

## 동적신장팬텀시스템 개발에 따른 장비별 사구체여과율의 비교

연세의료원 세브란스병원 핵의학과<sup>1</sup>, 신구대학교 방사선과<sup>2</sup>, 필립스 헬스케어<sup>3</sup>

강천구<sup>1</sup> · 박훈희<sup>2</sup> · 오신현<sup>1</sup> · 이한울<sup>1</sup> · 김정열<sup>1</sup> · 오주영<sup>1</sup> · 이주영<sup>3</sup> · 김재삼<sup>1</sup> · 이창호<sup>1</sup>

### Comparison for Glomerular Filtration Rate in Gamma Camera Systems Using Dynamic Renal Phantom System

Chun Goo Kang<sup>1</sup>, Hoon-Hee Park<sup>2</sup>, Shin Hyun Oh<sup>1</sup>, Han Wool Lee<sup>1</sup>, Jung Yul Kim<sup>1</sup>, Joo Yung Oh<sup>1</sup>, Ju Young Lee<sup>3</sup>, Jae Sam Kim<sup>1</sup> and Chang Ho Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Nuclear Medicine, Yonsei University Health System, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Department of Radiological Technology, Shingu College, Seongnam, Korea

<sup>3</sup>Department of Molecular Imaging, Philips Healthcare, Seoul, Korea

**Purpose:** Currently commercially available phantom can reproduce and evaluate only a static situation, the study is incomplete research on phantom and system which is can confirmed functional situation in the kidney by time through dynamic phantom and blood flow velocity, various difference according to the amount of radioactive. Therefore, through this study, it has produced the dynamic kidney phantom to reproduce images through the dynamic flow of the kidney, it desire to evaluate the usefulness of nuclear medicine imaging. **Materials and Methods:** The production of the kidney phantom was fabricated based on the normal adult kidney, in order to reproduce the dynamic situation based on the fabricated kidney phantom, in this study it was applied the volume pump that can adjust the speed of blood flow, so it can be integrated continuously radioactive isotopes in the kidney by using <sup>99m</sup>Tc-pertechnate. Used the radioactive isotope was supplied through the two pump. It was confirmed the changes according to the infusion rate, radioactive isotopes and the different injection speeds on the left and right, analysis of the acquired images was done by drawn ten times ROI in order to check the reproducibility of each on the front and rear of the kidney and bladder. **Results:** Under the same conditions infusion rate 40 mL/min fixed to adjust the pressure of the pump when the radiopharmaceuticals between 2-3 minutes in the most integrated in the kidney phantom was excreted in the bladder. Glomerular filtration rate (GFR), respectively, by each device SYMBIA 1,091 mL/min, FORTE 1,232 mL/min, ARGUS 1,264 mL/min, INFANIA 1,302 mL/min in that there is no statistically significant difference was found, Tmax values and T1/2 values starts from all equipment with no statistically significant difference was found. CV values of the coefficient of variation less than 5% was found to be repeatable, and to 2.67% of the lowest SYMBIA appeared, INFANIA was the highest in the 4.86%. **Conclusion:** Through this study, the results showed that the dynamic kidney phantom system is able to similarly reproduce renogram in the actual clinical. Especially, the depicted over time for the flow to be excreted through the kidney into the bladder was adequately reproduce, it is expected to be utilized as basic data to check the quality of the dynamic images. In addition, it is considered to help in the field of functional imaging and quality control. (**Korean J Nucl Med Technol 2013;17(2):3-9**)

**Key Words :** Dynamic Renal Scitigraphy, Phantom Invention, Radioisotope, Glomerular filtration rate (GFR)

• Received: October 10, 2013. Accepted: November 2, 2013.  
• Corresponding author : **Chun Goo Kang**  
Department of Nuclear Medicine, Yonsei University Health System,  
50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea  
Tel: +82-2-2228-6053, Fax: +82-2-312-0578  
E-mail: 1009kang@yuhs.ac

## 서론

핵의학 검사 중 신장(Kidney)의 기능과 신장질환을 평가하는 가장 대표적인 검사는 감마카메라(Gamma Camera)를

이용한 동적 신장검사로써 신장에 삽취되고 배설되는 과정을 동적으로 영상화하는 방법이다.

신장의 기능은 대사노폐물을 배설하고, 수분 및 전해질이 체내에 일정한 상태를 유지시키며, 그 외에도 내분비기관으로 신장 내 혈액학 조절, 조혈기능, 칼슘대사에 관여한다. 소변의 형성은 신장의 가장 중요한 기능으로서 이를 통하여 체내 항상성을 유지할 수 있다. 신장에는 혈액이 1분에 약 1,200 mL로 흐르며, 이는 심장박출량의 약 20-25%이며, 이 중에서 혈장은 약 600 mL이다. 이 혈액이 사구체를 통하여 여과되는 양은 하루 약 180 L이며, 이것이 신장세뇨관을 거치면서 재흡수, 분비와 농축 등의 과정을 거쳐 99%는 재흡수 되고, 하루 약 1-2 L의 소변을 배설하게 되며 혈액 중 75%는 피질로 25%는 수질로 공급된다.<sup>1)</sup> 사구체의 내벽에는 수 많은, 작은 구멍이 있으며, 그 투과성은 모세혈관보다 높고, 직경이 약 10 nm 정도의 다공성막으로 혈액이 이곳을 통과 하며 압력의 차이로 여과가 이루어진다. 사구체란 신장에서 혈액을 여과하는 기본 단위 조직으로 단위시간당 여과되는 여과액을 사구체 여과율이라 하며, 이 사구체 여과율은 신장기능을 나타내는 중요한 지표이다. 하지만, 사구체의 여과를 직접적으로 측정하기는 어렵기 때문에 여러 가지의 방법이 연구되어 사용되고 있다. 이눌린, 만니톨, 내인성 크레아티닌 등의 청소율(clearance)로 나타내는 방법이 있으며, 그 밖에도 방사성 마커를 사용하는 방법이나, 청소율을 직접적으로 구하지 않고 예측하는 방법 등이 사용된다.

핵의학 검사 중 동적 신장검사는 신장질환을 판별하는 검사에서 가장 대표적인 검사법으로서 방사성의약품을 이용하여 시간에 따른 신장의 기능을 평가하고 소변이 배설에 이르기까지의 질환 평가에 유용하다. 그러므로 신장 질환에서 요로폐쇄, 이식신장의 정상활동여부, 신장성 고혈압 등 신장 기능 확인에는 임상에서 널리 활용되는 검사법으로 이미 해외 뿐 아니라 국내에서도 그 활용이 증대되고 있다. 이러한 이유로 동적 영상의 활용은 진단영역의 확대와 핵의학 기술의 발달에 기여해 왔으며, 특히 기능적 정보를 확인 할 수 있는 검사이기 때문에 의학 및 영상기술발전에 많은 공헌을 하고 있다.<sup>2)</sup>

동적 신장검사는 신장에 삽취되고 배설되는 <sup>99m</sup>Tc-DTPA 나 <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>을 정맥주사 후 신장과 비뇨관을 동적으로 영상화하는 방법이다.<sup>3)</sup> 얻어진 영상은 정량분석을 통하여 신장기능을 평가하게 되며, 이미 다양한 프로그램을 통한 정량 분석이 이루어지고 있다. 현재 상용화된 프로그램은 여러 가지 기본적인 신장 분석 기능을 포함하고 있지만, 실제 임상에서 각각 다른 상황을 정확한 평가하는데 한계를 가지며,

그렇기 때문에 최근 몇 년간 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구들이 소개되었다.<sup>4)</sup> 하지만 신장의 깊이, 혈류 속도, 방사성의약품 주입량, 각기 다른 장비에 따른 요인 등은 깊이 고려되지 못한 실정이며, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 임상환자를 대상으로 하기에는 그 다양한 요인을 모두 포함할 수 없으며, 같은 환자를 대상으로 하더라도 동일한 상황을 재현할 수 없기에 팬텀(Phantom)을 이용한 연구가 가장 이상적이라 할 수 있다. 그러나 대부분 상용화된 팬텀은 정적 상황만을 재현하고 평가할 수 있으므로, 동적 팬텀을 통한 시간에 따른 신장에서 기능적 상황과 혈류속도, 방사선의약품의 주입량에 따른 다양한 차이 등을 확인 할 수 있는 팬텀 및 시스템에 관한 연구가 미비한 상황이다. 그러므로 본 연구를 통해 동적 신장팬텀 시스템을 제작, 적용하여 신장의 동적 흐름을 통한 영상을 재현함으로써 핵의학 영상학적으로 유용성을 평가하여 보유장비 현황에 따른 사구체여과율 동적신장검사를 재현하고, Gated Method에 의한 사구체여과율 측정값을 정량분석하여 핵의학에서 영상학적으로 유용성을 평가하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 신장팬텀 제작

신장팬텀(Kidney phantom)의 제작은 정상 성인 신장을 기준으로 제작하였으며, 평면영상의 획득을 목적으로 신장에서 방사성동위원소가 일정시간 집적되었다가 배설될 수 있는 구조로 제작하였다. 아크릴(Acrylic)의 두께는 1 cm, 장축은 10 cm으로 두께를 제외하고 내부는 8 cm으로, 횡축은 6 cm으로 두께를 제외하고 4 cm으로 제작하였다. 높이는 6 cm으로 두께를 제외하고 4 cm으로 하였으며, 전체적인 형상은 기본적인 신장모형을 기반으로 하였다(Fig. 1). 또한 동적

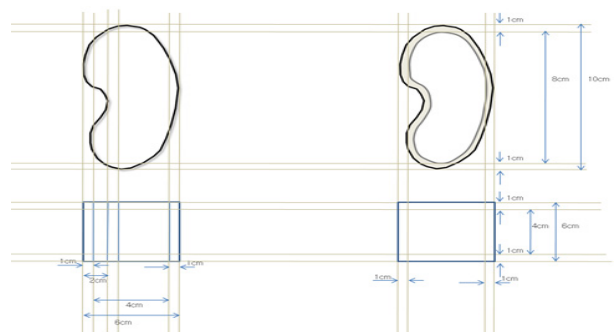


Fig. 1. Left and right two kidney phantoms of the form of a plane were made based on a normal adult kidney.

영상의 재현을 위하여 두 개의 홀(hole)을 형성하여 방사성동위원소의 투입구와 배출구로 구분하였으며, 투입된 방사성동위원소가 투입되는 압력을 통해 배출구로 이동하여 방광으로 자연스럽게 배출될 수 있도록 제작하였다(Fig. 2).

## 2. 동적 신장팬텀 시스템의 모델링

제작된 신장팬텀을 기본으로 동적 상황을 재현하기 위하여 혈류의 속도를 조절할 수 있는 정량펌프를 적용하였다. 정량 펌프는 디지털 Simdos모델(KNF, Product Center Liquid Pumps, Switzerland)을 사용하였으며, 유속(flow rate)을 1-100 mL/min까지 조절이 가능하여 혈류 상황을 조건에 맞게 수 신증, 요로폐쇄, 신장성 고혈압 등 조건을 적용할 수 있도록 고안하였다.

방사성동위원소가 최초 펌프를 통해 유입되고 신장팬텀의 투입구를 통해 유입된 후 신장 전체에 집적되고, 이후 펌프의 압력에 의해 배출구를 통해 방광으로 이동할 수 있도록 방향을 설정하였다. 신장을 거쳐 방광으로 배설되는 과정을 전체적으로 묘사할 수 있도록 하였으며, 신장에서의 집적 외에도 신장검사서 중요하게 다루어지는 방광량의 측정이



Fig. 2. It has devised in completion of acrylic phantom and outlet and inlet.

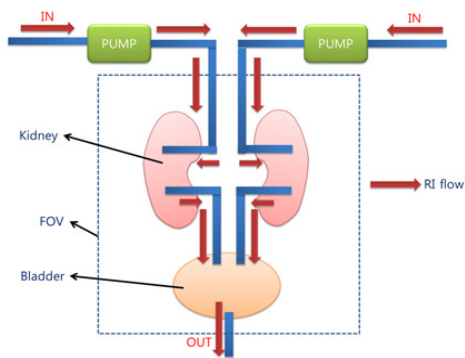


Fig. 3. Modeling of the dynamic kidney phantom system: The arrows represent the flow of radioactive isotopes.

가능하도록 설계하였다. 또한 감마카메라의 시야(Field of View)에 신장과 방광을 모두 포함하여 실제 임상 조건과 유사하게 고안하였다(Fig. 3).

## 3. 영상획득

실제 임상에서는  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ ,  $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 의 방사성의약품이 주로 사용되지만, 인체에 기전을 통하지 않기 때문에 동적 신장팬텀 시스템에서는  $^{99m}\text{Tc-pertechnate}$ 를 이용하여 신장에 방사성동위원소가 지속적으로 집적할 수 있도록 하였고, 사용된 방사성동위원소는 두 개의 펌프를 통해 공급되었다.

감마카메라는 Infinia (GE Healthcare, Milwaukee, Wisconsin, USA), Argus (Philips Medical System, Cleveland, OH, USA), Forte (Philips, Holland), Symbia T16 (Siemens Medical Solutions USA, Hoffman Estates, IL, USA) 장비를 사용하였고, 조준기는 저에너지 고분해능용, 화소수는  $128 * 128$ , 에너지 창 크기 및 폭은  $140 \text{ keV} \pm 10\%$ 를 적용하였다.

동적 신장영상의 획득을 위하여 두 부분(Phase)으로 구분하여 획득하였으며, Phase I 획득을 위하여 60 frame을 1 sec

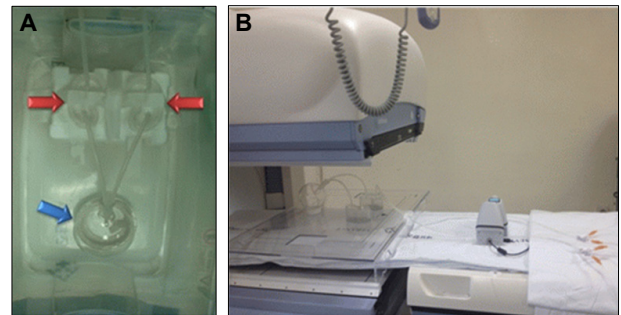


Fig. 4. The modeling of the dynamic kidney phantom system : The arrows represent the flow of radioactive isotopes.(A: red arrow (kidney), blue arrow (bladder), B: dynamic kidney phantom system).

간격으로 1 min 획득하였으며, Phase II 획득을 위하여 30 frame을 10 sec 간격으로 5 min간 영상을 획득하여 총 6 min 간의 영상을 획득하였다(Fig. 4).

4. 실험방법

1) 장비에 따른 변화

각각의 장비를 대상으로 주입속도를 동일하게 하여 각각의 펌프를 통해 동적신장팬텀시스템을 가동하였다. 각 펌프에서는 40 stroke의 동일한 조건으로 주입(pumping)하였고, 다른 조건을 동일하게 유지하였다. 장비에 따른 GFR 분석 비교를 위하여 본원이 보유하고 있는 HDx Argus, Phillips Forte, Simens Symbia, GE Infinia 4대의 장비를 이용하여 각각 10회씩 동적팬텀시스템으로 동일하게 실험을 하였다.

5. 영상 분석

획득된 동적신장팬텀시스템 검사의 정량분석은 대표적 방법인 게이츠 법에 의한 GFR값을 산출하였다(Fig. 5).

첫째, 실험의 정확성과 재현성을 알아보기 위해 Raw Data를 Dicom file로 받아 필립스 EBW-NM workstation (Extended Brilliance Workspace Ver. 4.5.3.40140)을 이용하여 결과를 각각 분석하였다.

둘째, 장비에 따라 획득한 영상의 분석은 페가수스 4.2,

$$\text{Uptake} = \frac{C_R - BKG_R}{e^{-\mu x_R}} + \frac{C_L - BKG_L}{e^{-\mu x_L}}$$

$$\text{GFR} = 9.8127 \times (\text{Lt uptake\%} + \text{Rt uptake\%}) - 6.82519$$

Fig. 5. Quantitative analysis of the Gates GFR values were calculated by the method.

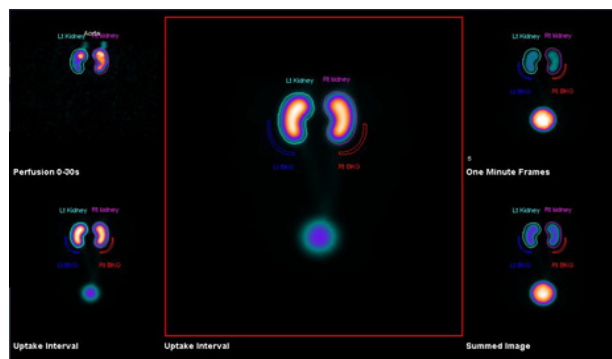


Fig. 6. Renogram analysis in Xeleris Functional Imaging Workstation.

Xeleris Functional Imaging Workstation ver.2.1220 (GE Healthcare, Milwaukee, Wisconsin, USA), Syngo MI workstation을 사용하여 전면상과 후면상의 각각의 신장과 방광에 재현성을 확인하기 위하여 각 5회씩 관심영역(Region of Interest)을 그려 분석하였다(Fig. 6). 또한 임상의 동적신장검사와 동일한 방법으로 분석하였다(Fig. 7). 각 실험은 통계분석을 통해 유의성을 확인하였다.

결 과

장비에 따른 동적 신장검사를 비교 분석하여 변화를 확인한 결과 우측신장(right kidney)과 좌측신장(left kidney)은 신장에 집적 후 방사성동위원소가 배출되는 형상을 나타냈고,

장비에 따른 GFR 분석

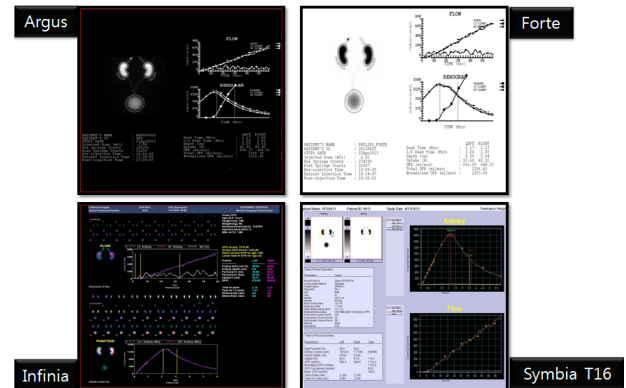


Fig. 7. Acquired images were analyzed by the same renogram assay with clinical.

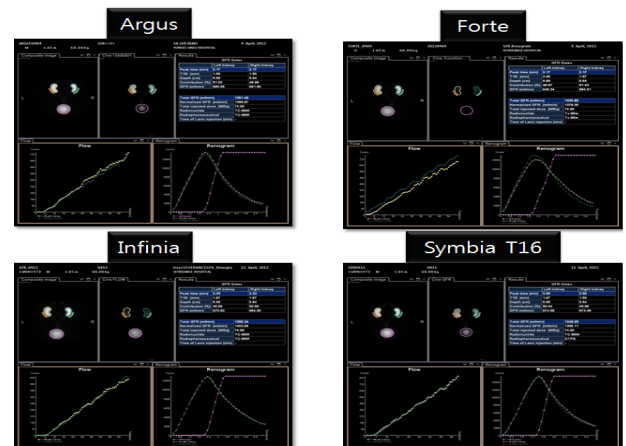


Fig. 8. Total GFR (ml/min) and Tmax (min) the ARGUS 1,351 mL/min, 2.17 min, FORTE 1,330 mL/min, 2.17 min, INFANIA 1,355 mL/min, 2.33 min, SYMBIA 1,348 mL/min, 2.50 min, respectively Total GFR value of the equipment, Tmax (min) was similar to both.

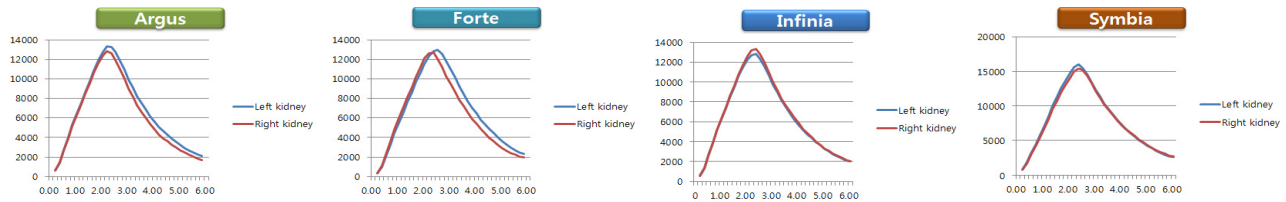


Fig. 9. By equipment left and right kidney is distributed according to the flow of time. In the course of time, according to the intake and excretion of Time-Active curve Count/ Frame shows a likeness.

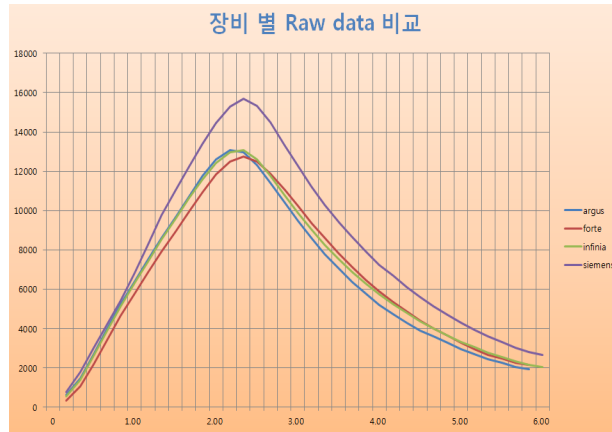


Fig. 10. Left and right kidney summing Uptake Time-Active curve of average Count/Frame is. Shows a similar pattern to each other by equipment, Siemens's SYMBIA the count rate was a little high.

반면에 방광에서는 배출된 방사성동위원소가 집적되는 형상을 보였다. 이는 임상에서의 보편적인 동적 신장검사 영상과 동일한 형상을 나타냈다.

실험의 정확성과 재현성을 알아보기 위해 Raw Data를 필립스 EBW-NM workstation을 이용하여 분석한 결과, 각각 Total GFR (mL/min)과  $T_{max}$  (min)가 ARGUS 1,351 mL/min, 2.17 min, FORTE 1,330 mL/min, 2.17 min, INFINIA 1,355 mL/min, 2.33 min, SYMBIA 1,348 mL/min, 2.50 min으로 각각의 장비에서 Total GFR 값,  $T_{max}$  (min)가 모두 유사하였다.

장비별 좌측과 우측 신장의 시간 흐름에 따른 분포로써, 시간에 따른 섭취와 배설과정에서 Time-Active curve의 Count/Frame가 비슷함을 보여주고 있다(Fig. 9). 다음은 좌, 우측 신장 섭취계수를 합산 평균한 Time-Active curve의 Count/Frame로서 장비별 서로 비슷한 양상을 보여주며, 지멘스사의 SYMBIA가 계수율이 조금 높은 것으로 나타났다. 이는 가장 최근에 설치된 장비 특성이라고 생각된다(Fig. 10).

장비에 따른 측정값을 SPSS Version 17을 이용하여 비모수적인 방법인 Kruskal-wallis test를 시행한 결과입니다. GFR 값의 평균에서 SYMBIA 1,091 mL/min, FORTE 1,232 mL/min, ARGUS 1,264 mL/min, INFINIA 1,302 mL/min로 통계적

으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며,  $T_{max}$  값 그리고  $T_{1/2}$  값 모두에서 장비에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

변동계수인 CV (%) 값은 5% 이하로 재현성이 있는 것으로 나타났으며, 그 중에서 SYMBIA가 2.67%로 가장 낮게 나타났고, INFINIA가 4.86%로 가장 높게 나타났다(Table 1).

장비에 따라 kruskal-wallis test를 통해 통계적으로 4개 장비 서로가 유의한 차이가 있는 것에 대한 사후 검정을 한 결과로서, 사후 검정은 비모수적인 방법으로 Mann-Whitney test를 다중 비교 검정을 시행하였으며, 이때 다중비교검정의 통계적 오류로 인하여 P-value는 0.0083 이하를 통계적으로 유의한 것으로 하였다. INFINIA와 ARGUS 간, FORTE와 ARGUS 간 그리고 INFINIA와 FORTE 간의 GFR 값은 유의한 차이를 나타냈으며, SYMBIA 장비와는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 2).

## 결론 및 고찰

핵의학 영상의 질관리는 장비의 성능 및 지속적인 영상화 질 평가와 표준화 정도관리 등의 요인에 따라 결과분석에 차이가 있을 수 있으므로 병원별 표준화 프로토콜을 확립하고, 정량분석의 결과를 필요로 하는, 추적검사 시는 동일장비 동일조건 검사를 하고, 장비별 검사에 따른 예약 시스템 개선이 필요하다.

현재 우리나라의 핵의학 영상기기 및 정도관리 분야의 실태 조사에 따르면, 핵의학 정도관리의 일부분인 분해능 (Resolution)팬텀은 성능평가와 정도관리를 시행하는데 있어 매우 유용하나 이는 모두 외국에서 수입해 와야 하며 가격이 매우 비싸기 때문에 직접 제작하거나 단체 주문 등의 방법이 제시되고 있는 실정이다.

핵의학 영상기기의 정도관리 표준화 체계 구축을 위한 연구에 따르면, 팬텀을 이용한 기기 성능 및 영상 화질 평가는 팬텀 구입의 어려움, 표준화된 팬텀에 대한 체계적 확립의 미흡 등 애로점으로 있으므로 연구를 계속 추진하여 안정화

**Table 1.** Average and standard deviation of GFR, Tmax, T<sub>1/2</sub>, CV (%) as the phantom experiments in a different modalities

	SYMBIA	FORTE	ARGUS	INFINIA	P-value*
GFR (mL/min)	1091.2±29.1	1232.0±49.8	1264.8±35.7	1302.8±63.2	0.008
Tmax (min)	2.13±0.049	2.07±0.049	2.07±0.049	2.13±0.049	0.006
T <sub>1/2</sub> (min)	3.56±0.118	1.68±0.199	1.36±0.165	1.53±0.049 <sup>†</sup>	<0.001
CV (%)	2.67	4.05	2.83	4.86	

\*SPSS ver. 17, Kruskal-Wallis Test.

<sup>†</sup>Mean±SD.

**Table 2.** Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney test of GFR as a change of modality

	Modality	N	Mann-Whitney's U	P-value <sup>†</sup>
SYMBIA	FORTE	10	55.0*	0.000
SYMBIA	ARGUS	10	55.0	0.000
INFINIA	SYMBIA	10	55.0	0.000
INFINIA	ARGUS	10	38.5	0.393
FORTE	ARGUS	10	29.0	0.123
FORTE	INFINIA	10	17.5	0.011
Kruskal Wallis test statistics			0.000	

\*Mann-Whitney test.

<sup>†</sup>SPSS ver. 17, Kruskal-Wallis test.

된 팬텀 평가 방법에 대한 문제가 제기되고 있다.

Karagoz 등은 동적 신장팬텀의 적용을 통해 임상 정보와 유사한 기능 정보를 확인할 수 있고,<sup>5)</sup> Celler 등은 혈류속도를 변화시킬 수 있는 팬텀을 제작하여 적용함으로써 장비의 품질관리에 적용이 가능하다고 주장하였다.<sup>6)</sup> Houston 등은 다양한 동적 상황을 재현할 수 있는 팬텀을 적용하여 정량화할 수 있고,<sup>7)</sup> 동적 신장팬텀의 적용을 바탕으로 다양한 인체의 기능을 평가할 수 있는 전신 팬텀의 제작이 가능할 수 있고, 연구가 더욱 강조되어야 할 것을 제안하였다.<sup>8)</sup>

본 연구는 핵의학의 정도관리 분야에 적용이 가능한 기술로서 국산화 된 동적 팬텀이 전문한 상황에서 장비의 성능 및 영상화질의 평가가 가능하고 팬텀을 이용한 정도관리 정착에 도움이 되리라 사료된다. 이와 같은 동적 팬텀 시스템의 활용은 핵의학 기술 발전에 기여하리라 기대되며, 영상의 품질관리에 대해 표준이 정해지지 않은 상황에서 동적 신장팬텀 시스템을 활용한 다양한 연구를 기대할 수 있으며, 영상의 품질관리에 크게 기여할 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 동적 신장팬텀 시스템이 실제 임상에서의 신장동적검사를 유사하게 재현이 가능한 것을 확인할 수 있었다. 특히 신장을 통해 방광으로 배설되는 흐름의 변화에 대해 시간에 따른 묘사가 충분하게 재현되었으며, 동적 영상의 질을 확인하는데 기초 자료로 활용이 가능하리라 사료된다. 또한 추후 기능적 영상 분야에 연구 및 정도관리 분야에

도 도움이 되리라 여겨진다.

## 요 약

핵의학 검사 중 동적 신장검사는 신장기능을 평가하는 가장 대표적인 검사법으로 방사성동위원소를 이용하여 시간에 따른 신장의 기능을 평가하고 소변이 배설에 이르기까지의 질환 평가에 유용하다. 이러한 검사영상의 질 평가 및 정량 분석에서 현재 상용화 된 팬텀은 정적 상황만 재현하고 평가할 수 있기 때문에 동적 팬텀을 통한 시간에 따른 신장의 기능적 상황과 혈류속도, 방사성동위원소의 주입량에 따른 다양한 차이 등을 확인할 수 있는 연구가 미비한 상황이다. 그러므로 본 연구를 통해 동적 신장팬텀 시스템을 제작하여 신장의 동적 흐름을 통한 영상을 재현함으로써 핵의학에서 영상학적으로 유용성을 평가하고자 한다.

신장팬텀은 정상 성인 신장을 기준으로 제작하였고, 동적 상황을 재현하기 위하여 혈류의 속도를 조절할 수 있는 정량 펌프를 적용하였으며, <sup>99m</sup>Tc-pertechnate를 신장팬텀에 방사성의약품이 집적되고 방광으로 배설되도록 제작하였다. 사용된 방사성의약품은 각 신장팬텀에 각각 주입되도록 하였으며, 주입속도, 방사성의약품, 좌우 신장팬텀에 다른 주입속도에 따른 변화를 확인하였다. 획득한 영상의 분석은 전면상과 후면상 각각의 신장과 방광에 관심영역을 그려 분석하였

으며, 재현성을 확인하기 위하여 각 10회씩 반복하여 분석하였다.

동일한 조건하에 주입속도 40 mL/min로 고정하여 펌프의 압력을 조절하였을 때 방사성의약품이 2-3분 사이에 신장팬텀에 가장 많이 집적되었다가 방광으로 배출되었다.

각 장비별 사구체 여과율은 각각 SYMBIA 1,091 mL/min, FORTE 1,232 mL/min, ARGUS 1,264 mL/min, INFINIA 1,302 mL/min로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며,  $T_{max}$  값 그리고  $T_{1/2}$  값 모두에서 장비별 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 변동계수인 CV 값은 5% 이하로 재현성이 있는 것으로 나타났으며, 그 중에서 SYMBIA가 2.67%로 가장 낮게 나타났고, INFINIA가 4.86%로 가장 높게 나타났다.

본 연구를 통하여 동적신장팬텀시스템이 실제 임상 의 신장동적검사를 유사하게 재현이 가능한 것을 확인할 수 있었다. 특히 신장을 통해 방광으로 배설되는 흐름에 대해 시간에 따른 묘사가 충분하게 재현되었으며, 동적 영상의 질을 확인하는데 기초 자료로 활용이 가능하리라 사료된다. 또한 추후 기능적 영상 분야에 연구 및 정도관리 분야에도 도움이 되리라 여겨진다.

## REFERENCES

1. Miyazaki C, Harada H, et al.  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA dynamic SPECT and CT volumetry for measuring split renal function in live kidney donors. *Ann Nucl Med* 2010;24:189-195.
2. Ying-Chun Ma, Li Zuo, et al. Comparison of  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA renal dynamic imaging with modified MDRD equation for glomerular filtration rate estimation in Chinese patients in different stages of chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant* 2007;22:417-423.
3. Folks RD, Garcia EV, Taylor AT. Development and prospective evaluation of an automated software system for quality control of quantitative  $^{99m}\text{Tc}$ -MAG3 renal studies. *J Nucl Med Technol* 2007;35:57-33.
4. Heikkinen JO. New automated physical phantom for renography. *J Nucl Med* 2004;45:495-499.
5. Karagoz I, Eroglu O, et al. A new dynamic renal phantom and its application to scintigraphic studies for pixel basis functional radionuclide imaging. *Med Engin Phys* 1998;20:473-479.
6. Celler A, Farncombe T, et al. Performance of the dynamic single photon emission computed tomography (dsPECT) method for decreasing or increasing activity changes. *Phys Med Biol* 2000;3525-3543.
7. Houston AS, Whalley DR, et al. UK audit and analysis of quantitative parameters obtained from gamma camera renography. *Nucl Med Communications* 2001;22:559-566.
8. Heikkiene JO, Kuikka JT, Ahonen AKA, Rautio PJ. Quality of dynamic radionuclide renal imaging: multicentre evaluation using a functional renal phantom. *Nucl Med Communications* 2001;22:987-995.