

<원저>

핵의학과 PET/CT실 방사선작업종사자의 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량의 측정 비교

손상준¹⁾·박정규²⁾·정동경²⁾·박명환²⁾¹⁾대구파티마병원 핵의학과·²⁾대구보건대학교 방사선과

Comparison of the Equivalent Dose of the Lens Part and the Effective Dose of the Chest in the PET/CT Radiation Workers in the Nuclear Medicine Department

Son Sang-Joon¹⁾·Park Jeong-Kyu²⁾·Jung Dong-Kyung²⁾·Park Myeong-Hwan²⁾¹⁾Department of Nuclear Medicine, Daegu Patima Hospital²⁾Department of Radiological Technology, Daegu Health College

Abstract Comparison of the effective dose of the chest and the equivalent dose of the lens site in the radiation workers working at four medical institutions with the PET / CT room located in one metropolitan city and province from April 1 to June 30, 2018 Respectively. Radioactive medicine were measured at the time of dispensing and at the time of injection. In this experiment, the average dispensing time per patient was 5.7 minutes and the average injection time was 3.1 minutes. The equivalent dose at the lens site was 0.78 μ Sv/h for 1 mCi, and the effective dose for chest was 0.18 μ Sv/h per 1 mCi. The equivalent dose at the lens site during injection was 0.88 μ Sv/h per mCi and the effective dose of chest was 0.20 μ Sv/h per mCi. The daily effective dose of the chest was 0.9 \pm 0.6 μ Sv and the equivalent dose of the lens site was 3.6 \pm 1.4 μ Sv during daily dosing for 20 days. The effective dose of the chest during the day was 0.6 \pm 0.5 μ Sv and the equivalent dose of the lens was 2.2 \pm 1.0 μ Sv. At the time of dispensing, the equivalent dose of the lens was 0.187 \pm 0.035 mSv, the effective dose of the chest was 0.137 \pm 0.055 mSv, the equivalent dose of the lens was 0.247 \pm 0.057 mSv, and the effective dose of the monthly chest was 0.187 \pm 0.021 mSv. As a result of the corresponding sample test, the equivalent dose and the effective dose of the chest, the effective dose of the chest, the effective dose of the chest, the effective dose of the chest, The equivalent dose of the lens and the effective dose of the chest were statistically significant (p <0.05) with a significance of 0.000. However, there was no statistically significant difference (p >0.05) between the equivalent dose and the effective dose of the chest, the equivalent dose of the lens at the time of injection, and the effective dose of the chest at 0.138 and 0.230, respectively.

Key Words : PET/CT room, Radiation worker, Equivalent dose of lens area, Effective dose of chest

중심 단어 : PET/CT실, 방사선작업종사자, 수정체 부위의 등가선량, 흉부의 유효선량

I. 서 론

핵의학영상은 환자에게 방사성의약품을 정맥주사, 경구 투여, 검사부위 직접 주사 등의 방법으로 주입하면 적정 시간이 경과 후 목적 장기에 집적된다. 이때 인체 내부에서 나

오는 방사선을 체외에서 검출하고 영상으로 보여 준다. 그래서 고정된 장치에서 나오는 X선에 의해 주로 피폭이 이루어지는 영상의학과와 방사선작업종사자 보다는 방사성동위원소가 주사되어 방사선이 방출되는 환자를 검사하는 핵의학과 종사자의 방사선 피폭이 높다고 보고하고 있다[1]. 핵

Corresponding author: Jeong-Kyu Park, Department of Radiological Technology, Daegu Health College, 15, Youngsong-ro, Buk-Gu, Daegu, 41453, Republic of Korea / Tel: +82-53-320-1363 / E-mail: pj7407@hanmail.net

Received 06 April 2019; Revised 09 May 2019; Accepted 03 June 2019

Copyright ©2019 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

의학과 내 새로운 영상장비인 PET/CT는 CT(Computed Tomography)와 PET(Positron Emission Tomography)를 나란히 놓고 환자는 침대에 고정시켜 놓은 채로 두 장치 사이에 침대를 이동시켜 CT의 형태학적 영상과 PET의 기능적 영상을 동시에 얻는 검사방법으로 고해상도의 영상과 촬영 시간을 20-30분대로 줄일 수 있다[2].

¹⁸F-FDG (FluDeoxyGlucose) PET/CT 검사는 포도당 대사를 이용하여 전신의 중양을 평가하는 검사로 검사 건수가 증가하고 있는 추세이다[3].

방사성동위원소를 취급하는 작업종사자는 원자력관계법령에 의해 열형광선량계 또는 형광유리선량계 등의 개인 피폭선량계를 착용 후 작업하여 작업 시 방사선에 의한 피폭 정도를 측정한다. 개인피폭선량계는 보통 분기별로 가슴에만 착용해 관리하고 있어 흉부 피폭에 국한되어있다[4].

개인 모니터링에서 선량의 측정은 실질적으로 측정이 불가능하여 2차양을 측정하도록 되어 있다. 체외피폭일 때 문제가 되는 이 선량당량은 인체의 표면에서 10 mm 선량당량(H_{10mm}), 3 mm 선량당량(H_{3mm}), 0.07 mm 선량당량(H_{0.07mm}) 깊이에서의 선량을 간접적으로 측정할 수 있다. 10 mm 깊이는 외부피폭에 의한 눈, 피부를 제외한 조직의 선량당량이며, 3 mm 깊이는 눈의 수정체의 조직선량당량, 0.07 mm는 피부, 손, 팔뚝, 복사뼈의 조직선량당량이다. 개인피폭선량계에서는 필터를 사용하여 유효선량으로 산출하고 있다[5].

미국, 호주, 독일 등 방사선방호위원회 및 원자력규제위원회에서 적극적으로 국제방사선방호위원회(The International Commission on Radiological Protection; ICRP) 기준을 수용하며 수정체에 대한 보고서도 발표하고 있다[6].

ICRP는 5년간 100 mSv를 초과하지 않는 범위에서 1년간 최대 50 mSv를 넘지 않도록 방사선작업종사자의 유효선량 한도를 권고하고 있다. 또 방사선작업종사자의 등가선량한도를 수정체의 경우 연간 150 mSv, 발 및 피부의 경우 500 mSv를 넘지 않도록 권고한다[7].

ICRP에서 정한 선량한도는 거기까지 허용된다는 의미보다는 더 이상은 허용할 수 없다는 개념이고, 방사선 피폭은 최적화와 정당화의 조건이 성립하는 경우에 한하여 허용되는 상한치로 이해해야 한다[8].

수정체는 일반 피부조직과 비교하면 방사선피폭에 의한 감수성이 상대적으로 높은 것으로 보고되어 왔으며, 오랜 시간이 경과 후 장애가 나타나기 시작하여 충분한 데이터를 확보하기까지 시간이 걸렸다. 2007년 ICRP에서 1.5 Gy로 낮춘 수정체 문턱선량을 보고 하였다. 하지만 백내장 및 수정체의 혼탁은 1.5 Gy 이하의 선량에서도 발견되는 사례가 있어 실제 문턱선량은 1.5 Gy 보다 낮을 수 있음을 암시하

고 있다[9].

최근에는 수정체에 대한 역학조사 결과가 다양하게 보고되고 있고 관리의 필요성이 강조되고 있다. 그래서 ICRP 103에서 권고한 수정체 등가선량 한도의 7.5배 정도 하향 조정된 값을 최근 ICRP에서 제안하고 있다[10]. 현재 ICRP 118에서는 계획 피폭 시 직무의 때에만 50 mSv, 5년간 평균하여 20 mSv를 초과해선 안 된다고 보고 하였다. 수정체에 대한 문턱선량은 0.2-0.5 Gy로 하향 조정하였고, 문턱선량이 없는 확률적 영향의 가능성도 열어 두었다[11]. 우리나라의 경우 수정체 피폭선량을 명확히 측정하는 경우가 없던 것으로 보고되고 있다. 따라서 PET/CT 촬영에서 사용되는 방사성 의약품인 ¹⁸F-FDG의 분배 및 주사 과정에서 가장 많은 선량이 예측되는 흉부의 유효선량과 수정체 부위의 등가선량을 알아보려고 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 조사대상

2018년 4월 1일부터 6월 30일까지 한 곳의 광역시, 도에 소재한 핵의학과 PET/CT실이 있는 의료기관 4곳에서 근무하는 방사선 작업종사자 15명을 대상으로 흉부의 유효선량과 수정체 부위의 등가선량을 비교하기 위하여 가장 많은 선량이 예상되는 방사성의약품을 분배 시와 주사 시에 측정하였다. 본 실험에서 환자1인당 평균 분배시간은 5.7분, 평균 주사시간은 3.1분였다.

2. 방법

1) DKG-21을 이용한 실시간 선량, 일간 누적선량 평가방법

DKG-21 선량계는 머리밴드를 이용해 수정체 부위에 착용하였고[Fig. 1], 또 다른 한 개는 흉부에 착용하였다. 모든 차폐장치는 착용하지 않았으며, 선량 값에 영향을 줄 수 있는 주변 방사선을 제외한 후 방사선원의 양을 달리하면서 분배 및 주사 시 시간당 선량을 각각 20회 측정하였으며, 20일간 누적선량을 측정하였다. 단, 선량의 경우 실시간으로 변화가 심하여 ¹⁸F 선원으로부터 수정체 및 흉부 부위의 거리를 30 cm로 일치시키고 측정하였다.

2) OSL을 이용한 월간 누적선량 평가방법

OSL(Optically Stimulated Luminescence) 선량계를 안



Fig. 1. DKG-21 dosimeter wearing and dispensing process.

경에 장착하였고[Fig. 2], 나머지 한 개는 흉부에 착용하였다. 한 달간 착용 후 분배 및 주사 시 선량 값을 얻었으며 한 달씩 총 3회 실험을 진행하였다. 모든 차폐장치는 착용하지 않았고, 나머지 조건은 평소의 분배, 주사 과정과 같이 작업하여 한 달간 누적된 선량을 측정한 후 측정 결과는 한 일원자력에 의뢰하여 확인하였다. 단, 작업 시 외에 off할 수 없어 한 달간 핵의학과 시설 내 배경 방사선의 영향을 받을 수 있었다.



Fig. 2. OSL dosimeter wearing distribution process.

3. 실험재료

사용된 pocket dosimeter는 DKG-21(Dmytro_yaroshenko, Ukraine)이었으며, 직독식 선량계이며, 사용된 광자극 발광 선량소자는 XA를, 선량판독은 Auto 200 Reader을 사용하였다(Landaeur, Germany).[Fig. 3, 4].



Fig. 3. DKG-21 pocket dosimeter.



(a)



(b)

Fig. 4. XA Model(a) and Auto 200 Inspection System(b)

4. 자료 분석

통계분석은 SPSS ver.22를 이용하였으며 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량을 비교하기 위하여 대응표본 *t*-검정을 실시하였으며, 유의수준은 $p < 0.05$ 이하인 경우 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

III. 결 과

1. 대상자들의 일반적 특성

연구대상자의 성별은 남자가 11명, 여자가 4명으로 총 15명이었으며, 연령은 30대가 7명으로 많았으며, 50대가 가장 적었다. 근무 년 수는 5~10년이 가장 많았으며, 20년 이상이 1명으로 가장 적었다.

2. DKG-21을 이용한 시간당 선량, 일간 누적선량 평가

환자에게 투여하는 최초의 방사성의약품의 방사능은 환자마다 개인차가 있으며 mCi/kg 단위로 투여를 하며 매 평균 시간 당 측정값을 표로 나타내었다[Table. 2, 3]. 또한 분배와 주사 시 실시간 선량의 측정은 평균과 표준편차로 나타내었다. 분배 시 시간당 평균 잔여방사능은 5.69 ± 3.16 mCi, 수정체 부위의 평균 등가선량은 4.43 ± 2.35 μ Sv, 흉부의 평균 유효선량은 1.03 ± 0.54 μ Sv로 나타났다. 따라서 수정체 부위의 등가선량은 1 mCi 당 0.78 μ Sv/h 이었고, 흉부의 유효선량은 1 mCi 당 0.18 μ Sv/h 로 수정체 부위의 등가선량이 약 4.3배 높게 나왔다. 주사 시 시간당 평균 잔여방사능은 3.97 ± 1.37 mCi, 수정체 부위의 평균 등가선량은 3.51 ± 1.43 μ Sv, 흉부의 평균 유효선량은 0.80 ± 0.34 μ Sv로 나타났다. 따라서, 수정체 부위의 등가선량은 1 mCi 당 0.88 μ Sv/h 이었고, 흉부의 유효선량은 1 mCi 당 0.20

Table 1. General characteristics of the subject

Variables		percentage(%)	N
sex	M	11(73.3)	15
	F	4(26.7)	
age	20~29	2(13.3)	15
	30~39	7(46.7)	
	40~49	5(33.3)	
	50 more than	1(6.7)	
	5년 이하	2(13.3)	
Working years	5~10	7(46.7)	15
	11~15	3(20.0)	
	16~20	2(13.3)	

Table 2. Dose measurement using DKG-21

	Amount of radiation source (mCi)	Dose of lens area (μ Sv)	Dose of chest (μ Sv)
average at distribution	5.69 \pm 3.16	4.43 \pm 2.35	1.03 \pm 0.54
average at injection	3.97 \pm 1.37	3.51 \pm 1.43	0.80 \pm 0.34
average daily distribution		3.6 \pm 1.4	0.9 \pm 0.6
average daily injection		2.2 \pm 1.0	0.6 \pm 0.5

Table 3. Residual radioactivity and dose by site in injection and distribution

	Amount of radiation source (mCi)	Dose of lens area (μ Sv/h)	Dose of chest (μ Sv/h)		Amount of radiation source (mCi)	Dose of lens area (μ Sv/h)	Dose of chest (μ Sv/h)
	7.1	6.68	1.44		10.2	8.01	1.72
	5.8	5.21	1.24		7.1	5.07	1.21
	1.1	1.09	0.24		5.2	4.46	0.87
	4.5	4.31	1.09		3.4	2.74	0.63
	3.9	2.72	0.76		1.1	1.03	0.28
	2.9	2.33	0.62		1.9	1.42	0.41
	3.7	2.68	0.68		1.3	1.04	0.26
	2.6	2.31	0.59		9.3	7.76	1.62
	4.2	4.26	1.03		7.6	5.11	1.36
dose during injection	5.3	5.16	1.17	dose during distribution	5.7	4.71	0.92
	3.5	2.62	0.67		2.2	2.46	0.56
	5.7	5.17	1.25		10.5	8.09	1.96
	3.1	2.51	0.61		8.7	5.82	1.57
	4.3	4.23	1.05		6.4	4.74	1.17
	2.7	2.36	0.58		3.1	2.75	0.64
	3.2	2.53	0.62		9.6	7.88	1.77
	3.6	2.66	0.67		6.3	4.69	1.11
	2.9	2.27	0.60		4.2	3.76	0.73
	5.2	4.96	0.15		1.8	1.36	0.33
	4.1	4.16	1.01		8.2	5.65	1.49
	3.97 \pm 1.37	3.51 \pm 1.43	0.80 \pm 0.34		5.69 \pm 3.16	4.43 \pm 2.35	1.03 \pm 0.54

μ Sv/h로 수정체 부위의 증가선량이 약 4.4배 높게 나왔다. 분배와 주사 시 일간 누적선량은 매일 20일 동안 측정 후 평균과 표준편차로 나타내었다. 분배 시 일간 흉부의 유효선

량은 0.9 \pm 0.6 μ Sv, 수정체 부위의 증가선량은 3.6 \pm 1.4 μ Sv로 나타나 수정체 부위의 증가선량이 4배 높게 나타났다. 주사 시 일간 흉부의 유효선량은 0.6 \pm 0.5 μ Sv, 수정체 부

Table 4. Evaluation of monthly cumulative dose using OSL

Month	Dose of lens area (mSv)	Dose of chest (mSv)
at distribution	1	0.11
	2	0.1
	3	0.2
	Mean ± SD	0.137 ± 0.055
during injection	1	0.18
	2	0.17
	3	0.21
	Mean ± SD	0.187 ± 0.021

Table 5. Time, day, and monthly correspondence of lens dose area and thoracic dose t-test

	Corresponding difference				t	Degree of freedom	Probability of significance	
	Average	Standard Deviation	Standard error of mean	95% confidence interval of difference				
				Lower limit				maximum
distribution of lens area- distribution of chest	3,39700	1,82773	.40869	2,54160	4,25240	8,312	19	.000
injection of lens area- injection of chest	2,70750	1,19848	.26799	2,14659	3,26841	10,103	19	.000
distribution day lenses area- distribution day chest	2,65000	1,03999	.23255	2,16327	3,13673	11,395	19	.000
Injection day lens area- injection day chest	1,60000	.75394	.16859	1,24715	1,95285	9,491	19	.000
Distribution monthly lens area - distribution monthly chest	.05000	.03606	.02082	-.03957	.13957	2,402	2	.138
Injection monthly lens area- injection monthly chest	.06000	.06083	.03512	-.09110	.21110	1,708	2	.230

위의 등가선량은 $2.2 \pm 1.0 \mu\text{Sv}$ 로 나타나 수정체 부위의 등가선량이 3.7배 높게 나타났다.

3. OSL을 이용한 월간 누적선량 평가

수정체 부위와 흉부에 각각 OSL 선량계를 착용하고 작업 하였고 한 달간 누적 선량을 확인하였다. 첫 번째 측정에서 주사 시 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량은 각각 0.31 mSv, 0.18 mSv, 분배 시 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량은 각각 0.15 mSv, 0.11 mSv가 측정 되었다. 두 번째 측정에서 주사 시 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량은 각각 0.2 mSv, 0.17 mSv, 분배 시 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량은 각각 0.19 mSv, 0.1

mSv가 측정되었다. 세 번째 측정에서 주사 시 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량은 각 0.23 mSv, 0.21 mSv, 분배 시 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량은 각 0.22 mSv, 0.2 mSv가 측정되었다. 합계 값을 비교해 보면 분배 시 수정체 부위의 등가선량이 흉부의 유효선량에 비해 약 1.37배 높게 측정되었고 주사 시에는 약 1.32배 높게 측정되었다.

4. 수정체 부위 등가선량과 흉부의 유효선량의 대응표본 t-검정

대응표본 검정결과, 분배 시 시간당 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량, 주사 시 시간당 수정체 부위의 등

가선량과 흉부의 유효선량, 분배 시 일간 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량, 주사 시 일간 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량은 유의확률이 0.000으로 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 하지만 분배 시 월간 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량, 주사 시 월간 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량은 각각 0.138, 0.230으로 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).

IV. 고 찰

인간의 신체가 방사선에 노출이 되면 여러 장기에서 영향을 받게 되며 난소, 고환, 골수 및 수정체는 감수성이 예민한 조직으로 분류된다. 그중에서 수정체는 가장 민감하다고 알려져 있다[12]. 수정체에 발병하는 백내장이나 혼탁은 결정론적 영향으로 나타난다고 보고되고 있다. 그러나 방사선 피폭이 발생한 후 오랜 시간이 지난 뒤에 부작용이 발생하는 경우들이 나타나면서 확률론적 영향에 의해 발생할 수 있다는 가능성이 보고되고 있으며[13], ICRP 118 간행물에서 수정체의 등가선량 한도를 연간 150 mSv에서 20 mSv로 낮추어 보고하였다[14]. 비 밀봉 방사성 동위원소를 취급하는 의료기관을 대상으로 조사한 결과 분배와 주사를 할 때 시야 확보가 된 상태에서 차폐가 이루어져야 하므로 흉부 부분은 전체 납으로 수정체 부분은 납유리로 된 L-Block Lead Glass Shield를 대부분 이용하고 있다고 보고되고 있다[15]. L-Block Lead Glass Shield의 납유리는 전체 납에 비교해 두껍게 되어있지만, 방사선을 방호하는 능력에 차이가 있어 흉부가 받는 유효선량과 수정체가 받는 등가선량에 차이가 있을 것으로 사료된다. 분배 및 주사 시 외에는 선량계를 off해 두어 배경 방사선량의 간섭 없이 실험을 진행 한 실시간 선량과 일간 누적선량 측정값과 분배 및 주사 시 외의 배경방사선량 값을 인정하고 진행한 월간 누적선량 측정값을 비교해 보면 현저한 차이가 있었다. 시간당 선량과 일간 누적선량을 합산하여 본 수정체의 등가선량은 흉부의 유효선량보다 약 3.99배 높았는데 이것은 L-Block Lead Glass Shield의 납유리로 된 수정체 방호 부분이 전체 납으로 된 흉부의 방호 부분보다 방어능력이 3~4배 떨어지는 것으로 판단되었다.

대응표본 t검정 결과, 월간 누적선량을 합산하여 본 수정체의 등가선량은 흉부의 유효선량보다 약 1.19배 높았는데 이것은 순수 분배 및 주사 시에 받는 피폭 선량보다 핵의학과 시설 내의 배경 방사선에 의한 피폭이 실제 선량 값에 더 많은 영향을 주었다고 판단된다. 시간당 수정체 부위의 등

가선량과 흉부의 유효선량은 통계적으로 유의한 차이가 있으나 월별 선량에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것은 흉부의 유효선량을 분기별 누적선량으로 측정하고 있으므로 기타 작업 시 방사선노출로 인하여 유의한 차이가 없는 것으로 판단된다. PET/CT실 작업종사자들은 방사성동위원소를 가장 가까이에서 취급하며 분배하고 주사하기 때문에 기존 흉부의 유효선량 측정 이외에 수정체 부위의 국소선량 측정도 필요하다. 또한 기존의 전신선량 평가 법으로 수정체의 평가가 불확실하여 적절한 방호를 할 수 없으므로 수정체에 대한 별도의 선량평가가 필요하다고 보고되고 있다 [15]. 유효선량 한도는 법정 선량계인 OSL로 매년 관리 되고 있지만, 수정체의 경우는 관리하고 있지 않아 정확한 피폭선량을 알 수 없다. 사용된 pocket dosimeter는 검출기 출력의 평균 신호 주파수의 측정을 통한 실시간 감마선량의 측정과 누적선량 측정이 가능하며 감마선의 에너지 측정범위는 0.1 μ Sv/h~1.0 Sv/h, 에너지 의존성은 $\leq \pm 25\%$ 이다. OSL 선량계는 TLD와 유사하나 판독이 한번 이루어질 때 빛의 노출로 트랩 된 전자에너지의 0.1~0.3% 정도만이 사용되기 때문에 여러 번 재 판독할 수 있다는 차이점이 있다. 감마선의 에너지 측정범위는 5 keV~20 MeV, 퇴행성은 $\leq 5\% \pm 0.05$ 였다.

본 연구에서의 제한점은 DKG-21, OSL을 이용한 선량측정에서는 수정체 선량을 수정체 부위의 등가선량측정으로 실시하였으며, 수정체 부위와 흉부에서는 판독업체에서 제공되는 유효선량(H_{10mm})으로 측정된 값을 읽었다. 수정체의 등가선량 측정을 위한 H_{3mm} 은 제공되지 않았다. 최근 수정체 등가선량한도를 낮추어 권고하고 있으며 백내장과 수정체 혼탁의 경우 낮은 선량에도 영향이 나타날 수 있다는 확률론적 영향이 있을 수 있음으로 사료된다. 방사선 작업자의 수정체 부위 등가선량은 시간별로 측정할 경우 흉부의 유효선량보다 높게 나타났으므로 수정체의 피폭선량을 인지하고, 납 안경 착용을 습관화하고 관리할 수 있도록 법적 장치가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

분배 시 수정체 부위의 등가선량은 1 mCi 당 0.78 μ Sv/h 이었고, 흉부의 유효선량은 1 mCi 당 0.18 μ Sv/h이었다. 주사 시 수정체 부위의 등가선량은 1 mCi 당 0.88 μ Sv/h 이었고, 흉부의 유효선량은 1 mCi 당 0.20 μ Sv/h이었다. 매일 20일 동안 측정한 분배 시 일간 흉부의 유효선량은 $0.9 \pm 0.6 \mu$ Sv, 수정체 부위의 등가선량은 $3.6 \pm 1.4 \mu$ Sv로

나타났다. 주사 시 일간 흉부의 유효선량은 $0.6 \pm 0.5 \mu\text{Sv}$, 수정체 부위의 등가선량은 $2.2 \pm 1.0 \mu\text{Sv}$ 로 나타났다. 분배 시 월간 수정체부위 등가선량은 $0.187 \pm 0.035 \text{ mSv}$, 흉부의 유효선량은 $0.137 \pm 0.055 \text{ mSv}$, 주사 시 월간 수정체부위 등가선량은 $0.247 \pm 0.057 \text{ mSv}$, 월간 흉부의 유효선량은 $0.187 \pm 0.021 \text{ mSv}$ 이었다. 대응표본 검정결과, 분배 시 시간당 수정체 부위 등가선량과 흉부의 유효선량, 주사 시 시간당 수정체 부위 등가선량과 흉부의 유효선량, 분배 시 일간 수정체 부위 등가선량과 흉부의 유효선량, 주사 시 일간 수정체 부위 등가선량과 흉부의 유효선량은 유의확률이 0.000으로 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 하지만 분배 시 월간 수정체 부위 등가선량과 흉부의 유효선량, 주사 시 월간 수정체 부위의 등가선량과 흉부의 유효선량은 각각 0.138, 0.230으로 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).

REFERENCES

- [1] Kim BN, Cho SW, Lee JY, Yoo KR, Park HH. A Study of Decrease Exposure Dose for the Radiotechnologist in PET/CT. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2015;38(1):23-30.
- [2] Sin GS, Dong KR. The Difference of Standardized Uptake Value on PET-CT According to Change of CT Parameters. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2007;30(4):373-9.
- [3] Park SK, Lee NG, Namgoog CK, Jung WY. The Analysis of Blood Glucose Level Difference According to the Exact Use of Blood Glucose Measurement Test Strips in ^{18}F -FDG Wholebody PET. *The Korean Journal of Nuclear Medicine Technology*. 2010;14(2):100-3.
- [4] Park JC, Pyo SJ. Study of External Radiation Expose Dose on Hands of Nuclear Medicine Workers. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2012;35(2):141-9.
- [5] Kang BS, Kim KH, Kim DY, Kim SC, Kim WR, Kim JG, et al. *Radiation Health Management*; 2009.
- [6] Song HJ. Dose evaluation of nuclear medicine radiation workers using electronic dosimeter [master's thesis]. Perth: University of Choseon; 2017.
- [7] Lee JG. ICRP Publications 103. International Radiation Protection Committee; 2008.
- [8] Jang KH. Dose management at medical institutions. *Medical Radiation Safety Symposium*; 2013.
- [9] Korea Nuclear Cooperation Foundation, Analysis and evaluation technology of radiation protection system at home and abroad; 2011.
- [10] International Atomic Energy Agency, Radiation protection and safety of radiation sources international basic safety standards. General Safety Requirements Part 3; 2011.
- [11] Clement CH. ICRP Statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs—threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. ICRP Publication; 2012.
- [12] Kim MG, Choi DH, Kim H, Cho A, Park SY, Kim SH. Prediction of midline depth from skin to cervical epidural space by lateral cervical spine X-ray. *Anesth Pain Med*. 2017;12(1):68-71.
- [13] Kim MJ, Kim JH. Radiation exposure and protection for eyes in pain management. *Anesth Pain Med*. 2017;12(4):297-305.
- [14] Kim TW. Appraisal of the operational quantities for protection of eye lens against photon and electron radiation [master's thesis]. Perth: University of Hanyang; 2014.
- [15] Reu YH, Seo MY, Dong KR. Survey of awareness on the exposure dose of extremity and eye lens by radiation worker in nuclear medicine department. *J. of Advanced Engineering and Technology*. 2015;8(3):211-7.