

Original Article **동적신장검사에서 저선량을 사용한 신장검사의 재현성 평가**

아주대학교병원 핵의학과

이재상 · 이규찬 · 이승환 · 배성복 · 박종엽

Evaluation on Reproducibility of Low-Dose Kidney Scan in Dynamic Kidney Scan

Jaesang Lee, Kyuchan Lee, Seunghwan Lee, Seongbok Bae and Jongyeop Park

Department of Nuclear Medicine, Ajou University Hospital, Suwon, Korea

Purpose Dynamic kidney scan is a typical imaging technique that visualizes kidney function. Reproducibility of dynamic kidney scans has been evaluated by comparing low-dose kidney scans with low-dose radiopharmaceutical and standard dynamic kidney scan. With this comparative study, if reproducibility is superb, the dynamic kidney scan method with reduced radioactivity to patients is to be utilized and radiation exposure to patient is to be reduced.

Materials and Methods For gamma camera, Orbiter, SymbiaE (Siemens, Germany) was used. Among patients who had used 370 Mbq (10 mCi) from January of 2013 to February 2014 and other patients who had used 185 Mbq (5 mCi) from March of 2014 to July of 2015 with identical condition, 21 subjects using DTPA and 20 subjects using MAG₃, 41 subjects in total, had been selected as subjects for data. From renogram of the result image, frame of the peak point was selected. Then, region of interest of kidney and background had been selected and Kidney to Background Ratio has been calculated for comparison.

Results In tests using DTPA, kidney to background ratio when using 370 Mbq was 5.67 ± 0.8 at average while it was 5.62 ± 0.87 when using 185 Mbq, which didn't show much difference. Also in the tests using MAG₃, kidney to background ratio when using 370 Mbq was 14.95 ± 2.58 at average and 14.56 ± 2.02 in 185 Mbq, which neither showed much difference. In paired sample t-test, *p*-value was 0.566 in DTPA and 0.363 in MAG₃, which confirmed that there was no difference between the groups.

Conclusion In identical patients, when dose was decreased from 370 Mbq to 185 Mbq, reproducibility of dynamic kidney scan was proven to be excellent. Low-dose Dynamic kidney scan can achieve results with fine reproducibility without improvement in performance of gamma camera and is expected to reduce radiation exposure to patient.

Key Words Kidney to Background Ratio, DTPA, MAG₃

서 론

동적신장검사는 신장기능을 영상화하는 대표적인 방법이

다. 신장은 11번째 흉추와 3번째 요추 사이에 있고 성인에서 약 150 g 정도이고 길이는 12 cm 정도이다. 신혈류량은 심박출량의 약 20~25%를 차지한다. 사구체는 하루 180 L의 무단백 여액을 걸러내고 99%는 세뇨관에서 재흡수 되고 하루에 약 1~1.5 L의 소변이 생기는 기능을 한다. ^{99m}Tc-DTPA는 신장의 사구체를 통하여 배설되며 약 5%는 세뇨관을 통하여 분비된다. ^{99m}Tc-DTPA를 이용하면 사구체여과를 영상화하고 정량화할 수 있다. ^{99m}Tc-DTPA의 3~5%가 혈장단백과 결합하

•Received: March 18, 2016 Accepted: April 15, 2016
•Corresponding author : **Jaesang Lee**
Department of Nuclear medicine, Ajou University Hospital 164,
World cup-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, Korea
Tel : +82-31-219-5940, Fax : +82-31-219-5950
E-mail : thejslee@naver.com



Radiopharmaceutical : ^{99m}Tc -DTPA, MAG_3

Fig. 1. DTPA and MAG_3 were used as pharmaceutical.



Camera : SIEMENS Orbiter
 Processing com : SIEMENS SymbiaE
 Collimator : LEAP
 Matrix size : 64x64

Fig. 2. For gamma camera, Orbiter, SymbiaE (Siemens, Germany) was used.

로 ^{99m}Tc -DTPA 여과율은 실제 사구체여과율보다는 약간 낮게 나온다. 성인에게 쓰는 주사량은 370~550 MBq (10~15 mCi)이다. ^{99m}Tc - MAG_3 는 신세뇨관약제로 Triamide mercaptide (N_3S)복합체의 일종으로 신장에서 추출률은 ^{99m}Tc -DTPA의 3배 정도이다. 어른에는 185~370 MBq (5~10 mCi)을 사용한다. ^{99m}Tc - MAG_3 의 신장/배후방사능비는 평균 3.4이고, ^{99m}Tc -DTPA는 신장/배후방사능비는 1.7정도이다. MAG_3 가 약 2배 높은 것으로 알려져 있다.¹⁾ ^{99m}Tc -DTPA와 ^{99m}Tc - MAG_3 스캔은 신장기능을 영상화하는 방사성의약품이다. 본 논문에서는 ^{99m}Tc -DTPA와 ^{99m}Tc - MAG_3 를 사용한 동적신장검사에서의 신장/배후방사능비(Kidney to Background Ratio, 이하 K/B ratio)를 통해 기존 370 Mbq의 방사성의약품을 사용했을 때와 185 Mbq의 방사성의약품을 사용했을 때의 검사결과를 비교해 보고자 한다. 이를 통해 방사성의약품의 사용량을 반(1/2)로 줄인 저선량 검사법의 재현성을 확인하고, 재현성이 우수할 경우 저선량 검사법을 활성화하여 ^{99m}Tc -DTPA와 ^{99m}Tc - MAG_3 를 사용한 동적신장검사에서의 환자의 피폭선량 저감에 기여하고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상

2013년 1월부터 2014년 2월까지 370 Mbq (10 mCi)을 사용한 환자와 동일 환자 중 2014년 3월부터 2015년 7월까지 185 Mbq (5 mCi)을 사용하여 검사를 시행한 환자를 대상으로 DTPA 사용 검사자 21명(평균 42.7세)과 MAG_3 사용 검사자 20명(평균 40.6세) 총 41명을 대상으로 데이터를 선별하였다. 본 연구 대상으로는 병력이 크게 변화가 없으며 정상군의 Renogram중 선별하였다. 심한 신장 손상이나 결과의 변화가 있는 환자는 본 연구에서 제외하였다.

2. 영상획득 방법

방사성의약품을 정맥주사 후 3초씩 20프레임 1분 초기 영상, 20초씩 57프레임 2~20분 동안 영상을 획득 하였다. 결과 Renogram에서 최고 Peak 지점의 프레임을 확인한다. 획득한 영상 프레임에서 Peak 지점의 프레임을 선별해 낸다. 370 Mbq

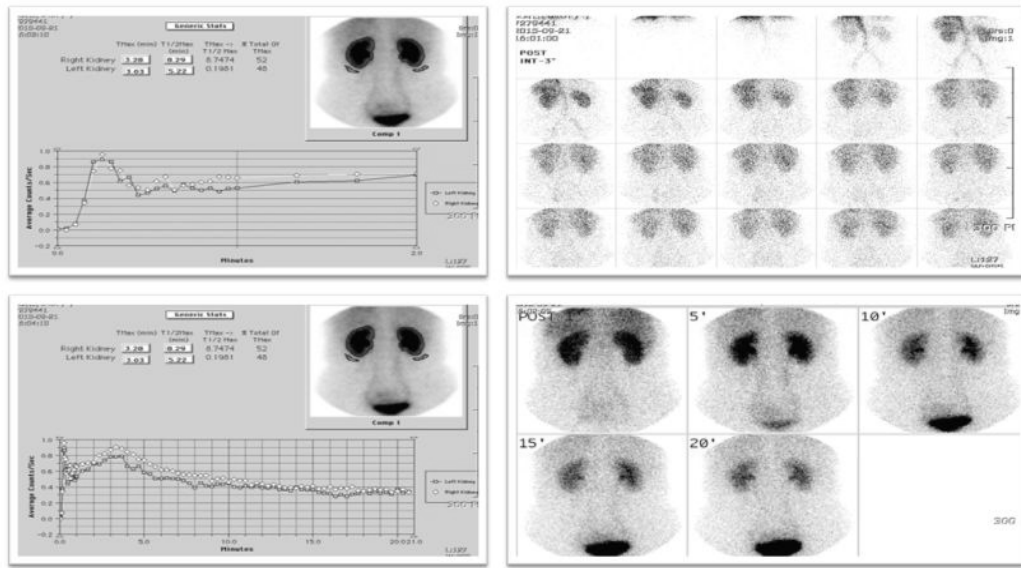


Fig. 3. The results of Dynamic kidney scan images.

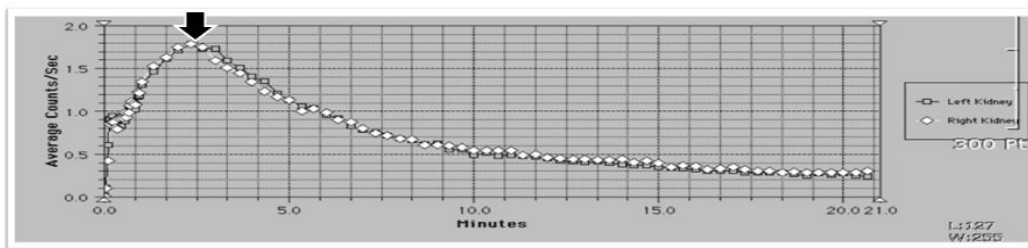


Fig. 4. Renogram for establishment of peak point.

스캔과 185 Mbq 스캔 두 번의 결과에서 얻은 2장의 영상을 가지고 신장과 배후방사능에 관심영역(Region Of Interest, 이하 ROI)을 그려 신장 대 배후방사능의 비율을 구함으로써 K/B ratio를 구하였다.

3. 방사성 의약품 및 촬영장비

- ① Radiopharmaceutical : $^{99m}\text{Tc-DTPA}$, $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ (Fig. 1)
- ② 영상획득
 - 1. IV 후 1분에 초기 영상 3초씩 20프레임 획득
 - 2. 2~20분에 20초씩 57프레임 획득
- ③ Matrix size : Dynamic 64×64
- ④ Acq. CAMERA : SIEMENS Orbiter(One head gamma camera)(Fig. 2)
- ⑤ Processing 장비 : SIEMENS SymbiaE Processing Computer(Fig. 2)
- ⑥ Collimator : Low energy high resolution parallel hole collimator

4. 비교분석

370 Mbq (10 mCi)를 사용한 동적신장검사와 185 Mbq (5 mCi)를 사용한 동적신장검사를 비교하였다. 동적신장검사의 영상은 초기 3초간 20프레임을 얻고 이후 20초씩 영상을 20분 동안 획득하였다. 결과물은 통상 초기 Flow 영상과 Static 20초 영상이 나오고, Renogram을 초기 2분과 전체 20분으로 나누어 2장을 만들어준다(Fig. 3). 일차적으로 Renogram에서 최고 Peak 지점을 확인한다(Fig. 4). 이후 Peak 지점의 영상시간을 확인하여 영상획득 과정에서 몇 번째 프레임의 영상을 비교대상의 영상 프레임으로 선별할 것인지 확인한다. 370 Mbq과 185 Mbq에서 얻은 Peak 지점의 2장의 영상을 놓고 K/B ratio를 구한다(Fig. 5). 선별된 영상은 3분경에서의 20초 Static 영상이다. 신장(Kidney)과 배후방사능(Background)의 ROI를 설정하여 얻은 평균방사선량(Average counts)으로 K/B ratio를 구해준다(Table 1). 이와 같은 방법은 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 와 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 을 사용한 신장검사에서 동일하게 K/B

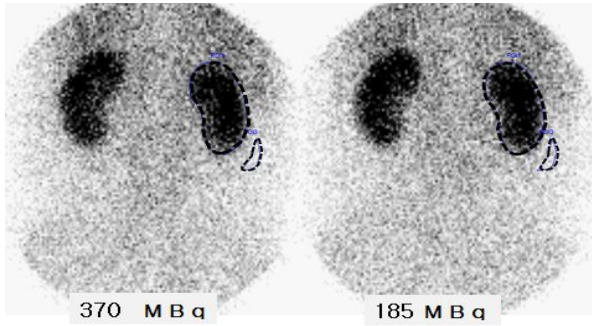


Fig. 5. Copied and used after designating ROI.

Table 1. Comparison of Result values after designating ROI

	Frame	ROI1 (kidney)	ROI2 (background)
Avg	8.91	31.30	5.58
Max	75.00	75.00	13.00
Med	7.00	30.00	5.00
Min	0.00	7.00	0.00
Pix	16384.00	725.00	55.00
Size (mm ²)	1024000.00	4531.25	343.75
Std	9.39	12.04	2.81
Tot	146034.00	22695.00	307.00
Var	88.15	144.97	7.88

Table 2. K/B Ratio in tests using DTPA

DTPA		Kidney to Background Ratio				p-value
n		370 MBq	185 MBq	Fluctuation	Fluctuation rate (%)	
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean±SD	
RT	12	6.06 ± 0.49	5.97 ± 0.48	-0.08 ± 0.37	-1.32 ± 6.10	0.566 *
LT	9	5.15 ± 0.87	5.16 ± 1.08	0.01 ± 0.36	0.19 ± 6.99	
TOTAL	21	5.67 ± 0.80	5.62 ± 0.87	-0.04 ± 0.36	-0.70 ± 6.34	

* Paired sample t-test

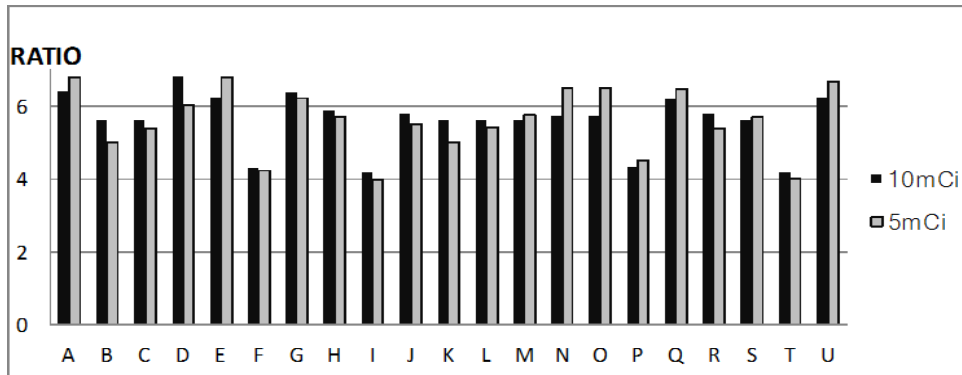


Fig. 6. Bar graph of K/B Ratio in tests using DTPA.

ratio를 구하였다. 각 군 사이에서의 상관관계는 동일 환자를 대상으로 시행한 두 번의 검사에서 얻은 결과를 이용하였으므로 Paired sample t-test를 이용하여 통계적으로 유의미한 차이 점을 살펴보았다.

결 과

^{99m}Tc-DTPA 동적신장검사를 시행한 21명(평균 42.7세)과 ^{99m}Tc-MAG₃ 동적신장검사를 시행한 20명(평균 40.6세)에서 통계적으로 큰 차이를 보이지 않았다. ^{99m}Tc-DTPA를 사용한

환자군에서 370 Mbq을 사용하였을 때와 185 Mbq을 사용하였을 때의 대조군에서 K/B ratio(mean±SD)를 산출하였다 (Table 2). 선량을 반으로 줄였을 때 우측신과 좌측신 및 전체의 통계에서 유의한 차이가 없음을 보였다($p = 0.566$). 370 Mbq에서의 K/B ratio는 5.67 ± 0.8 이고 185 Mbq에서는 5.62 ± 0.87 을 보였다. 선량을 반으로 줄인 검사에서도 K/B ratio의 변화는 통계적으로 유의미한 변화가 없는 것을 확인 할 수 있다. 각각의 환자에서 370 Mbq과 185 Mbq의 K/B ratio를 비교한 그래프를 보면 같은 환자에서의 K/B ratio는 거의 변화가 없이 일정함을 확인 할 수 있다(Fig. 6).

Table 3. K/B Ratio in tests using MAG₃

MAG ₃		Kidney to Background RATIO				p-value
n	370 MBq	185 MBq	Fluctuation	Fluctuation rate (%)		
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD		
RT	14	15.34 ± 2.52	14.86 ± 2.17	-0.42 ± 1.99	-2.73 ± 12.97	0.363 †
LT	6	14.04 ± 2.71	13.86 ± 1.55	-0.14 ± 1.66	-0.99 ± 11.82	
TOTAL	20	14.95 ± 2.58	14.56 ± 2.02	-0.34 ± 1.86	-2.27 ± 12.44	

† Paired sample t-test

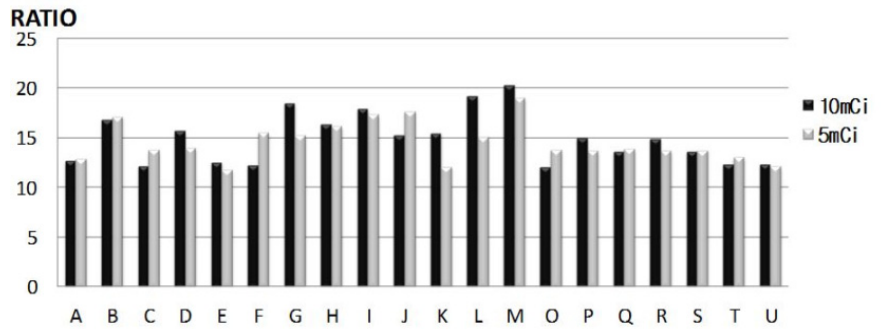


Fig. 7. Bar graph of K/B Ratio in tests using MAG₃.

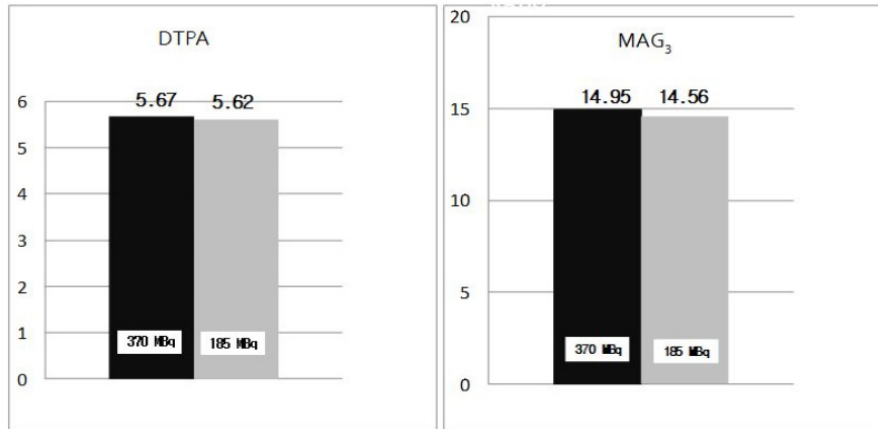


Fig. 8. Total K/B Ratio in tests using DTPA and MAG₃.

^{99m}Tc-MAG₃를 사용한 환자군에서 370 Mbq을 사용하였을 때와 185 Mbq을 사용하였을 때의 대조군에서 K/B ratio (mean ± SD)를 산출하였다(Table 3). 선량을 반으로 줄였을 때 우측신과 좌측신 및 전체의 통계에서 유의한 차이가 없음을 보였다($p=0.363$). 370 Mbq에서의 K/B ratio는 14.95 ± 2.58 이고 185 Mbq에서는 14.56 ± 2.02 를 보였다. 선량을 반으로 줄인 검사에서도 K/B ratio의 변화는 통계적으로 유의미한 변화가 없는 것을 확인 할 수 있다. 각각의 환자에서 370 Mbq과 185 Mbq의 K/B ratio를 비교한 그래프를 보면 같은 환자에서의

K/B ratio는 거의 변화가 없이 일정함을 확인 할 수 있다(Fig. 7). Paired sample t-test 결과 p-value는 ^{99m}Tc-DTPA 동적신장 검사 0.566, ^{99m}Tc-MAG₃ 동적신장검사 0.363으로 같은 비교 집단 간 차이점이 없음을 확인하였다(Fig. 8).

고 찰

방사성의약품의 사용을 줄이고 환자의 피폭을 줄이기 위한 방법으로 저선량 동적신장검사를 시행함에 있어 재현성의 평

가를 위해 K/B ratio를 비교하여 평가해 보기로 했다. $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 사용 검사자 21명(평균 42.7세)과 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 사용 검사자 20명(평균 40.6세) 총 41명을 대상으로 데이터를 선별하였다. $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 를 사용한 검사에서 370 Mbq을 사용하였을 때의 K/B ratio는 평균 5.67 ± 0.8 이었고, 185 Mbq을 사용하였을 때는 평균 5.62 ± 0.87 로 큰 차이를 보이지 않았다. $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 을 사용한 검사에서도 K/B ratio는 370 Mbq을 사용 시 평균 14.95 ± 2.58 과 185 Mbq을 사용 시 평균 14.56 ± 2.02 로 큰 차이를 보이지 않았다. Paired sample t-test 결과 p-value는 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 0.566, $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 0.363으로 같은 비교집단 간 차이점이 없음을 확인하였다.

방사성의약품을 투여한 후 어떤 지점에서 K/B ratio를 구하는 것이 가장 좋은 지표 인지를 확인 하여야 했다. 기존의 자료에서는 전체의 평균을 나타낸 지표만 찾을 수 있었고, 다른 지표는 찾을 수 없었다. 이번 연구에서는 Renogram에서 Peak 지점의 영상 프레임을 선별한 후 비교하는 실험을 하였다. Peak 지점이 신장의 기능을 평가할 수 있는 대표적인 지표라 판단하여 실험을 진행하였다. 이번 연구에서 구하지 못한 Renogram중 여러 구간에서의 K/B ratio를 구할 수 있다면 보다 심층적인 연구를 진행할 수 있을 것으로 사료된다.

K/B ratio를 구하기 위한 ROI 설정은 자동으로 설정되지 않고 직접 수동으로 관심영역을 설정함으로 주관적 차이를 보일 여지가 있다. 오차를 줄이고 실제의 신장에 가깝게 설정하기 위해 반복적인 관심영역 설정을 시행하였다. 신장의 RIO는 한번 설정하여 구하지 않고 3회씩 RIO를 설정하고 K/B ratio를 구하였다. 객관적인 결과를 얻기 위해 3회에 걸쳐 구해진 K/B ratio의 값을 가지고 구해진 평균값을 사용하였다. 배후방사능은 ROI를 설정 한 후 3회에 걸쳐 신장의 ROI를 설정 할 동안 바꾸지 않고 같은 값을 사용하였다. 신장의 ROI는 주관적인 요인에 의해 달라 질 수 있지만 배후방사능은 같은 값으로 고정하여야 신장 RIO의 설정에 따른 변화를 줄일 수 있고 비교하는 기준값의 의미가 있기 때문에 바꾸어 설정하지 않았다. 3회에 걸친 RIO 설정으로 구한 K/B ratio의 오차는 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 에서 ± 0.21 과 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 에서 ± 1.09 로 나왔다. $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 를 사용한 동적신장검사에서의 K/B ratio는 5.6을 기준으로 움직였고 이때의 0.21은 큰 의미를 부여할 만큼의 차이는 아니었다. $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 를 사용한 동적신장검사에서의 K/B ratio는 14~15를 기준으로 움직였고 이때의 1.09는 상대적으로 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 가 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 에 비해 K/B ratio가 14 정도의 큰 값을 가지고 있으므로 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 동적신장검사와 마찬가지로 큰 의미를 부여할 만큼의 차이는 나오지 않았다.

총 41명의 대조군으로 시행한 본 연구에서는 환자의 혈액 검사에 대한 비교 분석은 하지 못하였다. 환자의 동적신장검사를 시행할 시기에 혈액검사 결과를 가지고 환자의 상태변화와 신장기능의 평가여부를 확인 할 수 있는 객관적인 방법이 될 수 있으나 혈액검사의 처방이 검사를 시행할 때 마다 나오지 않은 환자가 많아서 혈액검사를 통한 환자의 신기능 평가는 이루어지지 않았다. 동적신장검사 처방과 혈액검사의 처방이 있는 환자가 많다면 더 좋은 비교분석의 지표가 되겠지만 본 연구에서는 혈액검사는 비교 할 수 없었던 것이 추후의 연구 진행에 필요할 것으로 사료된다.

동일한환자를 대상으로 시행한 저선량 동적신장검사의 재현성 평가에서 DTPA와 MAG_3 를 사용한 검사 모두에서 유의미한 차이가 없음을 통계적으로 확인 할 수 있었고, 사용하는 방사성의약품을 반으로 줄였을 때의 결과가 충분히 만족할 수 있는 값이 나오므로 임상에서의 사용에는 무리가 없을 것으로 사료된다.

결 론

동일 환자를 대상으로 선량을 370 Mbq에서 185 Mbq로 줄였을 때의 동적신장검사의 재현성은 우수한 것으로 확인 되었다. 저선량 동적신장검사는 기존 감마카메라의 성능 개선 없이 재현성이 우수한 결과를 얻을 수 있고 환자의 피폭 또한 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

동적신장검사는 신장기능을 영상화하는 대표적인 방법이다. 동적신장검사에서 저선량 방사성의약품의 사용으로 기존 동적신장검사와 저선량을 사용한 신장검사의 비교를 통한 동적신장검사의 재현성을 평가해 보기로 했다. 본 비교실험을 통해 재현성이 우수할 경우 환자에 투여하는 방사선량을 줄인 동적신장검사법을 활용하고 환자의 피폭을 줄이고자 한다.

감마카메라 장비로는 Orbiter, SymbiaE (Siemens, Germany)를 사용하였고, 2013년 1월부터 2014년 2월까지 370 Mbq (10 mCi)을 사용한 환자와 동일 환자 중 2014년 3월부터 2015년 7월까지 185 Mbq (5 mCi)을 사용한 환자를 대상으로 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 사용 검사 21명과 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 사용 검사 20명 총 41명을 대상으로 데이터를 선별하였다. 결과 영상의 Renogram에서 Peak 지점의 프레임을 선택하여 신장의 관심영역과 배후방사능의 관심영역을 설정하고 K/B ratio를 구하여 비교하였다.

$^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 를 사용한 검사에서 370 Mbq을 사용하였을 때

의 K/B ratio는 평균 5.67 ± 0.8 이었고, 185 Mbq을 사용하였을 때는 평균 5.62 ± 0.87 로 큰 차이를 보이지 않았다. $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 를 사용한 검사에서도 신장/배후방사능 비는 370 Mbq을 사용 시 평균 14.95 ± 2.58 과 185 Mbq을 사용 시 평균 14.56 ± 2.02 로 큰 차이를 보이지 않았다. Paired sample t-test결과 p -value는 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 0.566, $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 0.363로 같은 비교 집단 간 차이점이 없음을 확인하였다.

동일 환자를 대상으로 선량을 370 Mbq에서 185 Mbq로 줄였을 때의 동적신장검사의 재현성은 우수한 것으로 확인되었다. 저선량 동적신장검사는 기존 감마카메라의 성능 개선 없이 재현성이 우수한 결과를 얻을 수 있고 환자의 피폭 또한 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. 고창순 외. 제3판 해의학. 고려의학 2008. p 629~668.
2. Blaufox MD, Hollenberg NK, Raynaud C : Radionuclides in nephrourology, In; Nerlyne GM, Giovannett S eds. Vol 79. Contributions to *nephrology*. Basel Karger 1990.
3. Blaufuox MD, Aurell M, Bubeck B, Fommei E, Piepsz A, Russell C, et al. Report of the radionuclides in nephrourology committee on renal clearance. *J Nucl Med* 1996;37:1883-90.
4. Taylor A Jr., Nally JV: Clinical application of renal scintigraphy. *AJR Am J Roentgenol*. 1995;164:45-56.
5. Ziessman HA, BalseiroJ, Fahey FH, Le TV, Dubiansky V. Tc-99m gluco-hepatonate for quantitation of differential renal function. *Am J Radiol*. 1987;148:889-893.
6. Andrew Taylor, Jr, Killol Thakore, Russell Folks, Raghuv eer Halkar and Amita Manatunga. Background Subtraction in $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ Renography. *J Nucl Med* 1997;38:74-78.
7. Amy Piepsz, Marianne Tondeur and Hamphrey Ham. Relative $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ Renal Uptake:Reproducibility and Accuracy. *J Nucl Med* 1999;40:972-975.
8. Michael K. O'Connor. The Mayo clinic Manual of Nuclear Medicine. 1996:369-376.