dhmoon@amc.seoul.kr

서 론

수신증(hydronephrosis)은 신기능 저하를 유발하는 폐쇄(obstruction)와 단순한 확장(dilatation)을 구별하여야 하며 이뇨신장스캔(diuretic renography)이 폐쇄와 확장을 감별하기 위하여 널리 쓰인다.^{1,5)} 이뇨신장스캔은 이뇨제 주사 후 방사능이 반으로 감소할 때까지의 반감기($T_{1/2}$) 측정으로 정량적으로 폐쇄를 진단한다.⁶⁾ 그러나 $T_{1/2}$ 측정을 하는 배설기 영상은 그 이전의 혈관기(vascular phase)와 섭취기(uptake phase)의 영향을 받으므로⁷⁾ 검사 전에 수분을 섭취하게 하는 등 검사 프로토콜을 표준화하는 것이 중요하다.^{4,8,9)} 그럼에도 불구하고 이뇨신장스캔으로 위음성이나 위양성이 보고되고 있고, 특히 위음성 결과는 치료 시기가 지연되어 신장기능의 감소를 일으킬 수 있으므로 임상적으로 문제가 된다. 위음성의 원인으로는 신기능이 정상이고 신우가 확장되지 않은 초기의 폐쇄에서, 부분 폐쇄를 극복하는 이뇨제에 대한 과도한 반응 등이 원인으로 추정되고 있다.^{4,7)}

신스캔에서 실질통과지연(delayed parenchymal transit)은 방사성추적자가 신실질을 통과하는 시간이 지체되었음을 의미하며 요르게 폐쇄를 진단하는 중요 소견으로 알려져 왔다.^{7,10-12)} 이뇨신장스캔과 비교한 이전의 연구들에서 실질통과지연 소견은 요르게 폐쇄를 진단하는 능력이 이뇨신장스캔과의 차이가 없었다.^{7,11)} 그러나 심장의 영상을 추가로 얻어 입력함수를 구해야 하고 역중첩(deconvolution)을 해야 하는 등의 단점이 있어서 요로폐쇄가 의심될 때 통과시간(transit time)의 측정은 반드시 필요한 과정은 아니라고 인식되어져 왔다.^{5,13)} 이전의 대부분의 통과시간에 대한 연구들은 Tc-99m DTPA 신스캔을 이용하였으며 Tc-99m MAG3 신스캔에서 나타나는 실질통과지연 소견과 이뇨신장스캔의 폐쇄 진단 능력을 비교한 연구는 없었다.

이 연구는 일측성 요로폐쇄가 의심되는 성인 환자들에서 Tc-99m MAG3 스캔을 시행했을 때 육안적으로 판정한 실질통과지연과 $T_{1/2}$ 측정으로 판정한 이뇨신장스캔의 폐쇄 진단 능력을 비교해 보고, 이

뇨신장스캔에서 나타나는 위음성을 실질통과지연으로 감별해 낼 수 있는지를 알아보았다. 또한 이뇨신장스캔 위음성의 원인으로 의심되는 비확장 신우와 실질통과지연과의 관계를 알아보기 위하여 폐쇄가 있는 신장의 신우 확장 정도를 평가해 보았다.

대상 및 방법

1. 대 상

1999년 6월부터 2000년 12월까지 요로폐쇄가 의심되어 Tc-99m MAG3 이뇨신장스캔을 실시한 환자 중에서 17세 이상이며 일측성 수신증이 있는 환자를 대상으로 하였다. 대상 환자에서 제외된 기준은 수신증이 있는 신장에 요석이 있거나 과거에 요석으로 치료한 병력이 있는 경우, 방광요관역류, 신기능 저하(혈청 크레아티닌 > 2.0 mg/dL), 반대측에도 수신증이 있는 경우였다. 모두 54명(나이 40.7 ± 15.5 세, 남:여 = 30:24)이 연구에 포함되었으며, 기저 질환은 이전에 폐쇄가 있어서 중재적 시술 후 추적 관찰 중인 11예, 악성 종양이 병발해 있었던 10예, 신결핵이 있었던 3예, 그리고 복부 수술 중 요관 손상이 있었던 1예, 결절다발동맥염(polyarteritis nodosa) 1예, 대정맥뒤요관(postcaval ureter) 1예, 외상이 1예였고, 폐쇄의 원인을 모르는 경우(idiopathic) 가 26 예였다.

2. Tc-99m MAG3 이뇨신장스캔

환자는 검사 20분 전에 물 500ml 을 마신 후 검사 직전에 소변을 보게 하였다. 저에너지고해상 조준기가 장착된 대시야(large field of view) 감마카메라(DIACAM, Siemens, USA) 테이블에 환자를 눕힌 후 Tc-99m MAG3 10 mCi를 순간 정맥 주사하고 후면영상을 얻었다. 매트릭스 크기는 64×64 였다. 순간 주사 직후 1초씩 60 프레임을 얻어 신관류(renal perfusion) 영상을 얻었고 이후 배설기(excretory phase) 영상을 5초씩 12 프레임을 1분간 얻은 후 30초씩 36프레임을 18분간 얻어서 레노그램과 시각판독에 사용하였다. 배설기 영상을 얻은 후 신우에 방사능이 남아있을 때 환자에게 다시 소변을 보게 하고 이뇨제(furosemide)를 20 mg 주사한 후

30초씩 40 프레임을 20분간 얻어서 이노신장스캔을 시행하였다.

3. 상대 신기능(differential or relative renal function)

주사 후 1~3분 간의 배설기 영상에서 양쪽 신장에 그린 관심 영역(region of interest=ROI)으로부터 좌우 신장의 카운트와 크기를 정하고 두 신장의 바깥쪽에 반원 모양(lateral semicircular)의 배후 관심 영역(background ROI)을 그려서 다음과 같은 공식으로 각 신장의 교정된 카운트를 얻었다.

$$\text{Kidney}_{\text{corr}} = \text{Kindey}_{\text{raw}} - \text{Bkg} \times (\text{Size}_{\text{kidney}} / \text{Size}_{\text{bkg}})$$

상대 신기능은 교정된 신장 카운트의 합에 대한 각 신장 카운트의 백분율로 정하였다.¹⁵⁾

4. 신장 면적 비(Renal area ratio)

신우 확장 정도는 신장 면적 비를 구하여 평가하였다(Fig. 1). 주사 후 1~2 분간의 배설기 영상에서 신장의 외곽선을 따라 관심 영역을 그리고 이완된 신장의 픽셀 수를 반대측 정상 신장의 픽셀 수로 나누어서 그 비(ratio)를 신우 확장 정도를 나타내는 지표로 삼았다.¹⁵⁾

5. 이노신장스캔과 실질통과지연의 폐쇄 진단 기준

이노신장스캔의 레노그램은 신실질과 신우를 구분하지 않고 신장 전체에 대해 관심 영역을 그린 후 시간에 대한 신장 방사능의 변화를 그래프로 나타내었다. 이노신장스캔의 폐쇄 진단 기준은 이노제투여 후 신우의 방사능이 반으로 감소하는 시간이 15분 이상($T_{1/2} > 15$ 분)일 때 폐쇄 양성 소견으로 하였다.⁶⁾ 이노제를 주사하기 전에 배설기 영상에서 신우에 방사능이 남아 있지 않으면 이노제를 주사하지 않고 폐쇄 음성으로 판독하였다. 실질통과지연은 두 명의 핵의학 의사가 합의 하에 육안적으로 배설기 영상에서 신피질에 방사능이 저류되어 반대측 정상 신장의 신피질에 비해 방사성추적자 배출이 늦어져 있는 경우 실질통과지연이 있는 것으로 판단하였다.

즉, 2분 간격으로 배설기 영상을 나열했을 때 신우에 방사능이 나타나는 시간이 반대측 정상 신장에 비해 느려져 있으면서, 실질의 방사능 저류가 정상 신장에 비하여 현저할 때 실질통과지연이 있다고 판독하였다.^{13,14)}

6. 요로폐쇄의 최종 진단

요로폐쇄의 최종 진단은 임상 추적 결과로 판단하였다. 요로폐쇄가 의심될 때 신우성형술(pyeloplasty)이나 풍선도자확장술(balloon dilatation)을 중재적 시술로서 실시하였다. 중재적 시술은 수신증, 증상과 역행적요로조영술(RGP)을 고려하여 임상 의사가 결정하였다. 요로폐쇄가 있다고 진단하는 경우는 수술이나 중재적 시술 후에 수신증이 호전되거나, 혹은 수술이나 중재적 시술을 하지 않았을 때 수신증이 나빠지는 경우였다. 요로폐쇄가 없다고 진단 내리는 경우는 최소 6개월이상 추적 관찰 이후에도 수신증이 변화 없는 경우로 정의하였다.

7. 통계

이노신장스캔과 실질통과지연의 민감도와 특이도 비교는 McNemar chisquare test로 하였고 신장 면적 비와 상대 신기능의 비교는 Mann-Whitney U test로 하였다. p value가 0.05 미만일 때 유의한 것

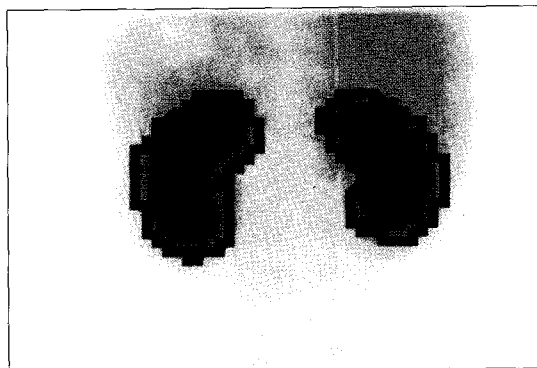


Fig. 1. The degree of hydronephrosis was assessed by renal area ratio, which was defined as the ratio of the number of pixels within the region of interest of the hydronephrotic kidney over that of the normal contralateral kidney. The renal regions of interest were drawn manually from 1 to 2-min posterior images.

Table 1. Correlative Results of Diuretic Renography (DR) and Delayed Parenchymal Transit (DPT)

	DR			
	Obstruction (n=26)		Non-obstruction (n=28)	
	Positive	Negative	Positive	Negative
DPT				
Presence	11	2	0	0
Absence	7	6	3	25
total (n=54)				

으로 판정하였다.

결 과

1. 이뇨신장스캔과 실질통과지연의 진단 성적

전체 54 예 중에서 26 예는 최종 진단에서 요로 폐쇄가 있었고 28예는 폐쇄가 없었다. 폐쇄를 진단하는 민감도는 이뇨신장스캔이 69% (18/26)이고 실질통과지연은 50% (13/26)이었으며(Table 1) 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 이뇨신장스캔으로 폐쇄를 진단하지 못한 8예 중 2예(25%)를 실질통과지연 소견으로 더 찾을 수 있었다. 이들 2예는 신장 면적 비가 모두 1.1 미만이었다.

실질통과지연의 소견만 보였던 1 예는 여자 53세 환자로서 좌측 옆구리 통증을 주소로 내원하여 좌측 수신증이 있으면서 기저질환은 알려져 있지 않은 환자였다. Tc-99m MAG3 신장 스캔에서 실질통과지연소견이 뚜렷하였으나 배설기 레노그램은 정상이었으며 신장 면적 비는 1.08로서 신우 확장이 크지 않았다. 역행성요로조영술(RGP)로 좌측 요관의 협착을 확인하고 풍선도자로 확장술을 두차례 시행한 후 경정맥요로조영술(IVP)에서 조영제의 통과가 호전되었고 추적 Tc-99m MAG3 신장스캔에서 실질통과지연 소견이 나타나지 않았다. 다른 1 예는 63세 남자 환자로서 직장암 수술 후에 경과 관찰 도중 전산화단층촬영에서 우측 신장에 수신증이 발생하였고 Tc-99m MAG3 신장스캔에서 현저한 실질통과지연 소견을 보였으며 신장 면적 비는 1.04였다. 방광경(cystoscopy)으로 우측요관에 암의 재발을 확인하였고 이후 double J stent를 우측 요관에 삽입하였

다. 환자는 추적 Tc-99m MAG3 신장스캔에서 실질통과지연 소견이 사라졌으며 수신증도 호전되었다(Fig. 2).

특이도는 이뇨신장스캔이 89% (25/28) 이었고, 실질통과지연은 100% (28/28)이었으며(Table 1), 실질통과지연과 이뇨신장스캔 사이에 특이도의 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

2. 신장 면적 비의 차이

폐쇄가 있었던 26예 중에서 실질통과지연이 있었던 13예와 실질통과지연이 없었던 13예 사이에 신장 면적 비의 차이는 없었다. 그러나, Tc-99m MAG3 이뇨신장스캔 혹은 실질통과지연으로 폐쇄를 진단할 수 있었던 20예 중 실질통과지연이 있었던 13예의 신장 면적 비는 0.97 ± 0.20 로서 실질통과지연이 없었던 7예의 신장 면적 비 1.30 ± 0.41 에 비해 유의하게 낮았고($p<0.05$), 상대 신기능은 실질통과지연이 있었던 군은 $31.3 \pm 14.8\%$, 실질통과지연이 없었던 군은 $27.0 \pm 11.5\%$ 로서 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

고 찰

Tc-99m MAG3를 사용한 이 연구에서 이뇨신장스캔의 폐쇄를 찾는 민감도는 69%이었고 실질통과지연은 민감도가 50%로 통계학적으로는 두 방법간에 차이가 없었으나, 실질통과지연의 임상적 의의는 이뇨신장스캔으로 위음성 결과를 보였던 8명 중에서 2명을 더 찾을 수 있었던 데 있다고 하겠다. 특히 이들은 신장 면적 비가 1.1 미만으로 신우 확장

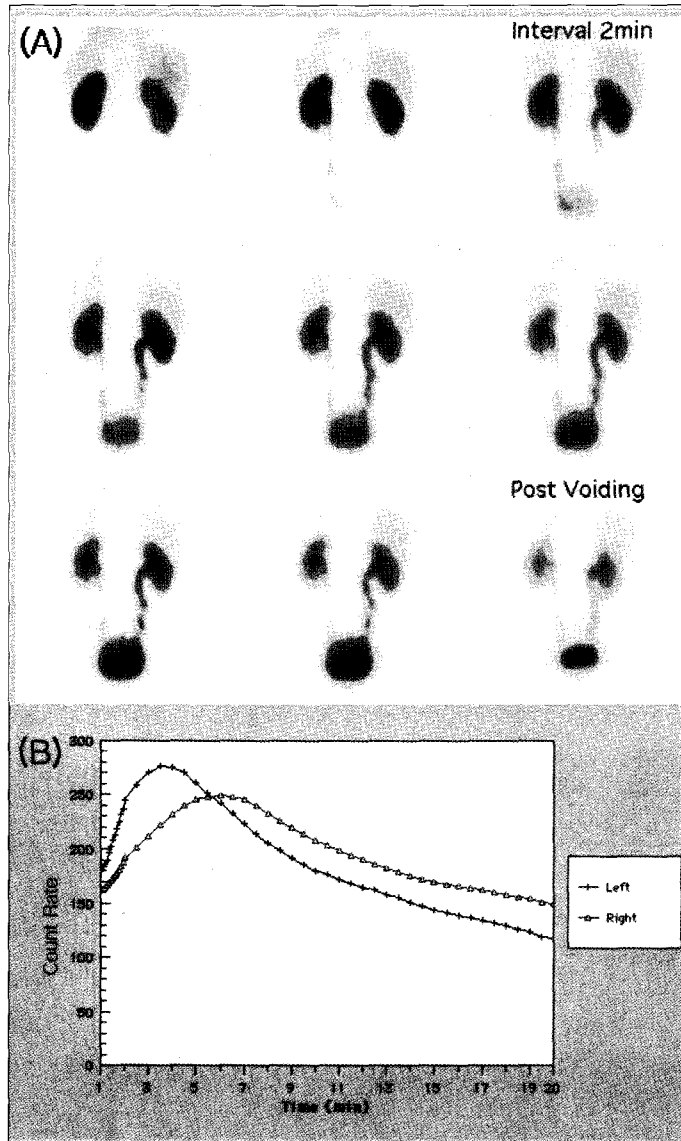


Fig. 2. A 63 year-old male patient who had undergone Miles" operation due to rectal cancer, suffered from right hydronephroureterosis on the follow-up CT 1 year after the operation. (A) Tc-99m MAG3 renal scan shows evidence of delayed parenchymal transit in the right kidney on the posterior view (persistent parenchymal activity and delayed appearance of pelvocalyceal radiotracer) (B) Excretory renogram corresponds to non-obstructive pattern obviating diuretics application. Cystoscopy confirmed invasion of recurrent rectal cancer to the right distal ureter, and then a double-J stent was inserted. Delayed parenchymal transit was normalized on the follow-up Tc-99m MAG3 renal scan.

면적 비가 유의하게 낮아서 신우 확장이 심하지 않을 때는 실질통과지연이 폐쇄를 진단하는데 중요한 역할을 할 것으로 생각되었다.

이노신장스캔에서 위음성 결과가 나오는 경우는 주로 부분폐쇄(partial obstruction)에서 신기능이 정상이고 신우가 확장되지 않은 초기에는 이노제에 대한 반응이 충분하여 부분 폐쇄를 능가하는 소변의 흐름(urine over-flow)이 생기는 경우 위음성이 생길 수 있다.^{4,7)} 이 경우 신우요관이행부 협착이나 요관방광이행부 협착시 근위부의 신우나 요관의 근긴장도가 높을 때(muscular hypertonicity) 신우내압이 높으므로 협착에도 불구하고 어느 정도의 소변의 배설이 유지되어 이노신장스캔에서 위음성 결과를 초래한 다는 것이다.⁸⁾ 따라서 신우의 순응도(compliance)가 낮고 확장되지 않은 경우에 본 연구에서와 같이 실질통과지연을 평가하는 것이 요로폐쇄를 진단하는데 도움을 주리라고 생각되며¹⁰⁾ 본 연구의 결과도 이와 같은 추정을 뒷받침 하는 것이다.

본 연구에서 단 2예에서만 실질통과지연이 진단적 가치가 있었던 것은 본 연구 대상의 특성으로 부분적으로 설명될 수 있다. 신 결석의 경우는 초기의 수신증으로 검사를 하게 되는 경우가 많지만, 실제로 신 결석의 진단이 용이하고, 임상 증상이 매우 심한 경우가 많아, 이노신장스캔이 임상적으로 유용하게 사용되지 않기 때문에 이를 연구대상에서 제외하였고, 따라서 연구 대상 중에 초기의 수신증 환자가 적게 포함되었을 가능성이 있다. 앞으로 보다 초기의 폐쇄환자가 많이 포함된 전향적 연구를 통하여 실질통과지연의 의의가 평가되어야 할 것이다.

본 연구의 다른 하나의 의의는 Tc-99m MAG3 신장스캔에서도 실질통과지연이 이노신장스캔을 보조하여 요로폐쇄 진단에 이용될 수 있다는 사실을 제시한 데 있다. Tc-99m MAG3는 신세뇨관에서 분비되고 배출되며 신장에서 추출물이 Tc-99m DTPA의 3배에 이르고 상대적으로 사구체를 통해 여과되는 분률이 적어 신기능 감소에 영향을 덜 받는 장점이 있어 요로폐쇄가 의심될 때 우선적으로 쓰이는 방사성추적자이다.^{5,6,15,16)} Tc-99m MAG3는 이러한 이유로 다른 방사성의약품을 이용한 신장스캔 보다 우수한 영상을 만들어 내므로 최근에 그 사용이 증

가한 방사성의약품이지만, 실질통과지연이 지니는 의의는 아직 보고된 바 없다.^{6,15)} 본 연구의 결과는 Tc-99m MAG3 이노신장스캔시에 단순한 육안 판정만으로도 특별히 검사의 방법을 바꾸거나, 다시 검사할 필요 없이, 한 가지의 검사로 간편하게 진단의 정확성을 높일 가능성이 있다는 것을 암시한다. 더욱이 실질통과지연의 특이도는 100%로서 진단의 예민도를 높여서 위음성을 줄이기 위하여 실질통과지연을 참조하더라도 위양성이 증가할 우려가 적기 때문에 실질통과지연이 임상적인 가치를 지닌다고 하겠다.

실질통과지연은 역중첩을 이용한 분석방법으로 실질통과 시간을 측정하여야 하나, 실질통과지연을 측정할 수 있는 간단한 방법은 신우에 방사능이 도달하는 시간과 신실질의 방사능 저류를 육안으로 판정하는 것이다.¹³⁾ Tc-99m MAG3 신스캔에서는 우수한 영상의 질로 인하여 시각판단으로 실질통과 시간을 반정량적으로 측정하는 것이 가능하기 때문에 역중첩분석을 하기가 어려운 경우는 유용한 대안이 될 수 있다.¹⁴⁾ 그러나 요로폐쇄등 실질통과지연 측정이 임상적으로 유용하다고 보고된 질환군에서 시각판단과 역중첩분석으로 구한 실질통과시간은 질환에 따라 상관관계가 달라질 수 있다는 보고도 있으므로, 역중첩을 통한 정량분석법의 가치는 앞으로 다른 연구를 통하여 평가가 필요하다.¹⁴⁾

이 연구의 제한점 중 하나는 먼저 후향적인 연구라는 점을 들 수 있다. 따라서 Tc-99m MAG3 이노신장스캔을 하게 된 이유가 균일하지 못한 단점이 있다. 또 한가지 제한점은 수신증의 정도를 배설기의 1~2분 영상에서 얻은 신장 면적 비를 가지고 판단하였다는 것이다. 방사성추적자 주사 후 1~2분간의 영상은 신장의 실질에 방사능이 섭취되어 있는 상태이지 신우에 모여 있는 상태가 아니다. 그러나 수신증의 임상적인 의미는 신외신우(extrarenal pelvis)의 확장보다는 신배(calyx)나 신내신우(intrarenal pelvis)의 확장이 더 중요한 역할을 하고 있는 점을 고려할 때 요로폐쇄의 진행 정도를 평가함에 있어 큰 오류는 없으리라고 생각한다.¹⁸⁾

결론적으로 Tc-99m MAG3 스캔에서 실질통과지연은 신우 확장 정도가 심하지 않은 요로폐쇄에서

이노신장스캔이 위음성인 경우의 요로폐쇄 진단에 도움을 줄 수 있는 소견이다.

요 약

목적: 신우 확장이 심하지 않은 상부 요로 폐쇄 환자는 신우의 순응도가 낮아 이노신장스캔에서 위음성으로 나올 수 있다. 실질통과지연이 이노신장스캔 위음성을 감별해 내는 유용한 소견이 될 가능성이 있다. 저자들은 일측성 요로폐쇄가 의심되는 성인 환자들을 대상으로 Tc-99m MAG3 신장스캔을 실시하였을 때 이노신장스캔과 실질통과지연의 폐쇄진단 능력을 비교해 보았다. **대상 및 방법:** 일측성 요로폐쇄가 의심되어 Tc-99m MAG3 이노신장스캔을 실시한 54명(남:여=30:24, 나이 40.7±15.5세)이 대상 환자군이었다. 이노신장스캔의 폐쇄 양상에 대한 진단기준은 $T_{1/2} > 15$ 분 이었고, 반대측 정상신장에 비해 신우에 방사능이 늦게 나타나고 실질에 방사능 저류가 현저할 때 실질통과지연이 있다고 하였다. 수신증의 정도는 1~2분 배설기 영상에서 수신증이 있는 신장대 반대편 신장의 면적 비로 구하였다. 폐쇄의 최종 진단은 중재시술 후에 수신증이 호전될 때 혹은 중재시술을 하지 않은 경우는 수신증이 악화될 때였다. 폐쇄 없음으로 정의한 경우는 6개월이상 추적하였을 때 수신증이 변화 없을 때였다. **결과:** 26예는 폐쇄가 있었고 28예는 폐쇄가 없었다. 이노신장스캔과 실질통과지연의 민감도는 각각 69% (18/26) 와 50% (13/26)이었고 이노신장스캔으로 위음성을 보였던 2예의 폐쇄를 실질통과지연으로 더 찾을 수 있었으며 이들은 신장 면적 비가 1.1미만이었다. 이노신장스캔 혹은 실질통과지연으로 폐쇄를 진단할 수 있었던 20예 중 실질통과지연이 있었던 13예는 실질통과지연이 없었던 7예보다 신장 면적 비가 유의하게 작았으나(0.97±0.20 vs 1.30±0.41, $p < 0.05$) 상대신기능은 차이가 없었다. 특이도는 실질통과지연이 100% (28/28)이고 이노신장스캔은 89% (25/28)이었다. **결론:** Tc-99m MAG3 스캔에서 실질통과지연은 신우 확장 정도가 심하지 않은 요로폐쇄에서 이노신장스캔이 위음성인 경우의 요로폐쇄 진단에 도움이 될 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) O'Reilly PH, Testa HJ, Lawson RS, Farrar DJ, Edwards EC. Diuresis renography in equivocal urinary tract obstruction. *Br J Urol* 1978;50:76-80.
- 2) Ahn C, Lee HY, Kwon IS, Park JS, Kim S, Lee MC, et al. A Study on the Effectiveness of Diuretic Renal Scan on Functional and Pathologic Obstructive Uropathy. *Korean J Nucl Med* 1983;17:57-62.
- 3) Kim JH, Lee DS, Kwark C, Lee KH, Choi CW, Chung J-K, et al. Quantitative Assessment of Obstructive Uropathy with Diuretic Renography in Children. *Korean J Nucl Med* 1993;27:239-47.
- 4) O'Reilly P, Aurell M, Britton K, Kletter K, Rosenthal L, Testa T. Consensus on diuresis renography for investigating the dilated upper urinary tract. Radionuclides in Nephrourology Group. Consensus Committee on Diuresis Renography. *J Nucl Med* 1996;37:1872-6.
- 5) Dubovsky EV, Russell CD. Advances in radionuclide evaluation of urinary tract obstruction. *Abdom Imaging* 1998;23:17-26.
- 6) Lee DS. Kidney and Urologic system. In: Koh C-S. *Nuclear Medicine*. Seoul: Korea Medical Co.; 1997. p.513-33.
- 7) Britton KE, Nawaz MK, Whitfield HN, Nimmon CC, Carroll MJ, Granowska M, et al. Obstructive nephropathy: comparison between parenchymal transit time index and furosemide diuresis. *Br J Urol* 1987;59:127-32.
- 8) Conway JJ, Maizels M. The "well tempered" diuretic renogram: a standard method to examine the asymptomatic neonate with hydronephrosis or hydroureteronephrosis. *J Nucl Med* 1992;33:2047-51.
- 9) Mandell GA, Cooper JA, Leonard JC, Majd M, Miller JH, Parisi MT, et al. Society of Nuclear

- Medicine Procedure Guideline for Diuretic Renography in Children 2.0. Society of Nuclear Medicine Procedure Guidelines Manual 2001-2002. p.139-43.
- 10) Whitfield HN, Britton KE, Hendry WF, Nimmon CC, Wickham JE. The distinction between obstructive uropathy and nephropathy by radioisotope transit times. *Br J Urol* 1978;50: 433-6.
 - 11) Neal DE, Simpson W, Bartholomew P, Keavey PM. Comparison of dynamic computed tomography, diuresis renography and DTPA parenchymal transit time in the assessment of dilatation of the upper urinary tract. *Br J Urol* 1985;57:515-9.
 - 12) Verboven M, Achten R, Keuppens F, Jonckheer M, Piepsz A. Radioisotopic transit parameters in obstruction of pelviureteral junction. *Urology* 1988;32:370-4.
 - 13) Russell CD. Measurement and interpretation for renal transit times. In: Murray IPC, Ell PJ. *Nuclear Medicine in Clinical Diagnosis and Treatment*. Hong Kong: Churchill Livingstone; 1998. p.257-61.
 - 14) Makoba GI, Nimmon CC, Kouykin V, Gupta AK, Gupta H, Britton K. Comparison of a corticopelvic transfer index with renal transit times. *Nucl Med Commun* 1996;17:212-5.
 - 15) Oh SJ, Moon DH, Kang W, Park YS, Park T, Kim KS. Supranormal differential renal function is real but may be pathological: assessment by 99m technetium mercaptoacetyltriglycine renal scan of congenital unilateral hydronephrosis. *J Urol* 2001;165:2300-4.
 - 16) Eshima D, Taylor A, Jr. Technetium-99m (^{99m}Tc) mercaptoacetyltriglycine: update on the new 99mTc renal tubular function agent. *Semin Nucl Med* 1992;22:61-73.
 - 17) Eshima D, Fritzberg AR. Radiopharmaceuticals for renal imaging. In: Henkin RE, Boles MA, Dillehay GL, Halama JR, Karesh SM, Wagner RH, editors. *Nuclear Medicine*. St. Louis: Mosby; 1996. p.1055-64.
 - 18) Fernbach SK, Maizels M, Conway JJ. Ultra-sound grading of hydronephrosis: introduction to the system used by the Society for Fetal Urology. *Pediatr Radiol* 1993;23:478-80.
-