

Original Article

방사성 동위원소를 이용한 핵의학과 검사에서 병동 간호사의 방사선 피폭선량 평가

국립암센터 핵의학과

정재훈 · 이충운 · 유연욱 · 서영덕 · 최호용 · 김윤철 · 김용근 · 원우재

Evaluation of Radiation Exposure to Nurse on Nuclear Medicine Examination by Use Radioisotope

Jae Hoon Jeong, Chung Wun Lee, Yeon Wook You, Yeong Deok Seo, Ho Yong Choi,
Yun Cheol Kim, Yong Geun Kim and Woo Jae Won

Department of Nuclear Medicine and Research Institute, National Cancer Center, Korea

Purpose

Radiation exposure management has been strictly regulated for the radiation workers, but there are only a few studies on potential risk of radiation exposure to non-radiation workers, especially nurses in a general ward. The present study aimed to estimate the exact total exposure of the nurse in a general ward by close contact with the patient undergoing nuclear medicine examinations.

Materials and Methods

Radiation exposure rate was determined by using thermoluminescent dosimeter (TLD) and optical simulated luminescence (OSL) in 14 nurses in a general ward from October 2015 to June 2016. External radiation rate was measured immediately after injection and examination at skin surface, and 50 cm and 1 m distance from 50 patients (PET/CT 20 pts; Bone scan 20 pts; Myocardial SPECT 10 pts). After measurement, effective half-life, and total radiation exposure expected in nurses were calculated. Then, expected total exposure was compared with total exposures actually measured in nurses by TLD and OSL.

Results

Mean and maximum amount of radiation exposure of 14 nurses in a general ward were 0.01 and 0.02 mSv, respectively in each measuring period. External radiation rate after injection at skin surface, 0.5 m and 1 m distance from patients was as following; 376.0±25.2, 88.1±8.2 and 29.0±5.8 μ Sv/hr, respectively in PET/CT; 206.7±56.6, 23.1±4.4 and 10.1±1.4 μ Sv/hr, respectively in bone scan; 22.5±2.6, 2.4±0.7 and 0.9±0.2 μ Sv/hr, respectively in myocardial SPECT. After examination, external radiation rate at skin surface, 0.5 m and 1 m distance from patients was decreased as following; 165.3±22.1, 38.7±5.9 and 12.4±2.5 μ Sv/hr, respectively in PET/CT; 32.1±8.7, 6.2±1.1, 2.8±0.6, respectively in bone scan; 14.0±1.2, 2.1±0.3, 0.8±0.2 μ Sv/hr, respectively in myocardial SPECT. Based upon the results, an effective half-life was calculated, and at 30 minutes after examination the time to reach normal dose limit in 'Nuclear Safety Act' was calculated conservatively without considering a half-life. In order of distance (at skin surface, 0.5 m and 1 m distance from patients), it was 7.9, 34.1 and 106.8 hr, respectively in PET/CT; 40.4, 199.5 and 451.1 hr, respectively in bone scan, 62.5, 519.3 and 1313.6 hr, respectively in myocardial SPECT.

Conclusion

Radiation exposure rate may differ slightly depending on the work process and the environment in a general ward. Exposure rate was measured at step in the general examination procedure and it made our results more reliable. Our results clearly showed that total amount of radiation exposure caused by residual radioactive isotope in the patient body was neglectable, even comparing with the natural radiation exposure. In conclusion, nurses in a general ward were much less exposed than the normal dose limit, and the effects of exposure by contacting patients undergoing nuclear medicine examination was ignorable.

Key Words

Radiation exposure, Non-radiation workers, Nurse in a general ward

· Received: April 28, 2017 Accepted: May 10, 2017
· Corresponding author : **Jae Hoon Jeong**
Address for correspondence : Department of Nuclear Medicine,

National Cancer Center, 323 Ilsan-ro, Ilsandong-gu, Goyang-si
Gyeonggi-do, 410-769, Republic of Korea
Tel.: +82-31-920-0171, Fax.: +82-31-920-0179
E-mail: jjh0929@ncc.re.kr

서 론

방사선과학기술의 발전과 임상적 유용성으로 인해 의료분야에서 방사선의 이용은 날로 증가하고 있으며, 세계적으로 연간 3천7백만 건의 핵의학 검사 및 치료가, 국내에서는 약 92만 건의 검사 및 치료가 이루어지고 있다. 핵의학검사가 증가함에 따라 핵의학검사 후 의료진에게 발생할 수 있는 방사선 피폭에 대한 관심도 같이 증가하고 있다.¹⁾ 핵의학에서 사용하는 방사성동위원소들은 진단과 치료 등의 목적으로 생성 동위원소를 바로 방사성의약품으로 사용할 수도 있으나 많은 경우 여러 가지 화합물에 방사성동위원소를 표지하여 사용한다.²⁾ 방사성동위원소를 환자에게 투여하기 전에는 방사성동위원소가 방사선원이 되지만 투여 후에는 환자의 몸 전체가 방사선원이 된다.³⁾ 의료행위로 얻는 총 이득은 환자에 대한 직접적 이득뿐만 아니라 그 가족이나 사회에 주는 이득까지 포함하며, 비록 의료에서의 주된 피폭은 환자에게 주어지지만 의료인이나 직접적으로 관련이 없는 보호자들에 대한 피폭도 고려되어야 한다고 권고하고 있다.⁴⁾ 국내에서도 핵의학 검사는 임상에서 필수적인 방법으로 자리 잡고 있지만 미량이나 방사성동위원소를 이용하는 작업으로 알려지면서 일반인들이 방사선 피폭에 따른 건강상의 위험에 대해 막연한 우려를 하고 있다. 과거 방사선작업종사자들에 대한 선량관리나 방사선방호에 관해서는 꾸준히 연구되어 왔고, 그들에 대한 안전관리 대책이 정립되어 있으나, 핵의학검사 후 환자로부터 일반인들이 받게 되는 피폭에 대해서는 국내실정에 근거한 연구가 많이 부족했던 점을 고려할 때 이와 관련한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 이러한 내용을 바탕으로 본 연구는 핵의학과 검사들을 시행 받은 환자들의 시간과 거리에 따른 방사선량을 측정하여 이들이 방사선 작업종사자가 아닌 일반인(연간 1 mSv)으로 분류되는 병동간호사에게 미치는 피폭을 예측하고 개인선량계를 이용하여 측정한 실제 피폭량과 비교하여 보고자 한다.

대상 및 방법

1. 실험도구

외부 선량률 측정 장비는 MKS-05(Ecotest, Kyiv, UA)를 사용하였으며, 방사선 피폭선량에 대한 측정은 열형광 선량계(thermoluminescent dosimeter, TLD)와 광자극 선량계(optical simulated luminescence, OSL)를 이용하였다(Fig. 1).



Fig. 1. MKS-05(Ecotest, Kyiv, UA) were used.

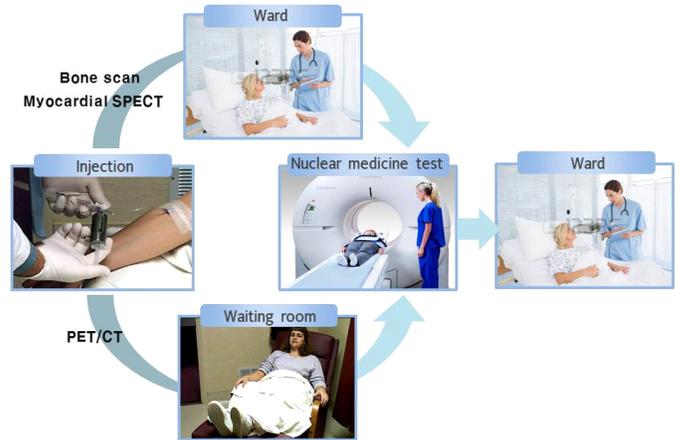


Fig. 2. It shows the process of nuclear medicine testing.

2. 실험대상

2015년 10월부터 2016년 6월까지 병동에서 근무하고 있는 간호사 14명을 대상으로 열형광 선량계(TLD)와 광자극 선량계(OSL)를 이용하여 방사선 피폭선량을 측정하였고 핵의학 과 검사를 시행 받은 환자 50명(PET/CT 20명, Bone scan 20명, Myocardial SPECT 10명)을 대상으로 방사성동위원소를 투여 받은 직후와 검사가 종료된 직후에 거리에 따른 외부 선량률을 측정하였다(Fig. 2).

3. 실험방법

본원에 입원중인 환자들이 방사성의약품 투여 후 병동에 대기하면서 병동간호사가 받을 수 있는 피폭선량을 추정하기 위하여 환자의 몸에 주사된 방사능량을 측정하였다. 환자에 주사된 방사성 동위원소의 양은 투여 전 주사기와 투여 후 주사

Table 1. The Equivalent Dose (mSv) Exposure Measured with TLD

TLD	Badge No.	Ward	Depth dose (mSv)	Skin dose (mSv)
TEST 1	10686	ER	0.01	0.01
TEST 2	8030702	51w	0.01	0.01
TEST 3	21619	52w	0.01	0.01
TEST 4	1009682	61w	0.01	0.01
TEST 5	10747	62w	0.01	0.01
TEST 6	23377	71w	0.01	0.01
TEST 7	509453	72w	0.01	0.01
TEST 8	3005152	81w	0.23	0.23
TEST 9	1003816	82w	0.01	0.01
TEST10	5158	91w	0.01	0.01
TEST11	4001509	92w	0.01	0.01
TEST12	200177	101w	0.01	0.01

기에 있는 방사능량의 차이로 구하였다. 주사기의 방사능량은 선량측정기를 이용하여 측정하였다. 또한 환자의 몸에서 나오는 방사능량을 측정할 수 있는 주요단계에서 거리별로 실측하고 이를 계산하여 시간 경과에 따라 간호사가 병동에서 주사, 혈당체크, 채혈, 혈압체크 등 일반적인 간호업무를 하면서 받을 수 있는 피폭량을 예측하여 연간 처치 가능 환자수를 예상하였다. 이때 1인당 처치시간은 보수적으로 10분씩 가정하였고 거리 또한 환자와 최대한 밀착 하였을 때로 가정하여 표면에서의 선량률로 하였다. 이렇게 계산된 피폭량을 열형광선량계(TLD)와 광자극선량계(OSL)로 측정된 병동간호사들의 실제 총 피폭량과 비교 하였다.

1) 환자의 외부선량률 측정

PET/CT 20명, Bone scan 20명, Myocardial SPECT 10명을 대상으로 방사성의약품 주사 직후와 촬영 종료 후 즉시 서있는 자세로 T10레벨 정중앙 표면, 50 cm, 1 m에서 3회씩 계측하였다. 선량의 계산은 【표면선량 = (실측치-BG) × 교정인자】 으로 하였으며 주위 선량(BG)은 0.3 μSv/h, 교정인자(F)는 1.09로 하였다. 그리고 두 시점의 외부선량률의 결과를 바탕으로 유효반감기를 도출하여 시간경과에 따른 환자의 선량률을 계산 하였다.

2) 병동 간호사의 실피폭량 측정

먼저 측정 대상 병동을 선정하기 위하여 각 병동에서 환자와의 접촉이 가장 많은 간호사를 한명씩 선정하여 1분기 동안 열형광선량계(TLD)를 착용토록 하였다(Table 1). 그중 선량이 가장 많이 나온 병동에서 간호사 5명과 핵의학과 검사를 시

행 받는 환자가 가장 많은 병동에서 간호사 9명 선정하여 각각 한 분기씩 측정하였다. 병동 간호사 14명은 3분기로 나누어 열형광선량계(TLD)와 광자극선량계(OSL)를 착용하였고 2015년 10월 1일에서 2016년 6월 30일까지의 피폭량을 측정하였다. 열형광선량계의 판독은 국가인증 획득한 판독회사에 의뢰하여 얻었으며 판독된 피폭량은 따로 측정된 기저방사성 피폭량을 보정한 값으로 구체적으로는 실측된 값에서 연간 약 1.2 mSv, 매월 약 0.1 mSv를 제외한 값이다.

결 과

1. 환자의 외부선량률 측정 결과 및 처치 가능 환자 수 예상

PET/CT 검사는 환자에게 평균 9.5 mCi의 방사성의약품이 투여되었고, 검사 종료까지의 평균 경과시간은 1시간 36분이 소요되었다. Bone scan 검사는 환자에게 평균 27.6 mCi의 방사성의약품이 투여되었고, 검사 종료까지의 평균 경과시간은 4시간 47분이 소요되었다. Myocardial SPECT는 평균 4.1 mCi의 방사성의약품이 투여되었고 검사종료까지의 평균 경과시간은 4시간 44분이 소요되었다.

핵의학 검사를 시행 받은 환자의 선량률은 0 m, 0.5 m, 1 m 거리 순으로 PET/CT는 376.0±25.2, 88.1±8.2, 29.0±5.8 μSv/hr 이고 Bone scan은 206.7±56.6, 23.1±4.4, 10.1±1.4 μSv/hr이고 Myocardial SPECT는 22.5±2.6, 2.4±0.7, 0.9±0.2 μSv/hr이다. 또한 검사를 시행한 후 측정된 선량률은 0 m, 0.5 m, 1 m 거리 순으로 PET/CT는 165.3±22.1, 38.7±5.9, 12.4±2.5 μSv/hr 이

고 Bone scan은 32.1 ± 8.7 , 6.2 ± 1.1 , 2.8 ± 0.6 $\mu\text{Sv/hr}$ 이고 Myocardial SPECT는 17.7 ± 4.3 , 2.1 ± 0.3 , 0.8 ± 0.2 $\mu\text{Sv/hr}$ 이다. 환자 표면에서의 선량률을 바탕으로 유효반감기를 도출한 값은 PET/CT는 약 84분, Bone scan은 약 109분, Myocardial SPECT는 약 423분이다(Table 2). 검사종료 30분 후 원자력 안전법에서 규정하는 일반인 선량한도까지 도달하는데 걸리는 시간을 반감기를 고려치 않고 보수적으로 계산하면 PET/CT는 0 m, 0.5 m, 1 m 거리 순으로 7.9시간, 34.1시간, 106.8시간이며 Bone scan은 40.4시간, 199.5시간, 451.1시간이고 Myocardial SPECT는 59.2시간, 519.3시간, 1313.6시간 이다 (Fig. 3).

위와 같은 결과로 간호사의 연간 허용 처치 가능 환자수를 일반인 허용기준인 연간 1 mSv에 맞추어 계산하면 PET/CT는 검사종료 0.5시간 후 약 46명, 1시간 후 약 60명, 2시간 후 약 98명, Bone scan은 검사종료 0.5시간 후 약 226명, 1시간 후 약

274명, 2시간 후 약 400명, Myocardial SPECT는 검사종료 0.5시간 후 약 355명, 1시간 후 약 372명, 2시간 후 약 413명이다. 병동간호사가 환자 1명당 처치시간은 10분씩 설정하였으며 환자와의 거리는 최대한 밀착하였을 때를 가정하여 0 m에서의 선량률로 계산하였다. 계산에 사용된 시간과 거리는 매우 보수적으로 설정한 값으로 실제 처치시간은 더 짧고 거리는 길 것으로 생각되며 따라서 처치가능 환자수도 실제로는 더 많을 것으로 예상된다(Table 3).

Table 2. Dose rate by distance after injection and after examination

	Radioactivity (mean±S.D.)(mCi)	Dose rate after injection (mean±S.D.) ($\mu\text{Sv/h}$)			Elapsed time (min)	Dose rate after examination (mean±S.D.) ($\mu\text{Sv/h}$)			Teff*(min)
		0m	0.5m	1m		0m	0.5m	1m	
PET/CT	9.5 ± 0.6	376.0 ± 25.2	88.1 ± 8.2	29.0 ± 5.8	96	165.3 ± 22.1	38.7 ± 5.9	12.4 ± 2.5	84
Bone scan	27.6 ± 1.7	206.7 ± 56.6	23.1 ± 4.4	10.1 ± 1.4	287	32.1 ± 8.7	6.2 ± 1.1	2.8 ± 0.6	109
Myocardial SPECT	4.1 ± 0.5	22.5 ± 2.6	2.4 ± 0.7	0.9 ± 0.2	284	17.7 ± 1.2	2.1 ± 0.3	0.8 ± 0.2	423

*Teff=Effective half-life

Table 3. Estimation of the number of patients allowed to the exposure limit of the general population by calculation using effective half-life

	After 0.5 hour			After 1 hour			After 2 hours		
	0m (mean±S.D.) ($\mu\text{Sv/h}$)	Allowable time per year (hour)	Number of patients allowed	0m (mean±S.D.) ($\mu\text{Sv/h}$)	Allowable time per year	Number of patients allowed	0m (mean±S.D.) ($\mu\text{Sv/h}$)	Allowable time per year	Number of patients allowed
PET/CT	129.1 ± 17.3	7.9	46	100.08 ± 3.5	9.9	59	61.4 ± 8.2	16.3	97
Bone scan	26.5 ± 7.2	37.7	226	21.9 ± 6.0	45.6	273	15.0 ± 4.1	66.6	400
Myocardial SPECT	16.9 ± 4.1	59.2	355	16.1 ± 3.9	62.1	372	14.5 ± 3.5	68.9	413

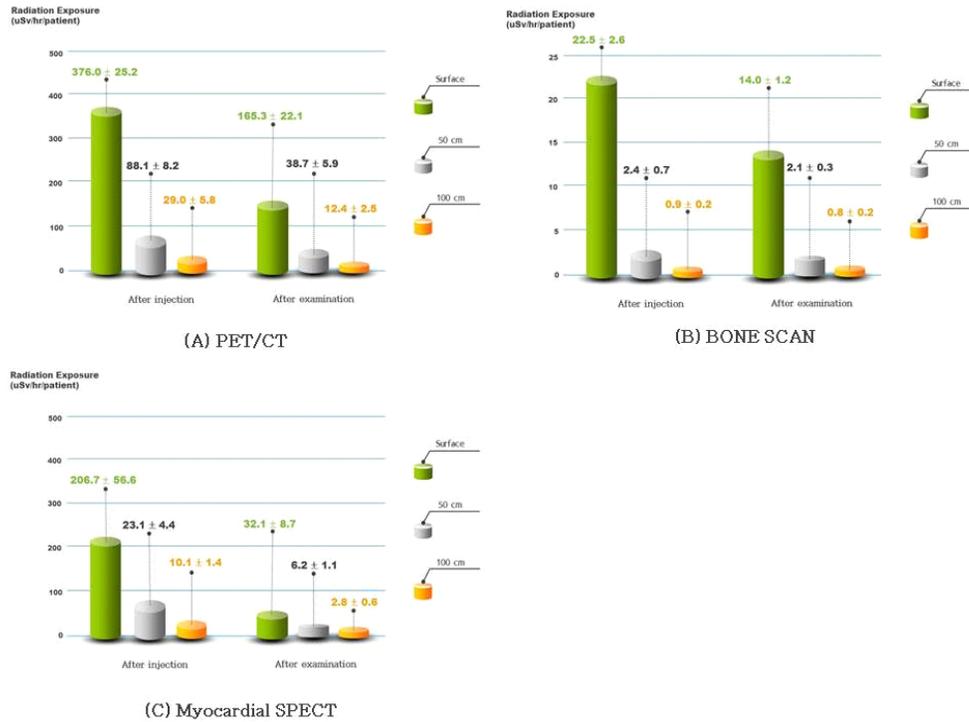


Fig. 3. It shows the dose rate by distance after injection and after examination.

Table 4. The Equivalent Dose (mSv) Exposure Measured with TLD (OSL)

	Dosimeter	Period	Equivalent Dose (mSv)	Calculated annual equivalent Dose (mSv)
Nurse 1	TLD	4Q 2015	0.01	0.04
Nurse 2	TLD	4Q 2015	0.01	0.04
Nurse 3	TLD	4Q 2015	0.01	0.04
Nurse 4	TLD	4Q 2015	0.01	0.04
Nurse 5	TLD	4Q 2015	0.01	0.04
Nurse 6	OSL	1Q 2016	0.01	0.04
Nurse 7	OSL	1Q 2016	0.02	0.08
Nurse 8	OSL	1Q 2016	0.01	0.04
Nurse 9	OSL	1Q 2016	0.01	0.04
Nurse 10	OSL	2Q 2016	0.01	0.04
Nurse 11	OSL	2Q 2016	0.01	0.04
Nurse 12	OSL	2Q 2016	0.01	0.04
Nurse 13	OSL	2Q 2016	0.01	0.04
Nurse 14	OSL	2Q 2016	0.01	0.04

2. 병동 간호사의 실피폭량 측정 결과

2015년 4분기에 TLD를 이용하여 측정된 간호사 피폭 선량 값은 5명의 간호사 모두 기록준위 선량인 0.1 mSv에도 훨씬 미치지 못하는 0.01 mSv의 결과값이 나왔다. 같은 기간 위 병동에서의 핵의학검사 건수는 감마영상 199건, PET/CT 32건 이었다. 2016년 1분기에 OSL을 이용하여 측정된 간호사 피폭

선량값은 4명 중 한명은 0.02 mSv 그리고 나머지 3명은 0.01 mSv의 결과값이 나왔다. 같은 기간 위 병동에서 핵의학검사 건수는 감마영상 45건, PET/CT 57건 이었다. 2016년 2분기에 OSL을 이용하여 측정된 간호사 피폭선량값은 5명 모두 0.01 mSv의 결과값이 나왔다. 같은 기간 위 병동에서 핵의학검사 건수는 감마영상 34건, PET/CT 67건 이었다(Tale 4).

고찰 및 결론

본 연구는 방사성의약품을 이용한 핵의학 검사에서 병동간호사의 의료방사선 피폭에 대한 안전성 평가를 위해 실시하였다. ICRP에서 나온 권고안에 따르면,⁶⁾ 방사선 작업종사자의 연간 피폭량은 20 mSv 미만으로 하고, 일반인의 경우는 1 mSv 이하를 받도록 정해져 있다. 한국원자력안전 기술원에서 제시하는 기준도 유효선량으로 방사선작업 종사자 연간 50 mSv (5년간 100 mSv미만), 수시출입자 연간 12 mSv 미만, 일반인이 1 mSv 미만이다. 방사선종사자가 아닌 일반인이 연간 받는 피폭량이 1 mSv를 넘지 않는 경우 안전한 것으로 생각할 수 있겠다. 일반인이 특별히 방사선 관련 작업을 하지 않을 때 자연적으로 연간 2-3 mSv를 받고 있는 점을 감안할 때 1 mSv는 매우 엄격한 기준이다.

위에서 계산한 병동간호사의 연간 처치가능 환자 수는 환자 1명당 처치시간은 10분씩 설정하였으며 환자와의 거리는 최대한 밀착하였을 때를 가정하여 표면에서의 선량률로 계산하였다. 이는 매우 보수적인 값으로 실제로는 훨씬 더 많은 검사를 시행하더라도 일반인 기준을 상회하지 않을 것으로 판단된다. 방사선 피폭량은 병동 간호사의 업무 과정 및 환경에 따라 다소 차이를 보일 수 있으나 본 연구에서는 일반적인 검사 과정에 따라 시점별로 피폭량을 측정하였으므로 일반적으로 검사가 이루어지는 경우 위의 결과와 크게 차이가 나지는 않을 것으로 생각된다. 본 연구 결과에 의하면 핵의학 검사를 시행한 환자의 몸에 잔류된 방사성동위원소가 있지만 매우 적은 양이고 이로 인한 피폭은 일반인이 자연계에서 받는 자연방사능과 비교하더라도 매우 적다. 병동 간호사는 일반인 선량한도보다 훨씬 적은 피폭량을 받는 것으로 나타나, 실질적으로 판단할 때 핵의학 검사를 시행한 환자로 인하여 받는 피폭의 영향은 미미한 것으로 판단된다.

요 약

목적: 핵의학 검사를 시행한 병동 환자의 시간과 거리에 따른 방사선량률을 측정하여 방사성동위원소 투여를 받은 환자가 병동 간호사에게 미치는 피폭을 예측하고 실제 총 피폭량과 비교하여 보고자 한다. 대상 및 방법: 병동에서 근무하고 있는 간호사 14명을 대상으로 열형광 선량계와 광자극 선량계를 이용하여 방사선 피폭선량을 측정하였고 핵의학 검사를 시행한 환자 50명(PET/CT 20명, Bone scan 20명, Myocardial SPECT 10명)을 대상으로 방사성동위원소 투여 직후와 검사 시행 직후에 표면, 50cm, 1m에서 외부 방사선량률을 측정하

였다. 측정 결과를 바탕으로 유효반감기를 도출한 후 병동 간호사가 받을 수 있는 피폭량을 예측하였다. 그리고 열형광선량계와 광자극선량계로 측정된 병동 간호사의 실제 총 피폭량과 비교 하였다. 결과: 병동 간호사 14명을 대상으로 한 피폭선량 측정결과 평균값과 최대값은 각각 분기당 0.01 mSv, 0.02 mSv 이었고 핵의학 검사를 시행 받은 환자의 선량률은 표면, 50cm, 1m 거리 순으로 PET/CT는 $376.0 \pm 25.2 \mu\text{Sv/hr}$, $88.1 \pm 8.2 \mu\text{Sv/hr}$, $29.0 \pm 5.8 \mu\text{Sv/hr}$ 이고 Bone scan은 $206.7 \pm 56.6 \mu\text{Sv/hr}$, $23.1 \pm 4.4 \mu\text{Sv/hr}$, $10.1 \pm 1.4 \mu\text{Sv/hr}$ 이고 Myocardial SPECT는 $22.5 \pm 2.6 \mu\text{Sv/hr}$, $2.4 \pm 0.7 \mu\text{Sv/hr}$, $0.9 \pm 0.2 \mu\text{Sv/hr}$ 이다. 또한 검사를 시행한 후 측정한 선량률은 표면, 50cm, 1m 거리 순으로 PET/CT는 $165.3 \pm 22.1 \mu\text{Sv/hr}$, $38.7 \pm 5.9 \mu\text{Sv/hr}$, $12.4 \pm 2.5 \mu\text{Sv/hr}$ 이고 Bone scan은 $32.1 \pm 8.7 \mu\text{Sv/hr}$, $6.2 \pm 1.1 \mu\text{Sv/hr}$, $2.8 \pm 0.6 \mu\text{Sv/hr}$ 이고 Myocardial SPECT는 $14.0 \pm 1.2 \mu\text{Sv/hr}$, $2.1 \pm 0.3 \mu\text{Sv/hr}$, $0.8 \pm 0.2 \mu\text{Sv/hr}$ 이다. 위의 결과를 바탕으로 유효반감기를 도출한 후 검사종료 30분 후 원자력안전법에서 규정하는 일반인 선량한도까지 도달하는데 걸리는 시간을 반감기를 고려치 않고 보수적으로 계산하면 PET/CT는 표면, 50cm, 1m 거리 순으로 7.9시간, 34.1시간, 106.8시간이며 Bone scan은 40.4시간, 199.5시간, 451.1시간이고 Myocardial SPECT는 62.5시간, 519.3시간, 1313.6시간이다. 결론: 본 연구 결과에 의하면 병동 간호사는 일반인 선량한도보다 훨씬 적은 피폭량을 받는 것으로 나타나, 실질적으로 판단할 때 핵의학 검사를 시행한 환자로 인하여 받는 피폭의 영향은 미미한 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. 김병일. Radiation Exposure during ERCP after F-18 FDG PET Examination and Health Effect. 대한체담도 학회지. 2013.
2. 핵의학교육연구회. 핵의학 입문. 고려의학. p. 13, 3월. 1997.
3. Germain JS. The radioactive patient. *Semin Nucl med* 1986;16:179-183
4. ICRP, “종사자의 방사선방호에 대한 일반원칙”, 국제방사선방호위원회 간행물 75, 1999.
5. Recommendations of the International commission of Radiological Protection. Ann ICRP 1990; ICRP Publication 60.
6. Waddington WA, Keshtgar MRS, Taylor I, Lakhani SR, Short MD, Ell PJ. Radiation safety of the sentinel lymph node technique in breast cancer. *Eur J Nucl Med* 2000;27: 377-91.