

## 방사성의약품 투여 시 피폭선량 저감에 대한 연구

연세의료원 세브란스병원 핵의학과

조석원 · 정 석 · 박준영 · 오신현 · 남궁혁 · 오기백 · 김재삼 · 이창호

### The Study of Radiation Reducing Method during Injection Radiopharmaceuticals

Seok Won Cho, Seok Jung, June Young Park, Shin Hyun Oh, Hyuk Namkoong, Ki Beak Oh, Jae Sam Kim and Chang Ho Lee

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

**Purpose:** The whole body bone scan is an examination that visualizing physiological change of bones and using bone-congenial radiopharmaceutical. The patients are intravenous injected radiopharmaceutical which labeled with radioactive isotope ( $^{99m}\text{Tc}$ ) emitting 140 keV gamma rays and scanned after injection. The 3 principles of radiation protection from external exposure are time, distance and shielding. On the 3 principles of radiation protection basis, radiopharmaceutical might just as well be injected rapidly for reducing radiation because it might be the unopened radiation source. However the radiopharmaceuticals are injected into patient directly and there is a limitation of distance control. This study confirmed the change of radiation exposure as change of distance from radiopharmaceutical and observed the change of radiation exposure after setting a shelter for help to control radio-technician's exposure. **Materials & methods:** For calculate the average of injection time, the trained injector measured the injection time for 50 times and calculated the average (2 minutes). We made a source as filled the  $^{99m}\text{Tc}$ -HDP 925 MBq 0.2 mL in a 1 mL syringe and measured the radiation exposure from 50 cm, 100 cm, 150 cm and 200 cm by using Geiger-Mueller counter (FH-40, Thermo Scientific, USA). Then we settled a lead shielding (lead equivalent 6 mm) from the source 25 cm distance and measured the radiation exposure from 50 cm distance. For verify the reproducibility, the measurement was done among 20 times. The correlation between before and after shielding was verified by using SPSS (ver. 18) as paired t-test. **Results:** The radiation doses according to distance during 2 minutes from the source without shielding were  $1.986 \pm 0.052 \mu\text{Sv}$  in 50 cm,  $0.515 \pm 0.022 \mu\text{Sv}$  in 100 cm,  $0.251 \pm 0.012 \mu\text{Sv}$  in 150 cm,  $0.148 \pm 0.006 \mu\text{Sv}$  in 200 cm. After setting the shielding, the radiation dose was  $0.035 \pm 0.003 \mu\text{Sv}$ . Therefore, there was a statistical significant difference between the radiation doses with shielding and without shielding ( $p < 0.001$ ). **Conclusion:** Because the great importance of whole body bone scan in the nuclear medicine, we should make an effort to reduce radiation exposure during radiopharmaceutical injections by referring the principles of radiation protection from external exposure. However there is a limitation of distance for direct injection and time for patients having attenuated tubules. We confirmed the reduction of radiation exposure by increasing distance. In case of setting shield from source 25 cm away, we confirmed reducing of radiation exposure. Therefore it would be better for reducing of radiation exposure to using shield during radiopharmaceutical injection. (Korean J Nucl Med Technol 2012;16(1):80-85)

**Key Words :** Radioactive Isotope, Shield, Dose

## 서 론

- Received: February 28, 2012. Accepted: April 6, 2012.
- Corresponding author: **Seok Won Cho**  
Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Health System 250 Seongsanno, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752, Korea  
Tel: +82-2-2228-6062, Mobile: +82-10-3035-1224  
E-mail: sw1224@yuhs.ac

전신 골스캔은 핵의학 분야에서 많은 비중을 차지하고 있는 핵의학 영상 진단 기법 중 하나이며 전이 여부나 염증성 질환 등 골의 생리적인 변화를 영상화하는 기법이다. 골스캔에 이용되는 방사성 의약품의 주된 집적부위는 뼈 무기질이

며 인산염화합물은 수산화인회석 표면에 화학적 흡수가 되어 섭취되는 것으로 알려져 있다. 방사성 의약품 투여 후 최대 대조도가 주사 후 4~6시간 사이에 얻어지지만 계수율이 낮아 검사시간과 환자의 대기시간이 길어지기 때문에 주사 후 약 3~4시간 후에 영상화를 한다. 방사성 의약품 투여 후 3~4시간이 지난 후에 영상화가 가능하기 때문에 주사 업무자가 일괄적으로 방사성 의약품 투여 후 검사 시간을 예약하고 있다.<sup>1,2)</sup> 방사성 의약품 투여 시에는 방사성 동위원소는 개봉선원이 되며 개봉선원을 사용 시 방사선에 의한 손가락 및 인체에 피폭되면 방사성의약품 투여 시 피폭에 유의하여야 한다.<sup>3-5)</sup> 방사선이 인체에 조사되면 장애가 발생되는데 전리 방사선을 포유 동물세포에 조사하면 방사선 에너지가 조직에 흡수되어, 그 조직이 방사선에 대한 감수성과 방사선의 물질과 상호작용에 의하여 조직에 장애를 유발한다.<sup>6-8)</sup> 그러므로 방사선을 이용할 때에는 인체가 적은 영향을 받도록 최소의 방사선량을 조사하여 최대의 이익을 얻도록 해야 하며 환자 및 방사선 관계 종사자의 방사선 피폭으로 인한 위험을 방지하고 방사선에 대하여 안전관리를 철저히 수행할 필요가 있다.<sup>9)</sup> 방사선 방호 활동 또는 그 계획의 수립

에서 인체외부에 있는 방사선원에 의한 외부 피폭과 인체 내부에 섭취된 방사성 핵종에 의한 내부피폭의 2가지로 분류되며 방사선 외부피폭의 방호를 위해서는 시간, 거리, 차폐의 세 가지 법칙이 있다. 방사성 동위원소를 투여 시에는 환자에게 직접 동위원소를 투여하기 때문에 동위원소와 거리를 멀리 할 수 없다. 또한 혈관이 좋지 않은 환자에게 동위원소를 투여할 때는 투여 시간도 지연되어 동위원소와 접촉되는 시간도 늘어나고 주사 업무자가 일괄적으로 주사하기 때문에 방사선 피폭이 증가될 수밖에 없다.

본 논문은 방사성 동위원소로부터 선량률을 구한 후 노출 시간에 따른 선량을 구하였으며 거리와 차폐체에 따라 선량의 변화를 확인하여 피폭 관리에 도움이 되고자 진행하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 방사성동위원소

<sup>99m</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tcgenerator에서 과도평형으로 과테크네슘산나트륨을 용출하였다. 옥시드론산나트륨에 용출한 과테크네슘산



Fig. 1. The device was used digital survey-meter, L-Block lead glass shield and Holder. L-Block lead glass shield (Pb 6 mm) (A). Digital surveymeter is FH-40 (Thermo Scientific, USA) (B). Holder (HE-211, HAKUBA) (C).

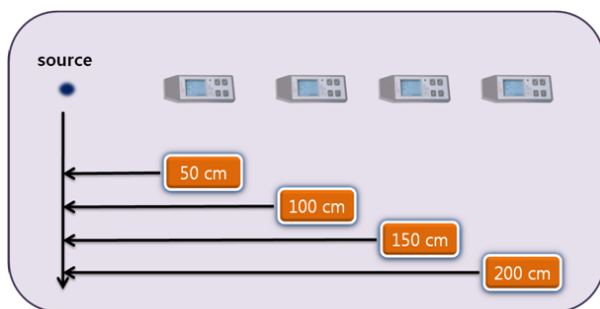


Fig. 2. Radiation were measured in the distance at 50, 100, 150 and 200 cm. Hold of digital surveymeter was used Holder and make a level.



Fig. 3. Radiation were measured in the distance at 50 cm. Distance was 25 cm from source to radiation shield and 50 cm from source to digital surveymeter.

나트륨을 가하여 옥시드로산테크네슘을 합성하였다.

1 mL 실린지로 옥시드로산테크네슘 925 MBq을 볼륨 0.2 mL로 만들었다.

## 2. 장비

외부 차폐체로는 납 6 mm의 L-Block lead glass shield를 사용하였으며 외부 선량률 측정 장비는 FH-40 G-L (Thermo Scientific, USA)를 사용하였다. 측정 장비를 고정하기 위하여 삼각대(HE-211, HAKUBA)를 사용하였다(Fig. 1).

## 3. 선량률 측정

옥시드로산테크네슘 925 MBq을 놓고 선량기를 선원과 수평 위치로 고정시킨 다음 선량이 안정되었을 때 즉시 1회를 측정하였다. 거리에 따라 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm 위치에서 측정하였고(Fig. 2) L-Block lead glass shield를 설치한 후 50 cm 거리에서 선량이 안정되었을 때 즉시 1회 선량률을 측정하였다. 선원과 차폐체의 거리는 25 cm으로 하고

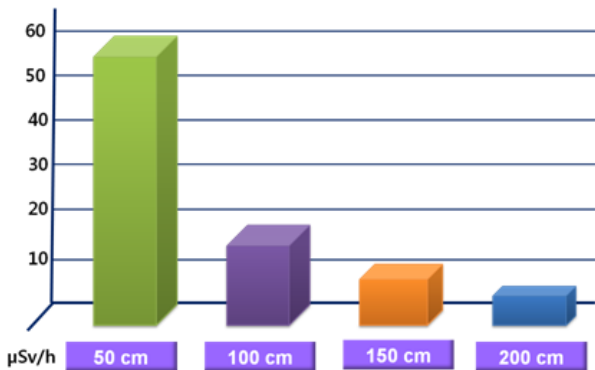


Fig. 4. We checked high dose rate for 59.600 μSv/h at 50 cm and it was lowest dose rate for 4.434 μSv/h at 200 cm.

선원에서 외부 선량률 측정기까지의 거리는 50 cm 로 측정하여 외부 선량률을 확인 하였다(Fig. 3). 지지대의 외부 선량률 측정 장비의 고정은 지지대를 선원과 수평이 되는 위치를 맞춘 다음 외부 선량률 측정장비를 놓고 테이블을 사용하여 고정하였다. 모든 선량측정은 각각 20회에 걸쳐 재현성을 검증하였다.

## 4. 분석방법

각각의 선량률을 측정해 선량을 구해준다(Eq. 1).

$$\text{Eq 1. 선량} = \text{선량률} \times \text{시간}$$

또한 일정 시간 동안 받은 선량은 선량에 일정 시간 동안을 곱해주면 구할 수 있다(Eq. 2).

$$\text{Eq 2. } \chi \text{ 시간 동안 받은 선량} = \text{선량} \times \chi \text{ 시간}$$

거리에 따른 선량을 정규성 분석과 ANOVA 검정을 하였다. 납 차폐를 하지 않았을 때와 차폐를 했을 때의 50 cm에 대하여 두 집단간에 상관분석을 시행하였다(SPSS Ver. 18). 또한 50 cm 거리에서 납의 차폐율을 측정하였다. 납의 차폐율(%)을 구하는 식은 납을 설치하기 전의 투과 선량은  $A_t$  그리고 납을 설치 후 투과 선량은  $A_p$ 라고 하면

$$\text{Eq 3. 납 투과율(\%)} = \frac{A^t - A^p}{A^t} \times 100$$

로 산출할 수 있다(Eq. 3).

## 결 과

### 1. 선량률 측정

거리에 따른 선량률은 50 cm에서 59.600±1.550 μSv/h, 100 cm에서 15.456±0.658 μSv/h이고 150 cm에서 7.526±0.374 μSv/h, 200 cm에서 4.434±0.188 μSv/h로 측정되었다(Fig. 4). 50 cm 거리에서 차폐 전 선량률은 59.600±1.550 μSv/h이고

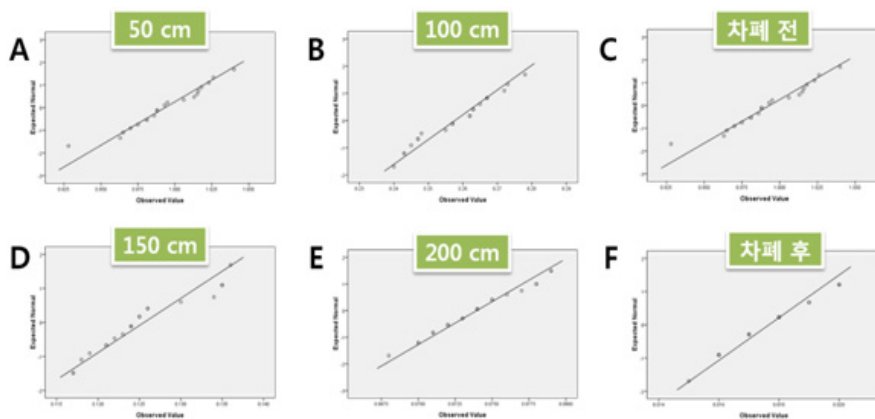


Fig. 5. We were checked the Shapiro-Wilk test for normality test. The test of normality at 50 cm (A). The test of normality at 100 cm (B). The test of normality at 150 cm (D). The test of normality at 200 cm (E). The test of normality in Non-shielding at 50 cm (C). The test of normality in shielding at 50 cm (F). Each data has had the test of normality.

차폐 후의 선량은 1.058±0.093 μSv/h로 측정되었다. 모든 데이터는 정규성을 따르고 있다(Fig. 5).

## 2. 거리와 시간에 따른 선량 변화

거리에 따른 선량의 변화는 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm에서 30초 동안의 선량은 0.497 μSv, 0.129 μSv, 0.063 μSv, 0.037 μSv이고 60초 동안의 선량은 0.993 μSv, 0.258 μSv, 0.125 μSv, 0.074 μSv였다. 90초 동안의 선량은 1.49 μSv, 0.386 μSv, 0.188 μSv, 0.111 μSv 이며 120초 동안의 선량은 1.986 μSv, 0.515 μSv, 0.251 μSv, 0.148 μSv이다(Fig. 6).

## 3. 차폐체에 따른 선량 변화

차폐체를 설치하지 않고 50 cm 거리에서 30초 동안의 선량은 0.497 μSv, 120초 동안의 선량은 1.986 μSv 이고 차폐 후에는 30초 동안의 선량이 0.009 μSv, 120초 동안의 선량이 0.035 μSv였다. 차폐체를 설치하였을 때 선량이 감소하였다. 차폐율은 98.1%로 확인되었다.

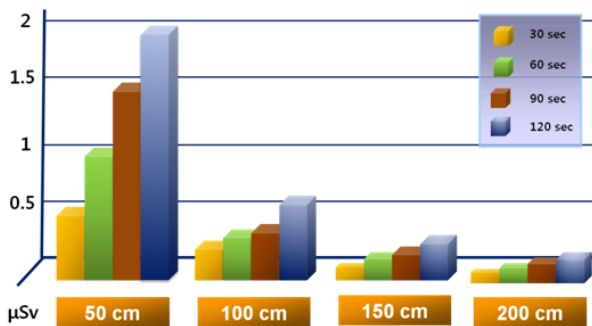


Fig. 6. The radiation dose during 120 sec was higher than other exposure time as 1.986 μSv. From 200 cm, Radiation dose during 30, 120 sec were shown as 0.037, 0.148 μSv. The variation between radiation doses as changing exposure time was high at 50 cm and it was lower at 200 cm.

Table 1. Non-shielding and shielding of radiation dose

	거리		p-value
	50 cm 차폐 전	50 cm 차폐 후	
30 sec	0.497	0.009	P<0.001
60 sec	0.993	0.018	
90 sec	1.490	0.026	
120 sec	1.986	0.035	

단위: μSv

## 고찰

방사선 장치의 발달과 이용의 증가로 종사자의 방사선 피폭 관리가 중요하게 대두되고 있으며 의학적 이용이 증가하므로 근무자의 직무상 피폭도 점차로 증가하고 있다. 1928년에 결성된 국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)에서는 직업상 피폭을 연간 50 mSv에서 5년간 100 mSv를 초과하지 않는 범위 내에서 연간 최대 20 mSv로 선량한도를 권고하고 있다. 핵의학 검사에는 <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub>에 표지화합물을 결합하여 DMSA를 이용한 신장스캔, HMPAO를 이용한 뇌, HDP, MDP를 이용한 뼈 스캔 등 <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub>에 표지화합물을 이용한 검사와 <sup>67</sup>Ga를 이용한 염증검사, <sup>201</sup>Tl을 이용한 심근 검사, <sup>18</sup>F-FDG를 이용한 PET 검사가 이루어지고 있다. 전신 골 스캔은 핵의학 분야에서 많은 비중을 차지하고 있는 핵의학 영상 진단 기법 중 하나이며 방사성 의약품 투여 후 최대 대조도가 주사 후 4~6시간 사이에 얻어지지만 계수율이 낮아 검사시간과 환자의 대기시간이 길어지기 때문에 주사 후 약 3~4시간 후에 영상화를 한다. 방사성 의약품 투여 후 3~4시간이 지난 후에 영상화가 가능하기 때문에 주사 업무자가 일괄적으로 방사성 의약품 투여 후 검사 시간을 예약하고 있다.

방사선 외부방어의 3원칙은 시간, 거리, 차폐로 나누어서 설명할 수 있으며 방사선 피폭시간이 길어질수록 선량은 누적된다. 방사선량률이 일정한 장소에 있는 사람이 받는 선량은 그 장소에 머무르고 있는 시간에 직접 비례한다. 즉, 선량 = 선량률 x 시간 이므로 방사선 작업 시간을 단축하면 선량도 줄어든다. 작업시간의 단축은 선량률이 높은 작업에서 더욱 중요하다. 또한 외부 선원으로부터 방사선 피폭은 선원과의 거리가 멀어질수록 낮아지며 거리의 제곱에 반비례한다. 선원에서의 거리를 2배로 하면 선량률은 1/4, 3배로 하면 1/9로 감소한다. 필요 시 일정한 거리를 확보하는 것이 중요하며 일정 거리를 유지하기 힘들 시 차폐체를 두어서 차폐를 하도록 한다. 감마선의 차폐는 일반적으로 투과력이 크기 때문에 밀도가 높은 납이나 콘크리트, 철을 이용한다. 하지만 방사성 동위원소를 투여 시에는 환자에게 직접 동위원소를 투여하기 때문에 동위원소와 거리를 멀리 할 수 없다. 또한 혈관이 좋지 않은 환자에게 동위원소를 투여할 때는 투여 시간도 지연되어 동위원소와 접촉되는 시간도 늘어나고 주사 업무자가 일괄적으로 주사하기 때문에 방사선 피폭이 증가될 수 밖에 없다. 본 연구에서 거리에 따른 선량률 변화와 시간과 차폐체에 따른 선량 변화를 확인하였다. 50 cm에서 59.600 μSv/h로 선량률이 높았으며 200 cm에서 4.434 μSv/h

로 선량률이 낮았다. 거리가 증가되면서 선량률이 낮아졌으며 50 cm에서 차폐체를 사용하지 전 선량률이 59.600  $\mu\text{Sv/h}$ , 차폐체를 사용한 후 선량률이 1.058  $\mu\text{Sv/h}$ 로 선량률의 변화를 확인하였다. 피폭 시간에 따라 120초 동안의 선량이 1.986  $\mu\text{Sv}$ 로 높았다. 200 cm에서 30초 동안의 선량은 0.037  $\mu\text{Sv}$ , 120초 동안의 선량이 0.148  $\mu\text{Sv}$ 로 나타났다. 50 cm에서 시간에 따른 선량의 차이가 높았으며 200 cm에서 차이가 상대적으로 낮았다. 차폐체를 설치하지 않고 50 cm 거리에서 30초 동안의 선량은 0.497  $\mu\text{Sv}$ , 120초 동안의 선량은 1.986  $\mu\text{Sv}$  이고 차폐 후에는 30초 동안의 선량이 0.009  $\mu\text{Sv}$ , 120초 동안의 선량이 0.035였다. 차폐체를 설치하였을 때 선량이 감소하였다. 차폐율은 98.1%로 확인되었다.

## 결 론

외부 피폭의 방어에는 거리, 시간, 차폐의 3가지 법칙이 있다. 본 연구에서는 개봉선원으로부터 거리와 시간, 차폐에 따라 선량률 및 선량의 변화를 확인하였다. 거리가 멀어질수록 선량률이 낮아졌으며 50 cm에서 선량률이 가장 높게 측정되었다. 또한 피폭 시간이 증가될 때 선량도 증가하였다. 차폐 전과 차폐 후의 차폐율은 98%로 높은 차폐율을 확인하였다. 피폭을 줄이기 위해서는 방사선원에서 거리를 멀리하거나 적당한 차폐체를 이용하는 것이 피폭저감에 도움을 주지만 핵의학 검사에서는 환자의 몸에 방사성 동위원소를 투여하기 때문에 방사선의약품을 투여 시 개봉선원이 되며, 개봉선원과 거리를 멀리할 수 없는 단점이 있으며 투여 시간도 지연되어 동위원소와 접촉되는 시간이 늘어날 수 있다. 또한 전신 골 스캔의 검사 특성상 일괄적인 주사업무가 진행되기 때문에 근무자의 피폭이 증가 될 수 있다. 따라서 동위원소 투여 업무 시 적절한 차폐체를 이용한다면 방사선 종사자의 방사선 피폭을 줄일 수 있을 것이다.

## 요 약

전신 골 스캔은 골친화성 방사성의약품으로 뼈의 생리적 변화를 영상화하는 검사방법으로, 140 keV의 감마선을 방출하는 방사성핵종이 표지된 방사성의약품을 주사 후 촬영하는 영상기법이다. 외부피폭으로부터 방사선방호의 3원칙은 시간, 거리, 차폐이다. 방사성의약품은 투여 시 개봉선원이 되기 때문에 방사선방호 원칙에 따라 피폭을 줄이기 위하여 빠른 시간 내에 주사하는 것이 좋다. 하지만 방사성의약품은 환자에게 직접 투여하기 때문에 선원으로부터 거리를 멀리

할 수 없는 제한점이 있다. 본 연구는 방사성의약품으로부터 거리에 따른 피폭선량 변화를 확인하고, 차폐체를 사용 후 피폭량의 변화를 관찰하여 방사선 종사자의 피폭 관리에 도움이 되고자 한다. 방사성의약품 투여 시 소요되는 주사시간의 평균을 구하기 위하여 훈련된 주사 담당자가 환자에게 주사하는 시간을 총 50회 측정하였고, 그 평균값(약 2분)을 구하였다. 1 mL 주사기에 옥시드로산테크네슘 925 MBq를 0.2 mL 로 맞춘 다음 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm에서 방사선 측정기(FH-40, Thermo Scientific, USA)로 선량을 측정하였다. 그리고 방사선차폐체(납 6 mm)를 선원으로부터 25 cm 에 설치 한 후 50 cm 거리에서 선량을 측정하였다. 모든 선량측정은 각각 20회에 걸쳐 재현성을 검증하였다. 차폐 전과 차폐 후의 선량의 상관관계는 SPSS (ver. 18)을 사용하여 paired t-test로 검증하였다. 차폐체를 설치하지 않은 선원으로부터 거리에 따른 2분간 받는 피폭량은 50 cm에서  $1.986 \pm 0.052 \mu\text{Sv}$ , 100 cm에서  $0.515 \pm 0.022 \mu\text{Sv}$ , 150 cm에서  $0.251 \pm 0.012 \mu\text{Sv}$ , 200 cm에서  $0.148 \pm 0.006 \mu\text{Sv}$ 로 나타났다. 차폐를 설치 후 측정 시 피폭량은  $0.035 \pm 0.003 \mu\text{Sv}$ 로 차폐체 사용 전과 후의 피폭선량은 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.001$ ). 전신 골스캔은 핵의학 검사에서 많은 비중을 차지하고 있기 때문에 방사성의약품 투여 시 피폭을 줄이기 위해서 외부피폭의 방어원칙을 적절히 병행하여 피폭 저감을 위해 노력해야 한다. 하지만 방사성의약품은 환자에게 직접 투여하기 때문에 선원으로부터 거리를 멀리 할 수 없고, 환자의 혈관 확보가 어려운 경우 주사시간이 길어질 수 있다. 본 연구를 통해 거리가 멀어짐에 따라 피폭선량이 감소하는 것을 확인하였고, 선원으로부터 25 cm 거리에 차폐체 설치 시 피폭선량이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구를 통해 방사성의약품 투여 시 차폐체를 사용함으로써 방사선 피폭 저감에 도움이 될 것으로 사료된다.

## REFERENCES

1. Kyoungjune Pak, MD, Seong-Jang Kim, MD, PhD, In Joo Kim, MD, PhD, and Kuen Tak Suh, MD, PhD. Hepatic Uptake of Tc-99m DPD on Bone Scintigraphy. The Influence of the Interval With Gadolinium-Containing Contrast. Clin Nucl Med 2012;37: 134-136
2. Punit Sharma, Harmandeep Singh, Rakesh Kumar, Chandrasekhar Bal, Sanjay Thulkar, Vulatheru Seenu and Arun Malhotra. Bone scintigraphy in breast cancer: added value of hybrid SPECT-CT and its impact on patient management. Nuclear Medicine Communications 2012, 33:139-147
3. Batchelor S, Penfold A, Aric I, Huggins R. Radiation dose to the

- hands in nuclear medicine. Nucl Med Commun. 1991;12: 439-44.
4. Sæther HK, Davidson TM, Widmark A, Wøhni T. Measurements of finger doses in X-ray guided surgery nuclear medicine and research. Radiat Prot Dosimetry. 2005;113(4):392-5.
  5. Wrzesien M, Olszewski J, Jankowski J. Hand exposure to ionizing radiation of nuclear medicine workers. Radiat Prot Dosimetry. 2008;130(3):325-30.
  6. 정준기, 이명철. 고창순 핵의학3rd. 고려의학. 2008. 3th. p. 168-176.
  7. 이윤실. 방사선의 인체 영향 연구. 과학기술부; 2000. p. 263-265
  8. 김경민, 임상무. 방사선 내부흡수선량의 의학적 이용. Nucl Med Mol Imaging. 2008;42(2):164-165.
  9. ICRP. Radiological Protection and Safety in medicine, Annals of the ICRP, 1996;26(2):1-31.