ED3를 이용한 방사성동위원소 의약품의 수정체 피폭선량평가

송하진[1] · 주용진[1,2] · 장 한[1] · 동경래[3] · 강경원[1,4] · 최은진[5]
곽종길[5,6] · 류재광[7] · 정운관[1,*]

[1]조선대학교 원자력공학과, [2]한국발명진흥회 광주지회,
[3]광주보건대학교 방사선과, [4]전남대학교 핵의학과, [5]동신대학교 보건의료학과,
[6]KS병원 종합건진센터, [7]서울아산병원 핵의학과

Estimation of Lens Dose of Radioactive Isotopes Using ED3

Ha-Jin Song[1], Yong-Jin Ju[1,2], Han Jang[1], Kyung-Rae Dong[3], Kyeong-Won Kang[1,4],
Eun-Jin Choi[5], Jong-Gil Kwak[5,6], Jae-Kwang Ryu[7] and Woon-Kwan Chung[1,*]

[1]*Department of Nuclear Engineering, Chosun University, 375, Seosuk-dong, Dong-gu, Gwangju 61452, Republic of Korea*
[2]*Korea Invention Promotion Association Gwangju office, 249, chuam-ro, Buk-gu, Gwangju 61003, Republic of Korea*
[3]*Department of Radiological Technology, Gwangju Health University, 683-3 Shinchang-Dong, Gwangsan-gu, Gwangju 62287, Republic of Korea*
[4]*Department of Nuclear Medicine, Chonnam National University Hospital, 42, Jebong-ro, Dong-gu, Gwangju 61469, Republic of Korea*
[5]*Department of Public Health and Medicine, Dongshin University Graduate School, 185, Geonjae-ro, Naju-si, Jeollanam-do 58245, Republic of Korea*
[6]*Comprehensive Medical Examination Center, KS Hospital, 220, Wangbeodeul-ro, Gwangsan-gu, Gwangju 62248, Republic of Korea*
[7]*Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, 88, Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 05505, Republic of Korea*

Abstract - It is suggested that the dose limit recommended in the Enforcement Decree of Korea's Nuclear Safety Act should not exceed 150 mSv per year for radiation workers. Recently, however, ICRP 118 report has suggested that the threshold dose of the lens should be reduced to 0.2~0.5 Gy and the mean dose should not exceed 50 mSv per year for an average of 20 mSv over 5 years. Based on these contents, ^{123}I, ^{99m}Tc, and ^{18}F-FDG, which are radioisotope drugs that are used directly by radiation workers in the nuclear medicine department in Korea are expected to receive a large dose of radiation in the lens in distribution and injection jobs to administer them to patients. The ED3 Active Extremity Dosimeter was used to measure the dose of the lens in the nuclear medicine and radiation workers and how much of the dose was received per 1 mCi.

Key words : Dose of the lens, Radiation workers, ^{123}I, ^{99m}Tc, ^{18}F-FDG

* Corresponding author: Woon-Kwan Chung, Tel. +82-62-230-7166,
Fax. +82-62-232-9218, E-mail. wkchung@chosun.ac.kr

서 론

현재 국내 원자력안전법은 1990년 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)의 60 권고에 나와 있는 방사선작업종사자의 수정체 대한 등가선량한도를 연간 150 mSv로 설정하고 있다(ICRP 1990). 그 후 2007년 국제방사선방호위원회의 103 보고서의 권고에서는 수정체의 방사선 민감성에 대한 새로운 데이터가 도출되어지고 있고 수정체 등가선량한도의 관점에서 중요성을 재검토할 것이라고 언급하였다(ICRP 2007).

2011년 4월 국제방사선방호위원회에서 발표한 조직반응에 대한 성명서에서 장기간의 관찰과 최근 가용한 역학 조사들의 결과를 통하여 수정체의 조직반응 문턱선량을 5 Gy에서 0.2~0.5 Gy로 낮추고, 수정체 등가선량한도를 "5년 동안 평균 20 mSv, 그리고 한 해에 50 mSv를 초과하지 않아야 한다."로 하향 조정하여 권고하였다(ICRP 2012). 특히 미국, 독일, 호주 등 각 나라의 원자력규제위원회 및 방사선방호위원회들이 적극적으로 ICRP Publication 118을 수용하고 있다. 또한 현재 수정체 피폭선량을 측정하는 측정기는 없지만 ICRP Publication 103에 $H_p(3)$ 대신 $H_p(0.07)$을 수정체 등가선량으로 간주해도 무방하다는 입장을 권고하고 있으므로 이 연구에서는 말단선량계인 ED3 Active Extremity Dosimeter를 이용하였다(ICRP 2007). 그리고 우리나라 핵의학과에서 쓰이는 방사성동위원소 이용현황을 보면 2012년 기준 ^{99m}Tc의 경우 236,008,200 MBq를 사용하였고 2011년 기준 230,828,200 MBq를 사용하였다. ^{123}I의 경우 2012년 975,101 MBq를 사용하였고 2011년 951,429 MBq를 사용하였으며 ^{18}F-FDG의 경우 2012년 129,186,578 MBq을 사용하였고 2011년 137,220,443 MBq을 사용하였다(Lim and Kim 2009; Kang and Lim 2010; 한국방사선진흥협회 2013; 통계청 2014). ^{99m}Tc, ^{123}I의 경우 증가하였고 ^{18}F-FDG의 경우 감소하였지만 사용량은 높다. 이러한 경우로 본 연구에서는 방사성 의약품 ^{123}I (Iodine-123), ^{99m}Tc (Technetium-99m), ^{18}F-FDG (F-18 Fluoro-2-Deoxyglucose)를 직접적으로 사용하는 핵의학과 방사선작업종사자의 수정체 피폭선량을 측정해야 된다고 판단되어 ED3 Active Extremity Dosimeter를 착용시켜 각 선원별로 수정체 피폭선량을 측정하였다. 또한 선원별로 분배 및 주사할 때 1 mCi로 환산을 해보았다. 이러한 환산 값은 핵의학과 방사선작업종사자가 방사성동위원소 의약품의 용량을 확인할 때 Dose Calibrator를 이용하기 때문에 수정체 피폭선량을 대략적으로 측정할 수 있을 것이라고 예상되어진다.

Table 1. Radioisotope nuclide information

Nuclide	Half-life	Collapse type	Primary emission radiation (MeV)	
			β-ray or α-ray energy and emission rate	γ-ray energy and emission rate
^{18}F	109.8 min	β^+ EC	0.633 96.7% 3.3%	0.511
^{99m}Tc	6.01 hour	IT		0.141 89.1%
^{123}I	13.27 hour	EC		0.159 83.3%

재료 및 방법

1. 측정 재료

본 실험에서 사용한 방사성의약품은 핵의학과에서 가장 대표적으로 사용되어지는 ^{123}I, ^{99m}Tc, ^{18}F-FDG를 이용하였다(Table 1).

ED3 (Active Extremity Dosimeter)는 Rotunda S.T에서 나온 제품으로서 에너지별로 디텍터를 다르게 두고 있는 전자선량계이다. 이 선량계의 주요 용도는 중재적 방사선, 방사선 치료, 핵의학, 높은 선량 환경에서 측정이 가능하다. 주요 특징을 보면 베타와 광자(감마, X선)에 대한 $H_p(0.07)$을 실시간으로 기록 또는 ALARA의 영향에 대해 모니터링 할 수 있고, 오염된 감지기는 교체를 위해 분리가 가능하고, 수집된 데이터를 저장 및 분석 가능하며, 소프트웨어를 사용하여 PC에 보관할 수 있다. 그리고 수정체 선량 $H_p(3)$ 측정에 적합하다. 검출기는 ED3D1, ED3D4로 ED3D1 검출기는 60~1.25 MeV의 광자를 측정하기 위해서 설계되었고, ED3D4는 60 keV 이하의 광자를 측정하기 위해서 설계되었다(Fig. 1).

2. 측정 방법

2016년 6~10월 동안 광주에 위치한 일개 종합병원 핵의학과에서 작업종사자 11명을 대상으로 수정체 피폭선량을 측정하였고, 측정기기는 말단선량계(ED3 Active Extremity

Fig. 1. ED3 Active Extremity Dosimeter.

Table 2. ED3 Correction Result

The reference kerma rate (mGy h^{-1})	Standard dose (mSv)	Measures (mSv)	Correction factor
1.0	0.1	0.108	0.93
10.0	1.0	1.116	0.90
12.5	3.0	3.367	0.89
	Calibration factor average		0.91
	*Measurement uncertainty (Expanded uncertainty) (%)		7.8

*The measurement uncertainty is the confidence level about 95%, The value at k = 2

Fig. 2. L-Block Lead Glass Shield.

Fig. 3. ^{18}F-FDG Auto Dose Dispenser.

Dosimeter, Rotunda S.T, USA)와 검출기 1개를 이용하여 오른쪽 수정체를 측정하였다. ED3 Active Extremity Dosimeter를 한국표준과학연구원에서 지정해준 (주)코라솔에 감마선 조사장치를 이용하여 교정을 의뢰하였다. 교정에 사용된 표준장비는 감마선조사장치 ^{137}Cs를 이용하였고 (주)에스에프테크놀로지에서 개발한 SFTIR-01형식이다(Table 2). 핵의학과 작업종사자 방사성의약품 ^{123}I 및 ^{99m}Tc의 분배 업무 경우 감마선 및 엑스선 차폐용으로 L-Block Lead Glass Shield를 사용하였고(Fig. 2), ^{18}F-FDG의 경우 자동분주장치(Auto Dose Dispenser, LH-2001Di, USA)를 사용하였다(Fig. 3). 주사 업무의 경우 ^{123}I은 경구 투여를 하므로 차폐가 없는 상태에서 환자에게 투여하며, ^{99m}Tc 및 ^{18}F-FDG는 납으로 구성되어진 Injection Cart를 사용하였고 선원별로 용량을 측정하기 위해 우물형 전리조(Dose Calibrator, Syncor, USA)를 이용하였다(Fig. 4).

Fig. 4. Dose Calibrator.

3. 통계 분석

SPSS Program (Ver. 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 선원의 용량별 그리고 직무별로 나누어 측정값을 분석하였다. 선원의 용량별 그리고 직무별 종사자가 받는

Table 3. When ^{123}I was administered in distribution and oral, it was converted to 1 mCi

Radiation source	Administration (mCi N^{-1})	Dose (μSv N^{-1})	Distribution (μSv mCi^{-1})	Dose (μSv N^{-1})	Oral (μSv mCi^{-1})
^{123}I	5.76	0.025	0.004	0.045	0.008
	5.59	0.015	0.003	0.014	0.003
	5.66	0.012	0.002	0.029	0.005
	5.74	0.047	0.008	0.034	0.006
	5.77	0.022	0.004	0.039	0.007
	5.63	0.047	0.008	0.027	0.005
	5.61	0.035	0.006	0.008	0.001
	5.70	0.025	0.004	0.020	0.004
	5.70	0.025	0.004	0.045	0.008
Mean ± SD	5.68 ± 0.06	0.028 ± 0.012	0.005 ± 0.002	0.029 ± 0.013	0.005 ± 0.002

피폭선량을 평균과 표준편차, 최대값 및 최소값을 구해 각각의 평균 및 표준편차를 나타내는 기술 통계량을 실시하였다.

결 과

1. ^{123}I을 분배 및 경구 투여 시 1 mCi당 피폭선량 환산

핵의학과 방사선작업종사자가 분배 및 주사할 때 쓰는 선원의 투여량이 각각 다르고 이에 따라 받는 피폭선량이 다르다. 또한 차폐의 유무에 따라 피폭선량이 다르기 때문에 선원의 투여량에 대하여 1 mCi당 얼마만큼의 피폭선량을 받는지에 대하여 분석하여 보았다. 방사선작업종사자의 분배 업무에서도 분배와 경구 투여로 크게 두 가지로 분리할 수 있고 분배는 차폐가 이루어진 상태이며 경구 투여는 환자에게 분배된 ^{123}I을 주고 옆에서 지켜보므로 차폐가 되지 않는다고 설정한다. 이때 분배하였을 경우 1 mCi당 평균 피폭선량은 0.005 ± 0.002 μSv mCi^{-1}이고 5.74, 5.63 mCi를 분배할 때 0.008 μSv mCi^{-1}로 가장 높게 나타났으며 5.66 mCi를 분배할 때 0.002 μSv mCi^{-1}로 가장 낮게 타나났다. 피폭선량은 많이 차이가 없지만 많은 양을 투입하였을 때 조금 더 높은 피폭선량을 받아야 하지만 작업 시 핵의학과 방사선작업종사자의 특별한 행위로 더 낮게 받을 수 있다고 판단되어진다. 경구 투여의 경우 1 mCi당 평균 피폭선량은 0.005 ± 0.002 μSv mCi^{-1}이고 5.76, 5.70 mCi를 경구 투여하였을 때 0.008 μSv mCi^{-1}로 가장 높게 나타났으며 5.61 mCi를 경구 투여하였을 때 0.001 μSv mCi^{-1}로 가장 낮게 나타났다. 분석해 본 결과 핵의학과 방사선작업종사자가 I-123을 분배 및 경구 투여할 때 1 mCi당 수정체 피폭선량은 같다고 판단된다(Table 3).

^{123}I을 분배하고 바로 환자에게 경구 투여를 하는 경우도 종종 있어서 따로 나누어 측정해 보았을 때 1 mCi당 평균 피폭선량은 0.005 ± 0.002 μSv mCi^{-1}이고 5.74, 5.63 mCi를 분배할 때 가장 높게 나타났으며 5.66 mCi를 분배할 때 가장 낮게 타나났다. 이때도 마찬가지로 핵의학과 방사선작업종사자의 행위와 환자와의 대화 및 여러 가지 조건에 따라 1 mCi당 방사선작업종사자가 받는 피폭선량이 다르다고 판단되어진다(Table 4).

Table 4. When ^{123}I was co-administered, it was converted to 1 mCi

Radiation source	Administration (mCi N^{-1})	Dose (μSv N^{-1})	Distribution + oral (μSv mCi^{-1})
^{123}I	5.81	0.033	0.006
	5.49	0.031	0.006
	5.71	0.023	0.004
	5.73	0.186	0.032
	5.88	0.192	0.033
	5.37	0.060	0.011
	5.49	0.260	0.047
	5.59	0.210	0.038
	5.59	0.153	0.027
	5.36	0.105	0.020
Mean ± SD	5.60 ± 0.17	0.125 ± 0.086	0.022 ± 0.015

Table 5. When ^{99m}Tc was administered in distribution, it was converted to 1 mCi

Radiation source	Administration (mCi N^{-1})	Dose (μSv N^{-1})	Distribution (μSv mCi^{-1})
^{99m}Tc	32	0.172	0.005
	32	0.217	0.007
	360	1.736	0.005
	370	2.132	0.006
	32	0.180	0.006
	32	0.137	0.004
	33	0.078	0.002
	35	0.217	0.006
Mean ± SD	115 ± 153	0.608 ± 0.826	0.005 ± 0.001

2. ^{99m}Tc 분배 및 주사 시 1 mCi당 피폭선량 환산

^{99m}Tc은 방사성동위원소 의약품 중 핵의학과에서 가장 많이 쓰이는 선원이다. 이는 결국 환자들이 많으므로 분배 업무를 하는 핵의학과 방사선작업종사자가 대기하는 환자들

Table 6. When ^{99m}Tc is injected, it is shielded 1 mCi conversion

Radiation source	Administration (mCi N^{-1})	Dose (μSv N^{-1})	Use shield (μSv mCi^{-1})	Administration (mCi N^{-1})	Dose (μSv N^{-1})	No shielding (μSv mCi^{-1})
^{99m}Tc	32	0.086	0.003	32	1.107	0.035
	32	0.057	0.002	32	1.095	0.034
	32	0.045	0.001	32	1.226	0.037
	32	0.155	0.005	33	1.132	0.034
	32	0.074	0.002	33	0.654	0.020
	32	0.069	0.002	33	0.989	0.030
	32	0.020	0.001	11	0.200	0.018
	32	0.069	0.002	−	−	−
	32	0.061	0.002	−	−	−
	32	0.110	0.003	−	−	−
	32	0.143	0.004	−	−	−
	33	0.245	0.007	−	−	−
	33	0.147	0.004	−	−	−
Mean ± SD	32.15 ± 0.37	0.108 ± 0.059	0.003 ± 0.001	29.42 ± 8.14	0.914 ± 0.364	0.030 ± 0.007

Table 7. When ^{18}F-FDG was administered in distribution, it was converted to 1 mCi

Radiation source	Administration (mCi N^{-1})	Dose (μSv N^{-1})	Distribution (μSv mCi^{-1})
^{18}F-FDG	7.81	0.139	0.018
	6.39	0.078	0.012
	8.18	0.033	0.004
	8.96	0.135	0.015
	5.59	0.400	0.072
	6.03	0.368	0.061
	9.57	0.221	0.023
	10.28	0.098	0.010
	7.63	0.061	0.008
	6.45	0.029	0.004
	7.94	0.037	0.005
	9.77	0.041	0.004
	8.22	0.053	0.006
	4.14	0.045	0.011
	7.13	0.025	0.003
	11.29	0.037	0.003
	8.82	0.233	0.026
	5.90	0.196	0.033
	5.43	0.090	0.017
	9.63	0.053	0.006
	8.25	0.719	0.087
Mean ± SD	7.78 ± 1.82	0.147 ± 0.170	0.020 ± 0.023

의 편의를 위해서 한 번에 많은 양을 분배한다. ^{99m}Tc을 분배할 때 항상 차폐를 실시한다. 1 mCi당 분배할 때 평균 피폭선량은 0.005 ± 0.001 μSv mCi^{-1}이고 최대 32 mCi 투여할 때 0.007 μSv mCi^{-1}로 가장 높고 33 mCi를 투여할 때 0.002 μSv mCi^{-1}로 가장 낮다. ^{99m}Tc을 360 mCi 또는 370 mCi는 제너럴레이터(Generator)에서 뽑아서 바로 차폐체를 앞에 두고 분배하기 때문에 많은 양을 분배할 때 피폭선량이 더 높으나 1 mCi로 환산했을 경우 피폭선량이 일정하다(Table 5).

^{99m}Tc을 주사할 때 차폐체를 사용하였을 경우 평균 피폭선량은 0.003 ± 0.001 μSv mCi^{-1}이고 투여량이 일정하기 때문에 33 mCi 주사하였을 때 0.007 μSv mCi^{-1} 가장 높았다. 이때 비슷하게 나왔지만 핵의학과 방사선작업종사자가 차폐를 하고 선원과의 거리를 더욱 가깝게 하거나 선원의 양을 조절하기 위하여 반복의 이유로 인하여 차이가 난다고 판단되어진다. ^{99m}Tc을 주사할 때 차폐체를 사용하지 않았을 경우 평균 피폭선량은 0.030 ± 0.007 μSv mCi^{-1}이고 0.037 μSv mCi^{-1}이 가장 높고 0.018 μSv/mCi이 가장 낮게 나타났다. 이러한 차이를 보이는 이유는 핵의학과 방사선작업종사자의 행위에 있어서 차이가 난다고 판단되어지고 차폐를 하지 않았을 경우가 더 높게 나타난다(Table 6).

3. ^{18}F-FDG 분배 및 주사 시 1 mCi당 피폭선량 환산

^{18}F-FDG을 분배 시에는 직접 분배하는 게 아니라 자동분주장치(Auto Dose Dispenser)를 이용하여 분배한다. 평균 피폭선량은 0.020 ± 0.023 μSv이고 8.25 mCi를 투여하였을 때 0.087 μSv mCi^{-1}로 가장 높고 6.45, 9.77 mCi를 투여하였을 때 0.004 μSv mCi^{-1}로 가장 낮게 나타났다. 이는 분배할 때 자동분주장치(Auto Dose Dispenser)를 사용하므로 분배할 때 피폭을 받지 않고 핵의학과 방사선작업종사자가 분배된 ^{18}F-FDG를 이동하는 행위로 받는 피폭선량이라고 판단되어진다(Table 7).

^{18}F-FDG을 주사할 때 차폐체를 사용하여 측정해보면 평균 피폭선량은 0.023 ± 0.011 μSv mCi^{-1}이고 3.85, 10.76 mCi 주사했을 때 0.039 μSv mCi^{-1}로 가장 높고 7.74 mCi 주사했을 때 0.009 μSv mCi^{-1}로 가장 낮게 나타났다. ^{18}F-FDG을 주사할 때 차폐를 사용하지 않고 측정해보면 평균 피폭선량은 0.086 ± 0.033 μSv mCi^{-1}이고 6.76 mCi 주사했을 때 0.150 μSv mCi^{-1}로 가장 높고 5.14, 5.63 mCi 주사했을 때

Table 8. When ^{18}F-FDG is injected, it is shielded 1 mCi conversion

Radiation source	Administration (mCi N^{-1})	Dose (μSv N^{-1})	Use shield (μSv mCi^{-1})	Administration (mCi N^{-1})	Dose (μSv N^{-1})	No shielding (μSv mCi^{-1})
^{18}F-FDG	7.47	0.082	0.011	8.81	0.997	0.113
	6.39	0.098	0.015	5.13	0.437	0.085
	8.00	0.139	0.017	5.14	0.306	0.060
	9.33	0.143	0.015	5.63	0.380	0.067
	9.98	0.331	0.033	6.76	1.017	0.150
	7.35	0.135	0.018	5.63	0.339	0.060
	6.36	0.221	0.035	5.36	0.372	0.069
	7.63	0.245	0.032			
	9.46	0.155	0.016			
	7.78	0.090	0.012			
	3.85	0.151	0.039			
	10.76	0.417	0.039			
	8.35	0.139	0.017			
	9.19	0.315	0.034			
	7.74	0.069	0.009			
Mean ± SD	7.97 ± 1.69	0.182 ± 0.102	0.023 ± 0.011	6.07 ± 1.33	0.549 ± 0.314	0.086 ± 0.033

0.060 μSv mCi^{-1}로 가장 낮다. 이러한 차이를 보이는 이유는 핵의학과 방사선작업종사자의 행위에 있어서 차이가 난다고 판단되어지고 차폐를 하지 않았을 경우가 더 높게 나타났다(Table 8).

고 찰

ICRU는 외부피폭에 대한 지역감시 및 개인감시를 위한 실용량을 정의하였다(부록B 참조)(ICRU 2011). 지역감시를 위한 실용량은 주위선량당량 ambient dose equivalent H* (10) 및 방향성선량당량 directional dose equivalent H′ (0.07, Ω)이다. 개인감시를 위한 실용량은 몸체 특정 점 아래 ICRU조직 내 적정 깊이 d에서 선량당량인 개인선량당량 personal dose equivalent H_p (d)이다. 특정 점은 일반적으로 개인선량계를 패용한 부위이다. 유효선량 평가를 위해 깊이 d = 10 mm인 H_p (10)을 선정하며, 피부와 손발에 대한 선량 평가를 위해서는 깊이 d = 0.07 mm인 개인선량당량 H_p (0.07)이 사용된다(Lim 2006; Ryu et al. 2015). 거의 감시하지는 않지만 눈의 수정체 선량을 위해 깊이 d = 3 mm가 제안되었다. 그러나 실제로 H_p (3)은 거의 감시하지 않으며, 대신 H_p (0.07)를 수정체 감시 목적으로 이용할 수 있다(Kang *et al*. 2010; Lee *et al*. 2012; Park and Pyo 2012). 실용량은 측정 가능한 양이며, 방사선 감시 측정기는 이 양으로 교정된다. 일상감시의 경우, 이러한 실용량 값은 특히 그 값이 방호 한도 미만일 경우 각각 유효선량과 피부선량을 충분히 정확하게 평가하는 것으로 간주할 수 있으므로 본 연구에서 ED3 (Active Extremity Dosimeter) 말단선량계를 수정체 피폭선량계로 대체하여 측정하고, 점차적으로 핵의학과에서 사용되어지는 방사성동위원소 의약품이 증가하기 때문에 핵의학과 업무를 하는 방사선작업종사자가 수정체에 많은 피폭을 받을 것이라고 예상되어 선원별로 나누어 실행해 보았다. ^{123}I을 분배, 경구 및 경구와 투여를 같이 하였을 경우 각각 0.005 ± 0.002 μSv mCi^{-1}, 0.005 ± 0.002 μSv mCi^{-1}, 0.022 ± 0.015 μSv mCi^{-1}로 나타났고, ^{99m}Tc의 경우 분배, 주사할 때 차폐체 사용 및 차폐체 미사용을 각각 보면 0.005 ± 0.001 μSv mCi^{-1}, 0.003 ± 0.001 μSv mCi^{-1}, 0.030 ± 0.007 μSv mCi^{-1}로 나타났다. ^{18}F-FDG의 경우 분배, 주사할 때 차폐 사용 및 미사용은 각각 0.020 ± 0.023 μSv mCi^{-1}, 0.023 ± 0.011 μSv mCi^{-1}, 0.086 ± 0.033 μSv mCi^{-1}로 나타났다. 비록 각각의 선원들이 수정체에 주는 피폭선량이 높지는 않지만 핵의학 방사선작업종사자가 분배 및 주사 업무만 하는 것이 아니라 환자들을 검사하고 care하면서 더 많이 수정체에 피폭선량을 받을 것으로 예상되어진다.

결 론

환자가 핵의학과 검사 시 가장 대표적으로 사용되는 방사성의약품 즉 ^{123}I, ^{99m}Tc, ^{18}F-FDG를 분배 및 주사 시 방사선작업종사자의 수정체 피폭선량을 ED3를 이용하여 분석하였다. ^{123}I을 분배할 때 평균 피폭선량률은 0.028 ± 0.012 μSv 회$^{-1}$이고 경구 투여의 경우 0.029 ± 0.013 μSv 회$^{-1}$이며 분배와 경구 투여가 같이 이루어질 경우 0.125 ± 0.086 μSv 회$^{-1}$이다. ^{99m}Tc을 분배할 때 평균 피폭선량률은 0.608 ± 0.826 μSv 회$^{-1}$이고 주사할 때 차폐를 사용하는 경우 0.108 ± 0.059 μSv 회$^{-1}$이며 차폐를 사용하지 않는 경우 0.914 ± 0.364 μSv 회$^{-1}$이다. ^{18}F-FDG를 분배할 때 평균 피폭선량률

은 0.147±0.170 μSv 회$^{-1}$이고 주사할 때 차폐를 사용하는 경우 0.182±0.102 μSv 회$^{-1}$이며 차폐를 사용하지 않은 경우 0.549±0.314 μSv 회$^{-1}$이다. ^{123}I의 경우 분배하고 바로 경구 투여할 때 경우에 수정체의 피폭선량이 높고 ^{99m}Tc의 경우 주사업무를 할 때 차폐를 하는 경우에 피폭선량이 낮다. 본 연구에서는 핵의학과에서 사용되는 대표적인 방사성동위원소 의약품인 ^{123}I, ^{99m}Tc, ^{18}F-FDG를 측정하고 1 mCi로 환산한 결과 비록 1 mCi로 환산하였을 때는 핵의학과 방사선 작업종사자들이 수정체에 받는 피폭선량이 높지는 않지만 지속적으로 피폭이 누적된다면 나중에는 수정체의 혼탁 및 백내장을 일으킬 수 있다고 생각되어진다. 또한 이러한 연구로 Dose Calibrator를 이용하여 핵의학과 방사선작업종사자가 분배 및 주사 업무할 때 기록을 하면 수정체에 받는 피폭선량을 확인할 수 있을 것이라고 예상되어진다.

사 사

This work was supported by the Nuclear Safety Research Program through the Korea Radiation Safety Foundation (KORSAFe) and the Nuclear Safety and Security Commission (NSSC), Republic of Korea (Grant No. 1305033).

참 고 문 헌

한국방사선진흥협회. 2013. 2012년도 방사선이용통계. 서울.

통계청. 2014. 방사선 및 방사성동위원소 이용 실태조사. 대전.

ICRP. 1990. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, New York.

ICRP. 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, New York.

ICRP. 2012. ICRP Statement on Tissue Reacrions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs-Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, New York.

ICRU. 2011. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation. ICRU Report 85. International Commission on Radiation Units and Measurements. Oxford.

Kang BS and Lim CS. 2010. A Study on the Environmental Radiation Dose Measurement in the Nuclear Medicine Department. *J. Korea Academia-industrial Cooper*. **11**(6):2118-2123.

Kang CG, Oh KB, Park HH, Oh SH, Park MS, Kim JY, Lee JK, Na SK, Kim JS and Lee CH. 2010. A Study on the Individual Radiation Exposure of Medical Facility Nuclear Workers by Job. *J. Nucl. Med. Technol*. **14**(2):9-16.

Lee JS, Ryu YH, Dong KR, Goo EH, Cho JH, Lee HK, Kang SJ, Choi EJ, Chung WK and Cha JG. 2012. Five-year follow-up study on individual doses of Korean radiation workers based on ICRP 103(2006-2010), *Radiat. Eff. Defects Solids* **167**(11): 871-884.

Lim BS. 2006. Radiation Exposure Dose on Persons Engaged in Radiation-related Industries in Korea. *J. Radiol. Sci. Technol*. **29**(3):185-195.

Lim CS and Kim SH. 2009. A Study on the Radiation Dose Managements in the Nuclear Medicine Department. *J. Korea Academia-industrial Cooper.* **10**(7):1760-1765.

Park JC and Pyo SJ. 2012. Study of External Radiation Expose Dose on Hands of Nuclear Medicine Workers. *J. Radiol. Sci. Technol*. **35**(2):141-149.

Ryu YH, Seo MY and Dong KR. 2015. Survey of Awareness on the Exposure Dose of Extremity and Eye Lens by Radiation Worker in Nuclear Medicine Department. *J. Adv. Eng. and Tech*. **8**(3):211-217.

Received: 28 December 2016
Revised: 20 January 2017
Revision accepted: 8 February 2017