대한방사선의학회지 2000;43:331 - 338

호흡정지 3차원 FISP를 이용한 배설성 자기공명 요로조영술: HASTE 기법과의 비교 연구[1]

송원규 · 이정민 · 진공용 · 황호경 · 한영민 · 임성희[2]

목적: 폐쇄성 요로질환이 의심되었던 환자에서 호흡정지 3D FISP을 이용한 조영증강 배설성 자기공명요로조영술의 유용성을 기존의 HASTE 기법을 이용한 자기공명 요로조영술과 비교하여 알아 보고자 하였다.

대상과 방법: 초음파검사나 경정맥 요로조영술에서 폐쇄성 요로질환이 의심되었던 23명의 환자를 대상으로 하였다. 연령은 21 - 80세 (평균 54세)였고, 남녀 비는 15:8이었다. 자기공명영상은 1.5 T를 이용하였으며, 고식적인 자기공명 요로조영술은 기존의 HASTE 기법을 이용하여 얻었으며, 조영증강 배설성 자기공명 요로조영술은 3D FISP 기법을 이용하여 5분, 10분, 20분, 30분 영상을 얻었고, 환자에 따라서는 24시간까지 연장하여 영상을 얻은 후 MIP기법으로 재구성하였다. 이 두 가지 기법을 이용하여 얻은 영상들을 신우신배계, 근위부 요관, 중위부 요관, 원위부 요관에 따라 신호 대 잡음 비를 측정하여 정량적으로 분석을 하였다. 또한, 2명의 방사선과 전문의가 독립적으로 이 영상들을 각 요로부위의 묘출도와 요로 폐쇄의 위치 및 원인의 진단에 대하여 정성적으로 분석하였다.

결과: 정량적 분석에서 두 기법 간 각 부위에 대해 측정한 신호 대 잡음 비 또는 대조도 대 잡음비의 차이는 중위부와 원위부 요관에서 FISP기법을 이용한 자기공명 요로조영술이 우월하였다 ($p < 0.05$). 정성적 분석에서 각 부위에서 요관의 해부학적 묘출, 폐쇄 부위의 확인 및 해부학적 기형이나 내부종양의 진단에는 FISP이 우수하였으나 ($p < 0.05$), 수신증의 정도확인이나 결석의 진단에는 차이가 없었다.

결론: 호흡정지 3D FISP을 이용한 조영증강 배설성 자기공명 요로조영술은 HASTE 기법의 자기공명 요로조영술에 비하여 폐쇄성 요로질환의 진단에 있어서 매우 우수한 해부학적 묘출을 가능케 하는 동시에 신기능에 대한 정보도 주기 때문에 매우 유용한 검사법이라 생각한다.

자기공명 요로조영술(MR urography, 이하 MRU로 약함)은 RARE(rapid acquisition with relaxation time), FSE (fast spine echo), HASTE(half Fourier acquisition turbo spin echo) 와 같이 매우 강한 T2강조영상기법을 이용하여 요로를 조영하는 방법으로, 조영제를 사용하지 않고 비교적 짧은 시간 안에 비뇨기계의 정확한 형태학적 정보를 얻을 수 있다는 점이 큰 장점이며, 조영제를 사용하지 않기 때문에 신기능이 저하된 환자에서 경정맥 요로조영술(intravenous urography: 이하 IVU 로 약함.)을 시행할 수 없는 경우에 가장 흔히 사용된다 (1 - 2). 하지만, 이들 방법은 공간분해능이 IVU에 비하여 낮으며 신기능에 대한 어떤 정보도 없이 단지 비뇨기계의 해부학적 정보만을 제공하는 한계점을 가지고 있고 수가가 높아서 아직까지 보편적으로 사용되고 있지는 않다 (3).

최근 많이 사용되고 있는 여러 가지 MR조영제 중 가돌리니움(Gadopentate diglumine)은 신장을 통하여 여과되어 배출되고 CT나 요로조영술에 사용되는 요오드 조영제에 비하여 신독성이 거의 없기 때문에, 가돌리니움제제를 이용한 조영증강 MRU는 비뇨기계에 대한 좋은 해부학적 정보를 제공하는 동시에 신장 기능에 대한 정보를 제공할 가능성이 있다 (3 - 6). 이러한 조영증강 배설성 자기공명 요로조영술(contrast enhanced excretory MR urography: 이하 CEMRU)은 아직 연구 부족과 높은 수가 등으로 인해 보편적이지는 못하지만 단 한번의 검사로 요로계의 기능 및 형태학적 이상에 대한 정보를 제공할 수 있으므로 실험적으로나 임상적으로 많은 관심을 끌고 있다 (3, 7).

하지만, 최근까지도 조영증강후 T1강조 영상을 이용한 요로조영술에 관한 연구는 드물며, 기존의 보고에서 이용된 T1강조영상 기법들은 대부분이 비호흡중지기법들로서 영상획득시

[1]전북대학교 의과대학 진단방사선과학교실
[2]남원의료원 내과
이 논문은 2000년도 전북대학교의 지원연구비에 의하여 연구되었음.
이 논문은 1999년 11월 15일 접수하여 2000년 7월 10일에 채택되었음.

간이 상당히 길어서 호흡과 관련된 인공물에 의한 영상의 질적 저하를 피할 수 없었으며, 검사에 필요한 시간이 긴 점이 큰 단점이었다 (1, 3). 이에 저자들은 매우 짧은 TR와 TE (5 ms 혹은 2 ms)를 이용한 호흡정지 3D-FISP으로 CEMRU를 시행하여 기존에 많이 이용되고 있는 HASTE 기법과 비교함으로써 3D-FISP을 이용한 CEMRU의 유용성을 알아 보고자 하였다.

대상과 방법

대상환자

초음파검사나 IVU에서 수신뇨관증 또는 비조영신을 포함하는 폐쇄성 요로질환이 의심되는 23명의 환자를 대상으로 하였다. 대상환자의 나이는 21-80세 (평균나이: 54세)였고 남녀 비는 15:8이었다. 내원 당시 평균 크레아티닌 수치는 평균 0.99 mg/dl 이었고, 10명에서 1.2 mg/dl 이상으로 증가 소견을 보였고, 1예에서는 내원 당시에 크레아티닌 수치가 10 mg/dl 이상으로 증가된 급성 신기능부전을 보였다.

CEMRU는 심한 배부통 (5예), 육안적 혈뇨 (1예), 원인 불명의 수신증 및 요로확장 (11예), 의심스러운 요로 내부 종양 (3예), 일측 비조영신 (1예), 요관 결석 (2예)을 포함하여 주로 상부 요로를 반영하는 다양한 증상들과 주소를 검사하기 위해서 시행되었다.

IVU

고식적 IVU는 모두 14명에서 시행하였으며, 대부분의 환자에서 7-14일 내에 CEMRU을 시행 하였다. IVU를 시행한 환자 중 4명에서는 역행성요로조영술(retrograde urography, 이하 RGP로 약함)을 시행하였고, 5명에서 경피신루설치술(percutaneous nephrostomy, 이하 PCN으로 약함) 및 순행성요로조영술(antegrade urography, 이하 AGP로 약함)을 시행하였다.

MR 기법

모든 환자들은 CEMRU를 시행하기 전에 배뇨를 하도록 하였고, MRU시행 전에 금식, 수분 섭취 또는 장이완제의 사용은 엄격히 시행하지 않았다. 모든 MR영상은 1.5 Tesla Unit (Magnetom Vision unit; Simens AG, Erlagen, Germany)을 이용하여 얻었으며, 환자들은 앙와위로 위치시키고 위상 배열 코일(phase array coil)을 이용하였다. MR 영상은 호흡정지 HASTE 기법 (TR 11.9 ms, TE 95 ms, ETL 128, flip angle 150, matrix size 115×256, FOV 333x380, slice thickness 5 mm, scan time 17 seconds)을 이용하여 관상면으로 얻었다. 이후 CEMRU를 얻기 위해 저용량의 이뇨제 (Lasix; Hoechst, Frankfurt/Main, Germany) 20 mg을 정주하고, 30초에서 1분 후에 kg당 0.1 mmol의 가돌리니움(Gadopentate Diglumine)을 정주하였다. 이뇨제는 상자성 물질(paramagnetic substance)인 가돌리니움(Gadopentate Diglumine)의 상자성 자기화효과(paramagnetic susceptibility effect)를 줄이기 위하여 사용하였다. CEMRU는 호흡정지 3D-FISP 기법 (TR 5 ms, TE 2 ms, flip angle 40, matrix size 115×256, FOV 285×380, slice thickness 2 mm, scan time 17 seconds)을 이용하여 관상면으로 시행되었고 3분, 5분, 20분, 30분 영상을 기본적으로 얻었다. 만약 신조영이나 신우조영이 늦어지는 경우에는 필요한 경우 24시간까지 연장하였으며, 신혈관에 관한 정보가 필요한 경우에는 조영제 주입 후 7초와 30초에 MRU와 같은 기법으로 추가 영상을 획득하였다. 삼차원 경사자장 에코 파형들 (3D gradient-echo sequences)로부터 얻어진 원 영상으로부터 최대신호투영법(Maximum Intensity Projection, MIP)으로 재구성한 영상을 얻었고 이를 위해 1분에서 3분 정

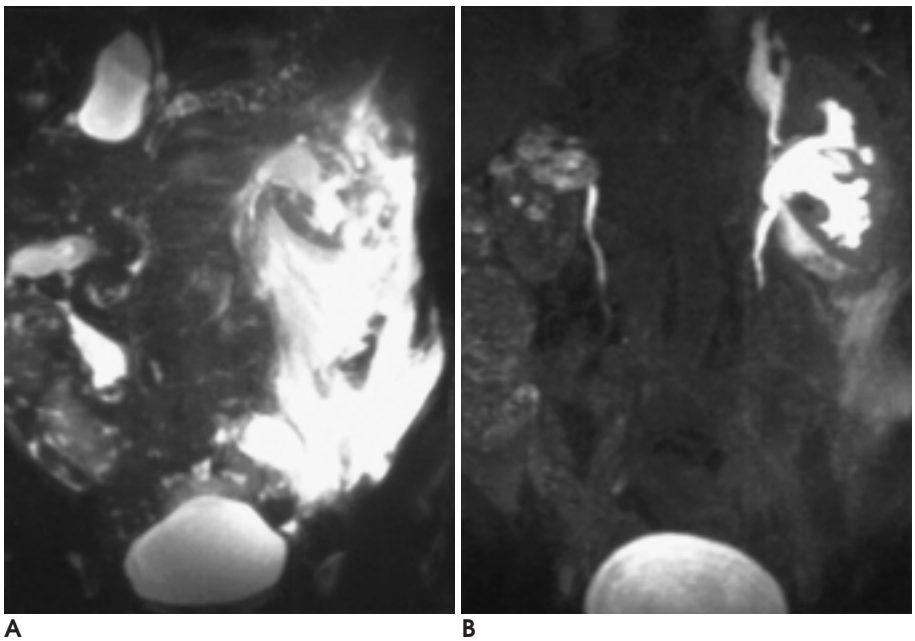


Fig. 1. A 63-year-old man with partial obstruction of the left porximal ureter and hydronephrosis and extravasation of contrast due to foniceal rupture.
A. MR urography using HASTE sequence does not show pelvocalyceal dilatation of left kidney and obstruction of the left proximal ureter because of severe artifact due to dilated bowels or fluid collections.
B. CEMRU using FISP sequence clearly shows pelvocalyceal dilatation of the left kidney and extravasation of contrast due to forniceal rupture and obstruction of the proximal ureter.

도의 시간이 소요되었다.

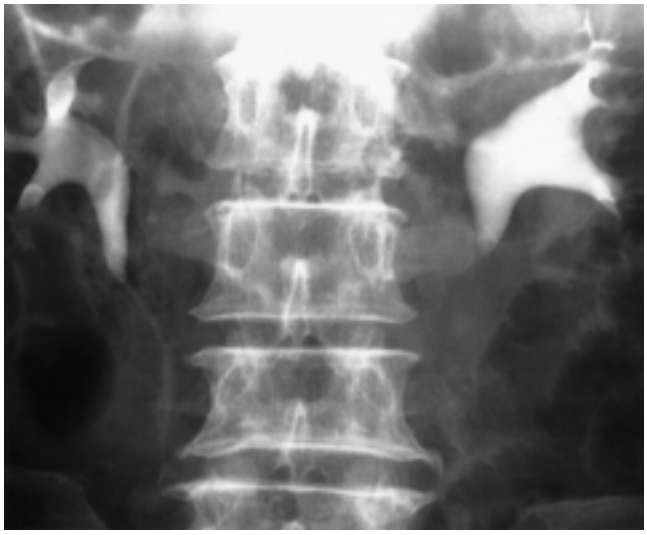
영상 평가 및 통계 분석

최종적인 진단은 18예에서 환자 과거력, 이학적 소견, 임상경과 그리고 모든 진단검사 자료 (IVU, CEMRU, 초음파검사, RGP 또는 AGP, 컴퓨터 단층촬영술, 내시경)를 종합하여 내렸고 수술을 시행하여 확인한 예가 4예, 신생검으로 확인한 예가 1예였다. CEMRU와 HASTE기법을 이용한 MRU의 진단적 가치를 비교 평가하기 위하여 정성적 분석과 정량적 분석을 시행하였고 정성적 분석을 위하여 최종 진단 과정에 대한 정보 없이 2명의 방사선과 전문의가 독립적으로 평가하였다. 정량분석에서는 신우 신배계, 근위부 요관, 중위부 요관, 원위부 요관에 대한 signal to noise ratio와 병변에 대한 contrast to noise ratio를 측정한 후 paired T - test 를 이용하여 두 기법을 분석하였다. 정성적 분석에서는 요로폐쇄 질환에서 관찰할 수 있는 해부학적 이상, 집합계 또는 요로계의 비정상적 확장, 충만결손, 결석, 내부종양, 외부종양에 의한 압박 또는 변위등의 주 이상소견들에 대하여 두 기법의 진단적 가치(diagnostic value)를 평가하였다. 다음으로 각각의 관찰자가 IVU와 비교하여 MRU와 CEMRU의 각 요로 부위에 대한 해부학적 묘출도를 평가한 다음, 다시 두 자기공명 요로조영술을 간접 비교하여 평가하였다. IVU와 두 종류의 MRU의 비교 평가는 2명의 관찰자가 신우신배계, 근위부 요관, 중위부 요관, 원위부 요관의 해부학적 묘출도(morphologic accuracy)에 대하여 다음과 같은 기준으로 각각 1점에서 4점까지 4등급으로 나눈 후 kappa test와 Wilcoxon signed ranks test로 통계 처리하였다.

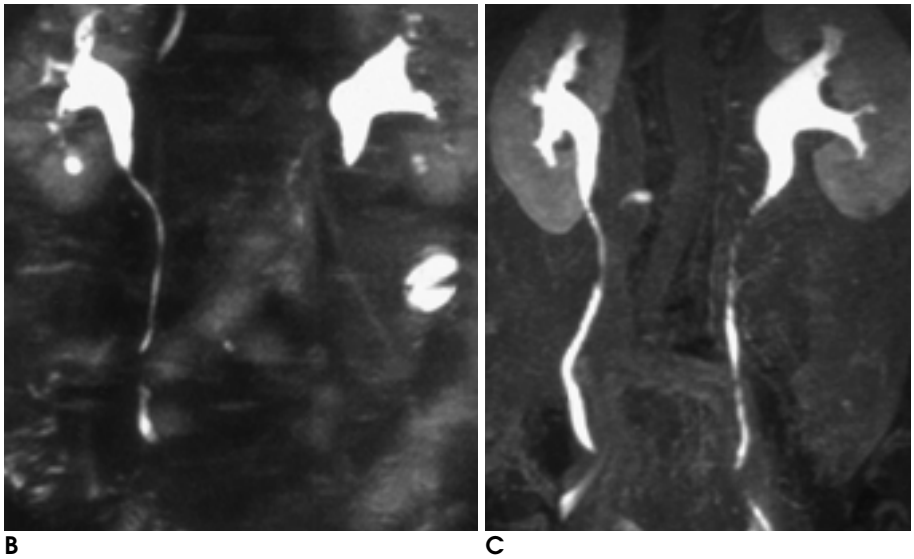
1. MRU가 최소한의 형태학적 세밀함 (morphologic detail)을 제공하고 IVU에 비해 현저히 열등한 경우
2. MRU가 좋은 형태학적 세밀함을 제공하지만 IVU에 비해 약간 열등한 경우
3. MRU가 IVU와 동등한 정도의 형태학적 세밀함을 제공하는 경우
4. MRU가 IVU보다 우수하고 예민한 형태학적 세밀함을 제공하는 경우

방광을 제외하고는 양쪽의 요로를 각각 분석하였고, 따라서 MRU와 IVU의 비교는 28개의 신장 및 요로를 포함하였다.

또한, 두 MRU기법 간의 직접 비교를 위해 인공물(artifact)의 생성 정도와 병변의 명확성(lesion conspicuity)에 따라서, 인공물이 아주 심하고 병변이 보이지 않는 경우(bad)는 1점, 인공물이 심하고 병변의 유무가 분명치 않은 경우(poor)는 2점, 인공물이 덜 심하고 병변이 보이는 경우(fair)는 3점, 인공물이 약간 보이고 병변이 좀더 명확한 경우(good)는 4점, 인공물이 거의 보이지 않고 병변이 아주 명확한 경우 (excellent)는 5점을 준 후 두 기법을 같은 통계 처리 방식으로 비교하였다.



A



B C

Fig. 2. A 64-year-old man with the left extrarenal pelvis of normal variation.
A. IVU shows mild hydronephrosis and faint visualization of whole length of the ureter, hence, falsely diagnosed as UPJ stricture.
B. MR urography using HASTE shows mild hydronephrosis and does not visualize whole length of the left ureter like IVU.
C. CEMRU using FISP sequence clearly shows prominent renal pelvis and whole length of the ureter, hence, correctly diagnosed extrarenal pelvis of normal variation.

결 과

수신증의 원인은 임상증상, 혈액이나 소변검사, 다양한 방사선검사 및 조직검사로 진단하였다. 총 23명 중 14명 (16예)에서는 요로 협착이나 폐쇄를 동반한 수신증이 확인되었으며, 원인으로는 신우요관부위 및 근위부 요관의 양성협착 (7예), 자궁경부암 방사선치료에 의한 요관 방광부위 협착 (1예), 근위부 요관의 결석 (3예), 악성종양에 의한 원위부 요관의 폐쇄 (3예), 원인불명의 수신증 (2예) 등이었다. 나머지 수신증을 동반하지 않았던 경우로는 무기능신 (1예), 신우내 이행성 상피세포암 (1예), 요관의 기형 (2예), 정상변이의 신요로 (3예), 양측 다발성 신우주위 낭종 (1예), 신성고혈압 (1예), 사구체신염 (1예) 등이었다 (Table 1).

초음파검사는 23명 중 15명에서 시행하였으며, 13예에서 수신증을 보였고 2예에서 신종양, 2예에서 신실질 질환, 1예에서 신낭종을 보였다. 수신증의 정도는 grade I 2예, grade II 7예, grade III 4예였다. IVU은 14명 중 2예에서 비조영신을 보였고, 2예에서 완전 폐쇄, 9예에서 불완전 폐쇄, 1예는 중복요관을 보였고, 1명에서 정상 변이의 신우 형태를 보였다. 이들 14명 중 5명의 환자에서 IVU에서 잘 보이지 않는 요관을 CEMRU에서는 전장에 걸쳐 관찰할 수 있었다. 또한, HASTE와 RGP에서 불확실한 신우 신배 내 종괴를 보였던 1명의 환자에서는 후에 시행한 CEMRU에서 확실하게 낮은 신호 강도를 보이는 신우내 종괴로 진단되었다. CEMRU에서 양성 신우요관협착이 의심되었던 2명의 환자에서 수술로 양성 협착이 확인되어 신우 성형술을 시행하였다. PCN을 시행한 5명 중에서 1명에서는 전이성 자궁경부암에 의한 원위부 요관의 불완전 폐쇄, 다른 2명은 근위부 요관의 양성협착에 의한 불완전 폐쇄, 1명은 원인 불명의 불완전 폐쇄, 1명은 원위부 요관의 불완전 폐쇄로 진단되었다.

이 연구의 3D - FISP기법을 이용한 CEMRU에서 모든 환자

Table 1. Final Clinical Diagnosis in 23 Patients

Consensus diagnosis	No. of Patients*
Anomaly of the urinary tract	1
Dilatation (obstructive and nonobstructive)	14
Urolithiasis†	3
Transitional cell carcinoma	1
Benign stricture of the urinary tract	7
Metastatic cancer of the urinary tract	2
Other causes for dilatation‡	2
Glomerulonephritis	1
Renovascular hypertension	1
Multiple parapelvic cysts	1
Nonfunctioning kidney	1
Normal variation of the urinary tract	3

* Number of paients with one or more of these diagnosis.
Pathologic diagnosis = 7
† All cases of urolithiasis were bostructed.
‡ Other causes include radiation therapy and unknown origin.

Table 2. Quantitative Analysis at the Different Levels of the Urinary tract.

Location	HASTE	FISP	P-value
Pelvocaliceal*	4.390	2.463	0.013
Proximal ureter*	2.394	2.306	0.903
Mid-ureter*	0.737	2.383	0.003
Distal ureter*	0.473	1.641	0.001

* SNR : Signal to noise ratio

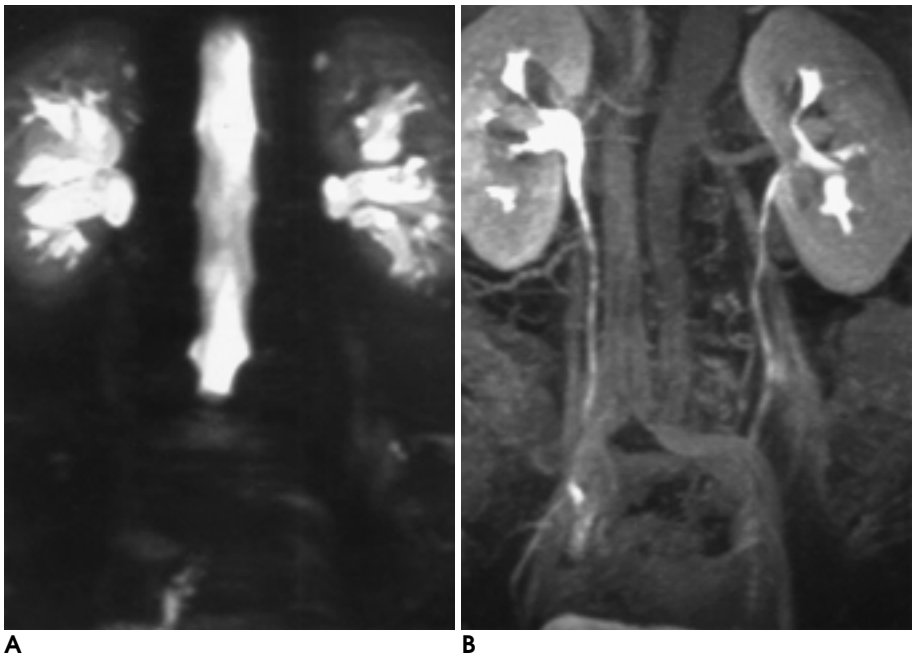


Fig. 3. A 75-year-old woman with multiple parapelvic cysts of both kidneys.
A. MR urography using HASTE sequence shows only hydronephrosis of both kidneys and does not visualize whole length of the ureter.
B. CEMRU using FISP sequence shows multiple low signal intensities in both pelvocalyceal systems and clearly visualize whole length of the ureter, hence, correctly diagnosed multiple parapelvic cysts of both kidneys.

의 정상측 요관은 근위부에서 원위부까지 잘 관찰되었으며 불완전 폐쇄가 있었던 경우 폐쇄 부위 이하까지 조영되었고 영상 획득 시간은 17초 - 19초였다. 정상 기능의 요로계는 조영제 주입 후 5 - 20분 이내에 완전히 조영 되었으며, 다층면 MIP 영상은 전장의 후복막 요로 주행을 삼차원적으로 정확하게 보여주었다.

이 연구의 1예에서 HASTE상 주위 장관 구조와 신장 주변의 액체 저류 등의 방해물로 인해 신장과 요관을 잘 볼 수 없었지만 3D - FISP을 이용한 CEMRU에서는 근위부 요관의 협착에 의한 수신증과 신배 함요부의 자연파열(spontaneous forniceal rupture)에 의한 조영제 외부유출(extravasation)을 관찰할 수 있었다 (Fig. 1). 3D - FISP을 이용한 CEMRU는 HASTE기법을 이용한 MRU에 비하여 정상 요관을 전장에 걸쳐 잘 보여줄 수 있었고 상부 요로의 협착이 있던 5명의 환자에서 IVU와 HASTE에서 잘 보이지 않는 요관을 3D - FISP에서는 전장에 걸쳐 관찰할 수 있었다. IVU와 HASTE에서 하부 요로가 잘 보이지 않고 상부 요로가 확장을 보여 신우요관의 부분협착을 의심하였던 1예에서 CEMRU상 전장의 요로와 신외신우가 잘 보여 정상 변이의 신외 신우를 진단할 수 있었다 (Fig 2). 또 다른 1예에서는 초음파검사와 HASTE상 양측 신우 주위에 다수의 낭종으로 인하여 수신증을 의심하였지만 3D - FISP에서는 정상 신우및 요관과 저신호강도의 다발성 신우주위 낭종을 진단할 수 있었다 (Fig. 3).

MRU와 CEMRU 기법을 정량적으로 분석했을 때, 신우와 근위부 요관에서의 SNR은 통계학적으로 의의 있는 차이를 보이지 않았으나 중위부 요관과 원위부 요관에서의 SNR은 FISP에서 높은 신호를 보여 통계적으로 의의 있는 차이를 보였다 ($p < 0.05$) (Table 2). 두 기법의 요로 각 부위에 대한 해부학적 묘출도에 대한 정성적 분석에서, 신우신배계를 포함하여 전장의 요관에서 3D - FISP이 통계학적으로 뚜렷하게 우수하였다 ($p < 0.05$) (Table 3). 요관에서의 3D - FISP의 평균점수는 3점 이상으로 IVU와 동등하거나 나은 정도의 정확도를 보였고 5예에서는 IVU와 HASTE MRU상 협착 부위 하방으로 보이지 않았던 요관이 3D - FISP에서는 전장에 걸쳐 조영되었다. 그렇지만 신장의 신우 신배계에서는 평균 3점 이하로 IVU에 비해서 약간 열등한 정확도를 보였다. 또한, 병변 부위에 대한 인공물의 방해 정도와 병변의 명확도에 대한 두 가지 MRU기법의 비교 평가에서도 3D - FISP이 인공물의 방해 정도는 적고 병변의 명확도는 우수하였으며 이는 통계적으로 의미있는 차이를 보였다 ($p < 0.05$) (Table 4). 정성적 비교시 두 관찰자 사이의 Kappa 값은 0.8로 좋은 일치도를 보였다.

두 관찰자의 두 기법 사이의 진단적 정확도에 대한 평가에서 수신뇨관증의 정도 판정 및 폐쇄의 위치 판정에 있어 의미있는 차이는 없었고, 또한 충만결손의 확인에는 FISP이 우수하였지만 원인의 평가에는 차이가 없었다. 즉 결석의 진단은 두 기법에서 거의 동일하였으며 해부학적 기형이나 내부의 종양을 진단하는 데는 FISP이 우수하였다 (Table 5).

Table 3. Qualitative Analysis for Individual scores of the Two Obsevers for the Different levels of the urinary Tract (Comparison of HASTE and FISP with IVU)

	Observer 1			Observer 2		
Location	HASTE	FISP	P-value*	HASTE	FISP	P-value*
Pelvocalyceal	2.571	3.091	0.020	2.364	2.826	0.032
Proximal ureter	2.350	3.546	0.001	2.250	3.227	0.003
Mid ureter	1.765	3.571	0.001	1.875	3.286	0.002
Distal ureter	1.706	3.523	0.002	1.563	3.318	0.001

*P-value ($p < 0.05$) : Significant

Table 4. Oualitative Analysis of the Artifact and Lesion conspicuity. (Comparision between FISP and HASTE)

	Observer 1			Observer 2		
	HASTE	FISP	P-value*	HASTE	FISP	P-value*
Artifact	3.125	4.118	0.003	2.313	3.765	0.002
Lesion conspicuity	3.143	4.357	0.001	3.07	4.350	0.004

*P-value ($p < 0.05$) : Significant

Table 5. Diagnostic Statements of the Two Obsevers with 3D FISP Execretory MR urography (Comparison with HASTE MR Urography)

Abnormality	No.of abnomalities diagnosed by clinical consensus	Observer 1		Observer 2	
		HASTE	FISP	HASTE	FISP
Anatomic anomaly	2	0	2	0	2
Hydronephrosis	16	15	16	14	16
Filling defect	11	7	11	6	11
Calculus	3	3	3	2	3
Intrinsic tumor	2	0	1	0	1

고 찰

요로폐쇄가 있는 환자에서 폐쇄의 정도와 위치 및 원인을 평가하는데 있어 IVU는 현재 가장 널리 이용되고 있는 표준 검사이지만, 조영제에 부작용이 있거나 급성 신부전 등의 병력이 있는 환자에게는 시행되지 못하고 임산부에서도 금기가 된다 (8). 또한, 요로폐쇄로 인하여 신기능이 다소 떨어진 환자에서 요오드화 조영제의 사용은 신기능의 악화를 조장할 염려가 있으며, 고도의 폐쇄가 있는 환자들에서도 폐쇄 위치가 정확히 보여지지 않는 제한점이 있다 (9 - 10). 초음파가 요로폐쇄를 진단하는데 비침습적이고 빠른 검사이지만 중첩되는 장관 내 가스 때문에 종종 폐쇄 위치를 진단하는데 어려움이 있고 신기능에 대한 정보는 제공하지 못한다 (8). 특히, IVU의 경우 수분 주입의 제한 및 완화제 사용과 같은 검사 전 준비가 충족되지 않으면 신장과 요로 병변을 진단하는데 어려움이 있다 (1, 2). 최근 급성 측부통이 있는 환자들에서 조영증강 전 나선형 CT의 요로결석 진단의 유용성에 관한 보고들이 있고 요로 결석과 폐쇄위치를 진단하는데 효과적인 것으로 입증되었다 (11). 그러나 요로조영술과 같은 영상이 만들어 지

지 않고 급성과 만성폐쇄의 감별이 어려운 단점이 있으며, 피폭양이 많아 임산부와 어린 환자들에서의 이용이 제한적이다 (8).

최근까지 HASTE 기법을 이용한 MRU가 IVU를 대치할 수 있다는 많은 연구가 있다 (8, 12 - 15). 정 등 (15)은 32명의 환자를 대상으로 요관의 위치별로 IVU와 비교하여 HASTE기법을 이용한 MRU가 IVU에 비하여 폐쇄의 원인과 위치, 요관 확장의 정도를 평가하는데 우수하다고 하였고 주변 장기의 이상 유무를 확인하는데 도움을 줄 수 있다고 하였다. 또한, Aerts 등 (13)은 IVU 상 신기능의 이상으로 인하여 볼 수 없었던 신실질과 요관 확장을 볼 수 있었다고 말했다. 따라서 MRU는 IVU로 폐쇄성 수신증의 위치를 알 수 없는 경우, 조영제에 부작용이 있는 경우, 신기능이 감소된 경우, 임신부등 방사선 피폭이 불가한 경우, 환자의 상태가 아주 안 좋은 경우에 있어서 수신증의 원인이나 폐쇄의 위치를 진단하는데 유용하다. 반면에 신장 기능을 평가할 수 없고 수신증이 없는 경우 요관을 볼 수가 없으며, 병변 주위의 장관구조나 물성분 등에 의한 인공물 생성에 의한 방해 및 요로 결석의 진단에 있어 IVU보다 정확도가 떨어지는 단점이 있다 (3, 7, 16).

자기공명영상 조영제인 가돌리니움은 신독성이 없는 것으로 알려져 있다 (4 - 6). 가돌리니움은 반자성체적 조영제로 신사구체에서 자유로이 여과되어 신세뇨관의 재흡수 또는 배출 없이 신세뇨관에 의해 배출된다. 이러한 제거 과정 때문에 신장의 형태와 기능을 연구하는데 이상적인 물질이다 (17 - 19). 배출된 가돌리니움은 뇨내에서 농축되기 때문에, 그 자체의 T1이 매우 짧아져 (< 100 ms), T1강조 기법을 이용하면 고대조성을 갖는 요로영상을 얻을 수 있다 (3). 정상 신 기능과 요로폐쇄가 없는 경우 5분 내에 방광으로 조영제가 분비되었고, 혈관의 동맥 조영기, 정맥 조영기에 따라 신관류 영상 및 신조영 영상 등을 얻을 수 있어서 신기능을 평가할 수 있었다 (17). 이 연구에서도 정상 신요로를 보이는 2명의 환자에서 신조영상 (nephrogram)을 얻어 신기능 곡선을 그릴 수 있었고 급성 신기능 저하를 보인 환자에서 신기능 저하를 예측 할 수 있었다. 또한 신 기능이 떨어져 있는 비폐쇄성 수신증의 경우도 1시간 내에 모든 검사를 마침으로써 신기능을 비교적 정확히 평가할 수 있었다. 이에 반하여 HASTE는 수신증이 없는 요로는 보이지 않는 경우가 많았고 신기능도 평가할 수 없었다.

CEMRU의 좋은 영상 획득을 위해서는 이뇨제의 사용은 절대적이며, 그 이유는 신실질을 거쳐 신배신우계로 배설된 상자기성 물체인 가돌리니움의 농축에 의하여 역설적으로 신호강도소실의 발생을 막기위해서는 요 내에서 적절한 정도의 농도의 유지가 필수적이기 때문이다 (1, 7, 12). 이 연구에서 흔히 사용하는 이뇨제(furosemide)의 기본량 (10 - 20 mg)으로 주입된 조영제의 분포를 빠르고 일정하게 유지시켜 이러한 역설적인 신호강도의 소실은 발생하지 않았으며 모든 예에서 임상적으로 유익한 정보를 얻을 수 있었다.

3D FISP을 이용한 CEMRU와 HASTE를 이용한 MRU와의 비교에서 정성적 및 정량적인 분석에 의하면, 중위 요관과 말단 요관에서 두 기법 사이에 통계학적으로 의의 있는 차이가 있었으며 ($p < 0.05$), 말단 요로폐색의 진단에 있어서는 HASTE를 이용한 MRU보다는 CEMRU가 더 유용함을 알 수 있었다. 또한, 3D FISP을 이용한 CEMRU는 호흡정지 기법이므로 영상 획득 시간이 짧아 호흡과 관련된 인공물에 의한 방해정도가 적고, T1강조영상이어서 복수, 낭종, 확장된 장관 등의 영향을 받지않으며, 불완전 폐쇄의 진단 및 원위부 요관의 평가에 우수한 장점이 있다. CEMRU는 요로폐색의 형태학적 이상에 관한 정보 뿐만 아니라 이에 따른 신 기능의 변화에 관한 정보도 제공하며, 부수적으로 자기공명 혈관 조영술을 얻을 수 있어 신혈관성 고혈압 같은 예에서는 특히 유용할 것으로 생각한다. 하지만, CEMRU은 요관 내에 작은 음영 결손을 발견하는 데는 유용하나 결손 음영의 특성을 아는 데는 한계가 있다. 이런 경우 조영증강 축성 영상을 추가함으로써 종양이나 결석을 진단하는데 도움을 줄 수 있겠다.

결론적으로 호흡정지 3D FISP을 이용한 CEMRU는 HASTE 기법의 MRU에 비하여 요관폐쇄의 평가에 있어 우수한 해부학적 정확도를 제공하는 동시에 신기능에 대한 정보도 주기때문에, 요로폐쇄의 진단작업(workup)에 추가할 가치가 높은 기법으로 생각되며, 이의 효과적인 이용으로 역행성 또는 순행성 신우신배조영술과 같은 침습성 검사의 필요성을 줄일 수 있다.

참 고 문 헌

1. Rothpearl A, Frager D, Subramanian A, et al. MR urography: technique and application. *Radiology* 1995;194:130-135
2. Hattery RR, King BF. Technique and application of MR urography. *Radiology* 1995;194:25-27
3. Nolte-Ernsting CC, Bucker A, Adem GB, et al. Gadolinium-enhanced excretory MR urography after low-dose diuretic injection: comparison with conventional excretory urography. *Radiology* 1998; 209:1-157
4. Haustein J, Niendorf HP, Krestin G. et al. Renal tolerance of gadolinium-DTPA/diglumine in patients with chronic renal failure. *Invest Radiol* 1992;27:153-156
5. Rofsky NM, Weinreb JC, Bosniak MA, et al. Renal lesion characterization with gadolinium-enhanced MR imaging: efficacy and safety in patients with renal insufficiency. *Radiology* 1991;180:85-89
6. Semelka RC, Corrigan K, Asher SM. Renal corticomedullary differentiation: observation in patients with differing serum creatinine levels. *Radiology* 1994; 190:149-152
7. Li W, Chavez D, Edelmen RR, Prasad PV. Magnetic Resonance Urography by Breath-Hold Contrast-Enhanced Three-Dimensinal FISP. *J Magn Reson Imaging* 1997;7:309-311
8. Regan F, Bohlman ME, Khazan R, et al. MR urography using HASTE imaging in the assessment of ureteric obstruction. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:1115-1120
9. Katzberg R. New and old contrast agents: physiology and nephrotoxicity. *Urol Radiol* 1988;10:6-11
10. Berns AS. Nephrotoxicity of contrast media. *Kidney Int* 1989; 36: 730-740
11. Smith RC, Verga M, McCarthy S, Rosenfield AT. Diagnosis of acute flank pain: value of unenhanced helical CT. *AJR Am J Roentgenol* 1996;166:97-101
12. Tang Y, Yamashita Y, Namimoto T, et al. The value of MR urography that uses HASTE sequences to reveal urinary tract disoders. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:1479-1502
13. Aerts P, Lieven VH, Bosmans H, et al. Breath-hold MR urography

using the HASTE technique. *AJR Am J Roentgenol* 1996;166:543-645
14. 주정현, 정용연, 강형근 등. Usefulness of MR Urography in the Diagnosis of Hydroureteronephrosis. *대한방사선의학회지* 1997;37: 483-488
15. 정승문, 김남현, 류대식, 박종연, 김한권, 박만수. HASTE기법을 이용한 자기공명 요로조영술; 경정맥 요로조영술과의 비교. *대한방사선의학회지* 1999; 40: 1181-1186
16. Gacta M, Blandino A, Scribano E, et al. Diagnostic pitfalls of breath-hold MR urography in obstructive uropathy. *J Comput Assist Tomogr* 1999; 23:891-897
17. Parfrey PS, Griffiths SM, Barrett BJ, et al. Contrast material-induced renal failure in patients with diabetes mellitus, renal insufficiency, or both: a prospective controlled study. *N Engl J Med* 1989; 320:143-149
18. Kikinis R, Schulthes GK, Jager P, et al. Normal and hydronephrotic kidney: evaluation of renal function with contrast enhanced MR imaging. *Radiology* 1987;165:837-842
19. Semelka RC, Hricak H, Tomei E, et al. Obstructive nephropathy evaluation with dynamic Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Radiology* 1990;175:797-803

J Korean Radiol Soc 2000;43:331 - 338

Excretory MR Urography Using Breathhold Three-dimensional FISP: Comparison with MR Urography Using HASTE Technique[1]

Won Kue Song, M.D., Jeong Min Lee, M.D., Kong Young Jin, M.D.,
Ho Keung Hwang, M.D., Young Min Han, M.D., Seong Hee Ym, M.D.[2]

[1]*Department of Radiology, Chonbuk National University Hospital*
[2]*Department of Internal Medicine, Namwon Medical Center*

Purpose: To compare the usefulness of gadolinium-enhanced excretory MR urography using breath-hold three-dimensional fast imaging with steady state precession (3-D FISP) with conventional MR urography using the half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo (HASTE) sequence in the evaluation of obstructive uropathy.

Materials and Methods: Twenty-three patients in whom ultrasonography (US) and/or intravenous urography (IVU) revealed signs of urinary obstruction were enrolled in this study. Fifteen were men and eight were women, and their mean age was 54 (range, 21 - 80) years. All MR images were obtained using a 1.5-T MR unit. MR urography using the HASTE technique (MRU) and gadolinium-enhanced excretory MR urography using the 3D-FISP technique were performed, and in all cases, reconstructions involved maximum intensity projection. For contrast-enhanced MR urography (CEMRU), images were obtained 3, 5, 20, and 30 minutes after the administration of intravenous contrast media, and for selected cases, additional images were obtained until 24 hours after contrast media injection. For qualitative analysis, two experienced radiologists compared CEMRU and MRU in terms of their diagnostic value as regards the level and cause of urinary obstruction, and morphologic accuracy. In addition, signal to noise ratio (SNR) and contrast to noise ratio (CNR) of the urinary tract at each anatomic level were quantitatively analysed.

Results: Quantitative analysis showed that in terms of SNR and CNR of the urinary tract at the level of the mid and distal ureter, CEMRU using 3-D FISP was better than MRU using HASTE ($p < 0.05$). Qualitative analysis indicated that for the depiction of the whole length of normal ureter, and detection of the level of obstruction, anatomic anomalies and intrinsic tumors, 3-D FISP was superior to HASTE. There was, however, no difference between these two modalities in the diagnosis of ureteral stone and the degree of hydronephrosis. In addition, 3-D FISP was better than HASTE for the assessment of filling defect, but the difference was not statistically significant.

Conclusion: Breath hold 3-D FISP is a very valuable tool in the evaluation of obstructive uropathy. It not only depicts very clearly the anatomy of the urinary tract system, but also provides qualitative information on renal function. We believe that CEMRU using 3-D FISP is a valuable diagnostic approach which can be added to those already available for the workup of obstructive uropathy.

Index words : Kidney, MR
Magnetic resonance (MR), comparative studies
Kidney, stenosis or obstruction
Ureter, stenosis or obstruction

Address reprint requests to : Jeong-Min Lee, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Chonbuk National University Hospital
634-18 Keumam-Dong, Chonju-shi, Chon Buk 561-712, Korea.
Tel. 82-652-250-1176 Fax. 82-652-72-0481 E-mail: JMSH@CHOLLIAN.NET