

Original Article

수신증을 진단 받은 소아 환자의 DMSA 신장 검사에서 정확한 관심영역 설정에 대한 고찰

연세의료원 세브란스병원 핵의학과, 신구대학 방사선과¹

남궁 혁·이동혁·오신현·조석원·박훈희¹·김정열·김재삼·이창호

The Consideration of the Region of Interest on ^{99m}Tc-DMSA Renal Scan in Pediatric Hydronephrosis Patients

Hyuk Namkoong, Dong Hyuk Lee, Shin Hyun Oh, Seok Won Cho, Hoon Hee Park¹,
Jung Yul Kim, Jae Sam Kim and Chang Ho Lee

Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Health System, Seoul, Korea

¹Department of radiology, Shingu University, Seongnam, Korea

Purpose: Most of diagnosis in the pediatric hydronephrosis patients have been performed ^{99m}Tc-DMSA renal scan. Then the region of interest (ROI) is set for comparative analysis of uptake ratio in left-right kidney after acquiring the image. But if the equipment set an automatic ROI, the ROI could include expanded renal pelvis due to hydronephrosis and the uptake ratio of left-right kidney will be incorrect result. Therefore this study compared both ROIs including expanded renal pelvis and excluding renal pelvis through experiment using normal kidney phantom and expanded renal pelvis phantom and suggested setting method of improved ROI. In addition, this study have been helped by readout doctor for investigate distinction radiopharmaceutical uptake between renal cortex and remained urine by expanded renal pelvis. **Materials and Methods:** The both of renal phantoms were filled with water and shackd with ^{99m}TcO₄ 111 MBq. In order to describe the expanded renal pelvis, the five latex balloon were all filled with 10 mL water and each of balloon was mixed with ^{99m}TcO₄ 18.5, 37, 55.5, 74, 92.5 MBq. And we made phantom with fixed ^{99m}TcO₄ activity of 37 MBq and mixed water 5, 10, 15, 20, 25 mL in each balloon. The left kidney was fixed its shape and the right kidney was modified like as hydronephrosis kidney by attached the latex balloons. And the acquiring counts were 2 million. After acquisition, we compared the image of ROI with Expanded renal pelvis and the image of ROI without renal pelvis for analyzing difference in the uptake ratio of left-right kidney and for reproducibility, set the ROI 5 times in the same images. Patients were injected ^{99m}Tc-DMSA 1.5~1.9 MBq/kg and scanned 3 to 4 hours after injection. The each of 3 skillful radio technologists performed the comparing estimation by setting ROI. To determine statistical significance between two data, SPSS (ver. 17) Wilcoxon Signed Ranks Test was used. **Results:** As a result of renal phantom's experiment, we compared with average of counts Background (BKG) ratios in the setting of ROI including expanded renal pelvis and setting of excluding expanded renal pelvis. Therefore, they can obtain changed counts and changed ratios. Patient also can obtain same results. In addition, the radiopharmaceutical uptake in expanded renal pelvis was come out the remained urine that couldn't descend to ureter by the help of readout doctor. **Conclusion:** As above results, the case of setting ROI including expanded renal pelvis was more abnormally increasing uptake ratio than the case of setting ROI excluding expanded renal pelvis in analysis the uptake ratio in left-right kidney of hydronephrosis. Because of the work convenience and prompted analysis, the automatic ROI is generally used. But in case of the hydronephrosis study, we should set the manual ROI without expanded renal pelvis for an accurate observation of the uptake ratio of left-right kidney since the radiopharmaceutical uptake in expanded renal pelvis is the remained urine. (*Korean J Nucl Med Technol* 2012;16(1):27-33)

Key Words : Hydronephrosis, Region of interest, ^{99m}Tc-DMSA, Uptake rate

• Received: February 29, 2012, Accepted: April 6, 2012.

• Corresponding author: Hyuk Namkoong

Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University
Health System, 50 Yonsei-Ro (134 Shinchon-Dong), Seodaemun-Gu, Seoul
120-749, Korea

Tel: +82-2-2228-6057 (ext. 6040), Mobile : +82-10-7129-3666

E-mail : nkh0419@yuhs.ac

서 론

혈액과 기타 체내의 노폐물은 신장에서 걸러져 소변이 만
들어지고, 소변은 신 유두를 거쳐 신배와 신우를 지나 요관

으로 흐른다. 요관을 지나간 소변은 방광에 고여 있다가 어느 정도 양이 차면 요의가 느껴지고 몸 밖으로 배설된다. 소변이 흐르는 통로 중에 어느 부분이 막히면, 그 상부의 압력이 높아지고, 높아진 압력 때문에 그 부분은 구조적으로 팽창하게 된다. 정상적으로도 요로계 중에는 해부학적으로 좁아져 있어 막히기 쉬운 부위가 있는데, 신우와 요관의 경계 부위, 요관과 방광 경계 부위, 방광 경부 그리고 요도 끝부분 등이다. 선천성 요로기형, 요로결석, 방광암, 신경인성 방광 기능장애, 전립선 압과 같은 외부적 혹은 내부적 원인에 의하여 물리적으로 요로가 막히거나, 신경인성 방광과 같이 기능적으로 요로가 막히게 되면, 요로 상부에 소변이 정체되어 높아진 압력 때문에 늘어나게 된다. 예컨대 막힌 부위가 신우와 요관의 경계부나 그 직-하부라면, 신우와 신배 만 늘어나는 수신증이 나타난다(Fig. 1).¹⁾

DMSA 는 신장피질의 영상을 얻을 수 있는 매우 좋은 방

사성 의약품이다. 대부분이 신장 피질에 섭취되며, 수질과의 섭취 비는 22 : 1 정도이다.²⁾ 본원에서 수신증 진단을 받은 소아 환자는 대부분 초음파를 비롯하여 $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ 신장 검사를 시행하고 있다. 환자의 영상 획득 후 좌-우측 신장의 섭취 비율을 분석하기 위해 획득된 영상에 관심영역을 설정하여 분석하고 있다. 이때, 검사자의 편의성과 결과의 신속성을 위하여 장비의 자동 관심영역을 설정한다. 그러나, 수신증으로 확장되어 있는 신우 부위까지 관심영역에 포함되어 설정되므로 정확한 좌-우 신장의 섭취율이라고 할 수 없다. 그리하여 본 연구는 신장 모형과 확장된 신우의 모형을 이용한 실험을 통해 수신증으로 인해 확장된 신우를 포함한 관심영역과 포함하지 않은 관심영역을 비교하여 보다 개선된 관심영역의 설정 방법을 제시 하고자 한다. 또한, 확장된 신우에 섭취된 방사성 의약품이 신 피질 세포에서의 섭취인지 아니면 요관의 막힘으로 인한 잔류 소변 인지를 알아 보기 위해

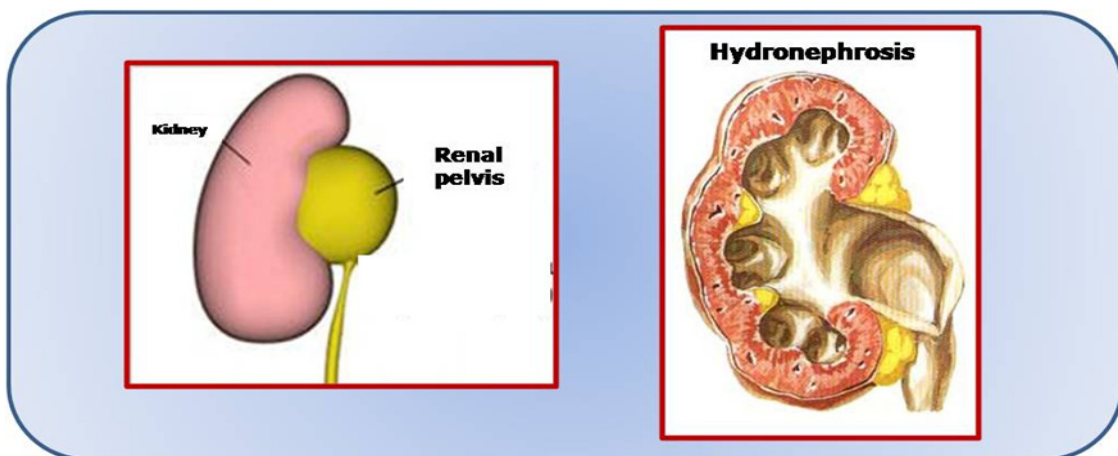


Fig. 1. The pictures are a design of phantom and a cross section in hydronephrosis.

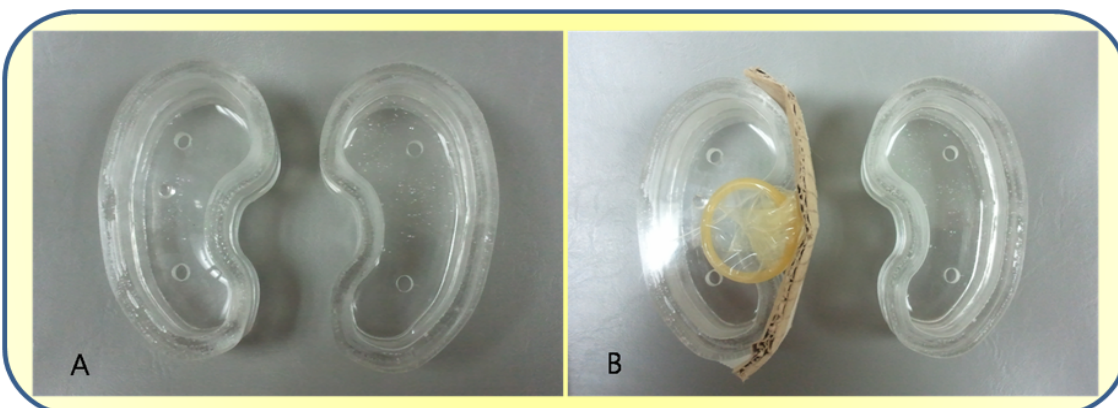


Fig. 2. A picture is renal phantoms made by acryl. It were filled with water and shacked with $^{99m}\text{TcO}_4$ 111 MBq. B picture is modified renal phantom. The left kidney was fixed its shape and the right kidney was modified like as hydronephrosis kidney by attached the latex balloons.

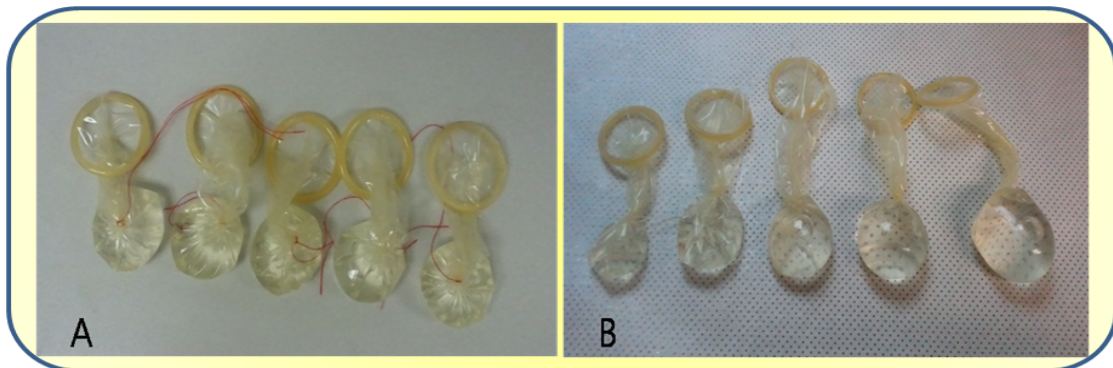


Fig. 3. A picture is that latex balloon were all fixed with 10 mL water and each of balloon was mixed with $^{99m}\text{TcO}_4$ 18.5, 37, 55.5, 74, 92.5 MBq. B picture is latex balloon that fixed $^{99m}\text{TcO}_4$ activity of 37 MBq and mixed water 5, 10, 15, 20, 25 mL in each balloon.

판독의 도움을 받아 알아 보기로 한다.

대상 및 방법

1. 신장 모형 실험

두 가지의 실험으로 진행 하였다. 먼저, 아크릴로 만들어진 2개의 신장 모형에 같은 양의 물을 채우고 $^{99m}\text{Tc-pertechnate}$ 111 MBq을 각각 넣어 섞었다(Fig. 2A). 첫 번째로 확장된 신우를 표현하기 위해 고무 풍선에 물 용량을 10 mL로 고정된 후 5개에 $^{99m}\text{Tc-pertechnate}$ 을 각각 18.5 MBq, 37 MBq, 55.5 MBq, 74 MBq, 92.5 MBq을 섞어 준비 하였고, 두 번째로는 고무 풍선에 $^{99m}\text{Tc-pertechnate}$ 을 37 MBq으로 고정하고 물 용량을 각각 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL를 섞어 준비하였다(Fig. 3). 좌측 신장은 모양 그대로 유지하고 우측 신장 모형에 이 고무 풍선을 고정하여 수신증의 신장과 비슷한 모형을 만든 후 감마카메라를 사용하여 각각 200만 계수를 수집하였다(Fig. 2B).

수집된 영상을 확장된 신우를 포함한 관심영역과 포함하지 않은 관심영역을 그려서 좌-우 신장의 섭취 비율을 비교하였고, 재현성을 위해서 한 영상당 5회씩 관심 영역을 각각 설정하였다.

2. 임상 검사

2011년 6월부터 9월까지 우측 신장의 수신증을 진단 받은 소아 환자 4명, 좌측 신장의 수신증을 진단 받은 소아 환자 2명을 대상으로 하였고, 평균 연령은 1.4 ± 0.92 세 이다. $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ 는 킬로그램당 1.5~1.9 MBq을 주사 하였고, 주사 후 3~4시간 후 감마카메라를 사용하여 각각 200만 계수를

수집하였다. 신장 모형 실험과 마찬가지로 영상 획득 후 확장된 신우를 포함한 관심영역과 포함하지 않은 관심영역을 각각 설정하여 두 영상의 좌-우측 신장 섭취율을 비교하였다. 관심 영역 설정은 3명의 숙련된 방사선사가 각각 1회씩 설정하여 진행 하였다.

3. 통계 분석

두 자료 간의 통계적 유의성을 알아보기 위해 SPSS (ver. 17) Wilcoxon Signed Ranks Test 사용하였다.

4. 장비 및 관심영역 설정

사용된 감마카메라는 GE Infinia (General Electric Healthcare, Milwaukee, Wisconsin, USA) 장비를 사용하였고, 조준기는 저 에너지 고분해능 조준기, 화소수는 512x512 이고, 에너지 창크의 크기 및 폭은 $140\text{keV} \pm 10\%$ 로 사용하고, 검사는 전면상과 후면상 모두 각각 200만 계수를 수집하였다. 검사 후 관심영역 설정은 GE사의 Xeleris functional imaging workstation (ver. 2.1220)을 사용하여 전면상과 후면상에 각각 관심영역을 설정하여 분석하였다.

결 과

신장 모형 실험 결과로 확장된 신우를 포함하여 관심영역을 설정한 것과 포함하지 않고 관심영역을 설정한 두 집단간에 평균 수집계수, 평균 주변 계수, 평균 섭취율을 각각 비교해 본 결과 평균 수집계수와 평균 섭취율의 변화된 결과를 얻을 수 있었고, 평균 주변 계수는 큰 차이를 보이지 않았다 (Table 1, 2, 3, Fig. 4). 즉, 우측 신장의 확장된 신우를 포함하

Table 1. This table is Average's counts. It is a renal phantom that latex balloon were all fixed with 10 mL water and each of balloon was mixed with $^{99m}\text{TcO}_4$ 18.5, 37, 55.5, 74, 92.5 MBq

10 mL		Inclusion of ERP	Exclusion of ERP
18.5 MBq	Left	595923.2±872	596648.2±252
	Right	764693.8±457	656322±173
37 MBq	Left	555713.4±396	556317±287
	Right	800127±111	607397.2±149
55.5 MBq	Left	531414.4±304	5314583.4±220
	Right	834445.2±284	589688.2±217
74 MBq	Left	501320.4±268	501094.2±173
	Right	859723.4±483	555595.2±134
92.5 MBq	Left	467268.4±276	467513.8±572
	Right	903161.4±259	515261.4±466

+ERP : Expanded Renal Pelvis.

Table 2. This table is Average's back ground counts. It is a renal phantom that latex balloon were all fixed with 10 mL water and each of balloon was mixed with $^{99m}\text{TcO}_4$ 18.5, 37, 55.5, 74, 92.5 MBq.

10 mL		Inclusion of ERP	Exclusion of ERP
18.5 MBq	Left	12632.8±25	12690.8±44
	Right	14977±26	12246.8±9
37 MBq	Left	12428±22	12438±14
	Right	15317.6±13	11639.4±21
55.5 MBq	Left	12621.8±29	12645.8±1
	Right	16904.4±39	12494.8±77
74 MBq	Left	12272.2±46	12251.6±38
	Right	17385.8±106	11736±4
92.5 MBq	Left	12452.8±41	12428.6±31
	Right	18813±3	11791.4±3

Table 3. This table is Average's ratios. It is a renal phantom that latex balloon were all fixed with 10 mL water and each of balloon was mixed with $^{99m}\text{TcO}_4$ 18.5, 37, 55.5, 74, 92.5 MBq

10 mL		Inclusion of ERP	Exclusion of ERP
18.5 MBq	Left	48.09±0.12	44.04±0.54
	Right	51.91±0.12	55.95±0.54
37 MBq	Left	41.18±0.1	48.36±0.17
	Right	58.82±0.1	51.64±0.44
55.5 MBq	Left	39.06±0.16	47.64±0.2
	Right	60.94±0.38	52.36±0.2
74 MBq	Left	37.38±0.27	47.65±0.19
	Right	62.62±0.38	52.35±0.19
92.5 MBq	Left	34.25±0.27	47.93±0.59
	Right	65.75±0.24	52.06±0.59

+ERP : Expanded Renal Pelvis.

여 관심 영역을 설정한 결과가 같은 조건에서 확장된 신우를 포함하지 않고 관심 영역을 설정한 결과보다 과섭취를 보이고 있다.

두 집단 간에 통계적 검증을 위해 SPSS (ver. 17) Wilcoxon Signed Ranks Test 사용하여 검증한 결과 두 집단간의 수집 계수 결과와 평균 섭취율은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

두 번째로 진행 되었던 고무 풍선에 ^{99m}Tc -pertechnate을 37 MBq으로 고정하고 물 용량을 각각 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL를 섞어 준비하여 실험한 결과는 좌-우측 신장 섭취율의 차이가 미미하여 본 주제에 큰 의미가 부여되지 않을 것으로 판단되어 결과 도출에서는 제외하였다.

그리고, 6명의 환자에서 임상 검사의 결과로 확장된 신우를 포함하여 관심영역을 설정한 것과 포함하지 않고 관심영

Table 4. This table is Average's ratios in test of patients. Expanded renal pelvis as well as experimental models, including the effect of setting the ROI extending from the pelvis to the same conditions and does not include the effect of setting the ROI is showing more over ratio.

Pt. No.		Inclusion of ERP	Exclusion of ERP
1	Left	42.71%	44.76%
	Right	57.29%	55.24%
2	Left	40.38%	43.18%
	Right	59.62%	56.82%
3	Left	41.76%	44.34%
	Right	58.24%	55.66%
4	Left	39.31%	43.58%
	Right	60.69%	56.42%
5	Left	58.32%	54.88%
	Right	41.68%	45.12%
6	Left	59.08%	55.32%
	Right	40.92%	44.68%

+ERP : Expanded Renal Pelvis.

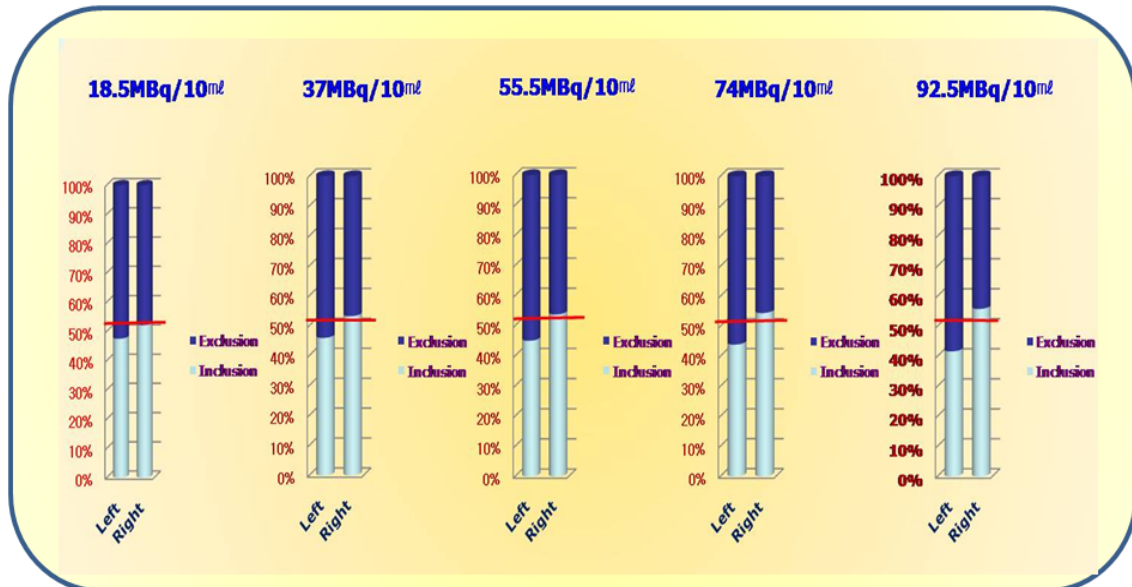


Fig. 4. This picture is a graph that made a graph of average's ratios of renal phantom test. ROI that Include to expanded renal pelvis was seen as overrate than ROI that exclude to expanded renal pelvis.

역을 설정한 두 집단간의 평균 섭취율은 신장 모형 실험과 마찬가지로 확장된 신우를 포함하여 관심 영역을 설정한 결과가 같은 조건에서 확장된 신우를 포함하지 않고 관심 영역을 설정한 결과보다 과섭취율을 보이고 있다(Table 4).

결론

위의 신장 모형 실험 결과와 임상 환자의 검사 결과에서 보여 주듯이 신장의 좌-우측 섭취율 도출 시에 수신증으로 인해 신우가 확장된 신장에서 신우를 포함하여 관심영역을 설정했을 때의 섭취율이 포함하지 않았을 때의 섭취율에 비

해 과섭취율을 보여 주고 있는 것이 확인되었다. 또한 판독의 도움을 받아 수신증 환자의 영상을 분석한 결과 확장된 신우에서의 ^{99m}Tc -DMSA의 섭취는 신장 피질 세포의 섭취가 아닌 신장의 이상으로 인한 방광으로 내려가지 못한 잔류 소변이라는 것이 확인 되었다. 현재 검사자의 작업 편의성과 결과의 신속성을 위해 자동 관심영역으로 설정하여 검사 결과를 도출해 내고 있지만, 신우가 확장되어 수신증을 진단받은 환자의 ^{99m}Tc -DMSA 신장 검사의 경우에는 확장된 신우에 방사성의약품이 섭취가 되어있는 것은 신장 피질 세포의 섭취가 아닌 방광으로 내려가지 못하고 신우에 잔류된 소변이므로 관심영역 설정 시에 확장된 신우 부분을 제외하고 수

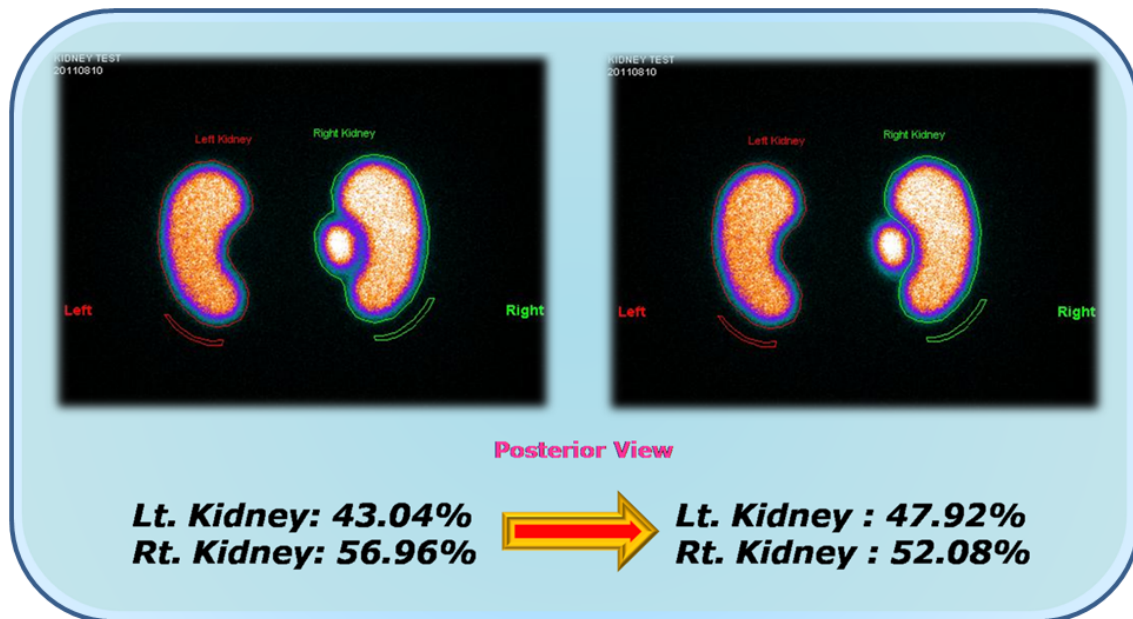


Fig. 5. This picture is an image in test of renal phantom. Renal pelvis, including the expanded ROI without having to set up a ROI, including images and pictures when compared to set the rate of consumption has changed.

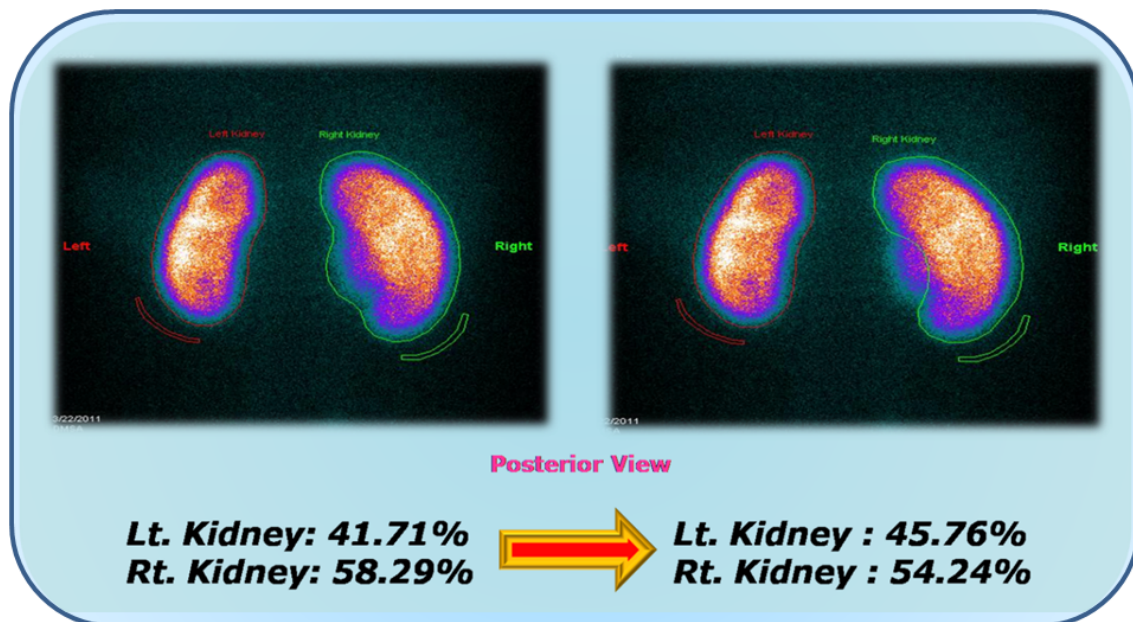


Fig. 6. This picture is an image in test of patient. Expanded renal pelvis as well as experimental models, including the ROI and does not include pictures and set up a ROI when compared to set the picture was changing the rate of consumption.

동으로 관심영역을 설정하여야 정확한 좌-우측 신장의 섭취율을 도출할 수 있을 것이라 사료된다.

요 약

수신증 진단을 받은 소아 환자 ^{99m}Tc -DMSA 신장 검사에

서 영상 획득 후 좌-우측 신장의 섭취 비율을 분석하기 위해 관심영역을 설정하는데, 장비의 자동 관심영역 설정 시 수신증으로 확장되어 있는 신우 부위까지 관심영역에 포함되어 정확한 좌-우 신장의 섭취율이라 할 수 없기에 본 연구는 신장 모형과 확장된 신우의 모형을 이용한 실험을 통해 수신증으로 인해 확장된 신우를 포함한 관심영역과 포함하지 않은

관심영역을 비교하여 보다 개선된 관심영역의 설정 방법을 제시 하고자 한다. 또한, 확장된 신우에 섭취된 방사성 의약품이 신장 피질 세포에서의 섭취인지 아니면 요관의 막힘으로 인한 잔류 소변 인지를 알아 보기 위해 판독의의 도움을 받아 알아 보기로 한다.

두 개의 신장 모형에 같은 양의 물을 채우고 $^{99m}\text{TcO}_4$ 111 MBq를 각각 넣어 섞었다. 확장된 신우를 표현하기 위해 5개의 고무 풍선에 물 용량을 각각 10 mL로 채운 후 $^{99m}\text{TcO}_4$ 를 각각 18.5, 37, 55.5, 74, 92.5 MBq를 각각 섞어 준비 하였다. 또한, 고무 풍선에 $^{99m}\text{TcO}_4$ 를 37 MBq로 고정하고 물 용량을 각각 5, 10, 15, 20, 25 mL를 섞어 준비하였다. 좌측 신장은 모양 그대로 유지하고 우측 신장 모형에 이 고무 풍선을 붙여 수신증의 신장과 비슷한 모형을 만든 후 각각 200만 계수를 수집하였다. 수집된 영상을 확장된 신우를 포함한 관심영역과 포함하지 않은 관심영역을 그려서 좌-우 신장의 섭취비율을 비교 하였고, 재현성을 위해 한 영상당 5회씩 관심영역을 설정하였다. 환자의 경우 $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ 를 1.5~1.9 MBq/kg 주사하고, 3~4시간 후에 검사하였고, 숙련된 3명의 방사선사가 각각 1회씩 관심 영역을 설정하여 비교 평가 하였다. 두 자료 간의 통계적 유의성을 알아보기 위해 SPSS (ver. 17) Wilcoxon Signed Ranks Test 사용하였다.

신장 모형 실험 결과로 확장된 신우를 포함하여 관심영역을 설정한 것과 포함하지 않고 관심영역을 설정한 두 집단간에 수집계수, 주변 계수, 섭취율을 비교해 본 결과 수집계수와 섭취율의 변화된 결과를 얻을 수 있었고, 환자 검사 영상에서 또한 섭취율의 변화된 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 확장된 신우에 섭취된 방사성 의약품은 확장된 신우에 의해 요관으로 내려가지 못한 잔류 된 소변이라는 것이 확인되었다.

위 결과에서 보여 주듯이 신장의 좌-우측 섭취율 도출 시에 수신증으로 인해 신우가 확장된 신장에서 신우를 포함하여 관심영역을 설정했을 때의 섭취율이 포함하지 않았을 때의 섭취율에 비해 과섭취율을 보여 주고 있다. 검사자의 작업 편의성과 결과의 신속성을 위해 자동 관심영역으로 설정하여 결과를 도출해 내고 있지만, 이러한 수신증 환자의 경우에는 확장된 신우에 방사성의약품이 섭취가 되어있는 것은 잔류된 소변이므로 관심영역 설정 시에 확장된 신우 부분을 제외하고 수동으로 관심영역을 설정해야 정확한 좌-우측 신장의 섭취율을 도출할 수 있을 것이라 사료된다.

REFERENCES

1. Comparison of $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ dual-head SPECT versus high-resolution parallel-hole planar imaging for the detection of renal cortical defects. Brenner M, Bonta D, Eslamy H, Ziessman HA. *AJR Am J Roentgenol*. 2009 Aug; 193(2):333-7.
2. Comparison of differential renal function using technetium-99m mercaptoacetyltriglycine (MAG3) and technetium-99m dimercaptosuccinic acid (DMSA) renography in a paediatric population. Ritchie G, Wilkinson AG, Prescott RJ. *Pediatr Radiol*. 2008 Aug; 38(8):857-62. Epub 2008 Jun 13.
3. Ectopic ureteroceles in infants with prenatal hydronephrosis: use of renal cortical scintigraphy. Connolly LP, Connolly SA, Drubach LA, Zurakowski D, Ted Treves S. *Clin Nucl Med*. 2002 Mar;27(3):169-75.
4. Effectiveness of diuretic injection on the measurement of differential renal function using Tc-99m DMSA in patients with a dilated renal pelvis. Buyukdereli G, Guney IB, Seydaoglu G. *Clin Nucl Med*. 2005 Nov, 30(11):721-4.
5. Is furosemide administration effective in improving the accuracy of determination of differential renal function by means of technetium-99m DMSA in patients with hydronephrosis? Kabasakal L, Turkmen C, Ozmen O, Alan N, Onsel C, Uslu I. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2002 Nov ; 29(11):1433-7. Epub 2002 Aug 24.
6. Dimercaptosuccinic acid renal scintigraphy for the evaluation of pyelonephritis and scarring: a review of experimental and clinical studies. Rushton HG, Majd M. *J Urol*. 1992 Nov;148(5 Pt 2):1726-32. Review.
7. Relative renal function with MAG-3 and DMSA in children with unilateral hydronephrosis. AktGE, Inanir S. *Ann Nucl Med*. 2010 Nov; 24(9):691-5. Epub 2010 Jul 17.
8. Role of DMSA scintigraphy in managing pediatric pyelonephritis. Girardin E, Benador D. *Arch Pediatr*. 1998;5 Suppl 3:285S-289S.
9. The radionuclide assessment of pre-natally diagnosed hydronephrosis. Upsdell SM, Gupta S, Gough DC. *Br J Urol*. 1994 Jul; 74(1):31-4.
10. Relative renal function with MAG-3 and DMSA in children with unilateral hydronephrosis. , Inanir S. *Ann Nucl Med*. 2010 Nov; 24(9):691-5. Epub 2010 Jul 17.
11. The conditions for which the geometric mean method revealed a more accurate calculation of relative renal function in $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ scintigraphy A. Fuat Yapar, Mehmet Aydin, Mehmet Reyhan, Zeynep Yapar and Aysun Sukan *Nuclear Medicine Communications* 2005, 26:141-146
12. Ultrasound grade of hydronephrosis and severity of renal cortical damage on 99m technetium dimercaptosuccinic acid renal scan in infants with unilateral hydronephrosis during followup and after pyeloplasty. Konda R, Sakai K, Ota S, Abe Y, Hatakeyama T, Orikasa S. *J Urol*. 2002 May;167(5):2159-63.