

핵의학과 종사자의 방사성동위원소 체내오염 측정

한국원자력안전기술원¹, 한양대학교 원자력공학과², 서울아산병원 핵의학과³
정규환^{1,2} · 김용재¹ · 장정찬³ · 이재기²

Detection and Measurement of Nuclear Medicine Workers' Internal Radioactive Contamination

Gyu Hwan Jeong^{1,2}, Yong Jae Kim¹, Jeong Chan Jang³, Jai Ki Lee²

¹Korea Institute of Nuclear Safety, ²Department of Nuclear Engineering in Hanyang University,

³Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: We tested a sample of nuclear medicine workers at Korean healthcare institutions for internal contamination with radioactive isotopes, measuring concentrations and evaluating doses of individual exposure. **Materials and Methods:** The detection and measurement was performed on urine samples collected from 25 nuclear medicine workers at three large hospitals located in Seoul. Urine samples were collected once a week, 100–200 mL samples were gathered up to 6–10 times weekly. A high-purity germanium detector was used to measure gamma radiations in urine samples for the presence of radioactive isotopes. Based on the detection results, we estimated the amounts of intake and committed effective doses using IMBA software. In cases where committed effective doses could not be adequately evaluated with IMBA software, we estimated individual committed effective doses for radionuclides with a very short half life such as ^{99m}Tc and ¹²³I, using the methods recommended by International Atomic Energy Agency. **Results:** Radionuclides detected through the analysis of urine samples included ^{99m}Tc, ¹²³I, ¹³¹I and ²⁰¹Tl, as well as ¹⁸F, a nuclide used in Positron Emission Tomography examinations. The committed effective doses, calculated based on the radionuclide concentrations in urine samples, ranged from 0 to 5 mSv, but were, in the majority of cases, less than 1 mSv. The committed effective dose exceeded 1 mSv in three of the samples, and all three were workers directly handling radioactive sources. No nurses were found to have a committed effective dose in excess of 1 mSv. **Conclusions:** To improve the accuracy of results, it may be necessary to conduct a long-term study, performed over a time span wide enough to allow the clear determination of the influence of seasonal factors. A larger sample should also help increase the reliability of results. However, as most Korean nuclear medicine workers are currently not necessary to monitored routinely for internal contamination with radionuclides. Notwithstanding, a continuous effort is recommended to reduce any unnecessary exposure to radioactive substances, even if in inconsequential amounts, by regularly surveying workplace environments and frequently monitoring atmospheric concentrations of radionuclides. (**Korean J Nucl Med Technol 2009;13(3):123-131**)

Key Words : Committed effective dose, High purity germanium detector, Internal dosimetry, Nuclear medicine, Urine sample

서 론

과거에 비해 방사선 또는 방사성동위원소를 이용한 진단과

치료의 빈도와 규모가 증가 추세에 있으므로 그에 따른 의료계 방사선취급 종사자의 피폭 가능성도 증가하고 있다. 특히 핵의학과는 주로 개봉선원 형태의 방사성동위원소를 사용하고 있으므로 종사자들의 외부피폭 뿐만 아니라 내부피폭의 가능성을 배제할 수 없다.¹⁾ 지난 2005년 말 기준으로 이미 국내에서는 총 97종의 핵종이 142개 의료기관에 개봉선원 형태로 사용허가 되었으며 관련된 의료기관의 방사선작업종사자의 수도 3,974 명에 이르고 있다. 하지만 국내에서는 의료계 방사선작업종사

• Received: June 15, 2009. Accepted: July 13, 2009.
• Corresponding author: Gyu Hwan Jeong
Korea Institute of Nuclear Safety, 34 Gwa Hak-ro, Yoo Sung-gu,
Daejeon, 305-600, Korea
Tel: +82-10-3871-7456, Fax: +82-61-350-3610
E-mail: khwan@kins.re.kr

자에 대한 내부피폭 선량평가나 체내오염 측정에 관한 연구가 진행된 사례가 거의 없고 특히 내부피폭의 우려가 높은 국내 핵의학과 종사자에 대한 바이오어세이(Bio-assay, 생물분석)가 시도된 사례는 단 한 번도 없었다.

본 논문에서는 국내 의료기관 종사자 중 핵의학과 종사자 일부를 선정하여 방사성동위원소에 의한 체내오염 여부 및 양을 측정된 후 그 결과에 근거하여 선량을 평가하였다.

실험재료 및 방법

본 연구에서 국내 의료기관 종사자들의 체내에 존재하는 방사성동위원소에 의한 영향을 평가하기 위해 서울시에 소재하는 대형병원 3곳의 핵의학과 종사자 25명(A 병원 10명, B 병원 10명, C 병원 5명)을 측정대상으로 선정하였다. 선정된 종사자는 방사성동위원소의 생산과 약품합성, 정맥주사(IV), 양전자방출 단층촬영(PET; Positron Emission Tomography) 검사와 감마전신 스캔 업무를 담당하는 방사선사와 간호사들로 방사성동위원소의 취급에 직·간접적으로 관여하는 업무를 담당한 종사자에 국한하였다. 체내오염 여부를 측정하기 위해 본 연구에서는 간접 측정법인 소변시료를 채취하여 측정하는 방법을 사용하였다. 소변시료의 채취 및 측정 방법은 피검자의 협조만 있다면 비교적 간단히 채취가 가능하고 전신계수법과 달리 측정하는 동안 피검자를 구속하지 않으면서 알파나 베타, 저에너지 감마방출 핵종 모두 측정이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 소변시료는 주 1회 채취하였으며 종사자에 따라 6~10회에 걸쳐 각 회당 100~200 mL 정도의 양을 채취하였다. 핵의학과에서 취급하는 방사성핵종은 주로 반감기가 짧은 핵종이므로 채취 후 즉시 실험실로 가져가 계측을 실시하였다. 시료의 측정에 사용된 장비는 에너지분해능이 매우 뛰어나고 핵종분석이 용이한 고순도게르마늄반도체검출기(HPGe; High Purity Germanium Detector)를 사용하여 시료당 5,000초 이상 계측하였다.

계측된 결과에 근거하여 방사성동위원소의 섭취량을 평가하고 예탁유효선량을 평가하는 도구로 IMBA (Integrated Modules for Bioassay Analysis) 전산프로그램을 사용하였다.²³⁾ IMBA 전산 프로그램은 국제방사선방호위원회의 최신 권고를 반영한 상용 소프트웨어로 측정된 시료의 통계적인 오차와 섭취량 평가가 용이하고 사용이 간단하기 때문에 세계적으로 널리 보급되어 사용되고 있는 프로그램이다. 하지만 IMBA 프로그램으로 평가가 불가능한 매우 짧은 반감기를 가지는 ^{99m}Tc, ¹²³I 등과 같은 핵종에 의한 선량은 국제원자력기구(IAEA; International Atomic Energy Agency)에서 권고하는 방법을 적용하여 선량을 평가

하였다.⁴⁾

결 과

본 연구에서 표본으로 선정된 종사자들의 소변 시료를 채취한 후 계측을 통해 방사성핵종을 분석한 결과, 소변시료에서 ^{99m}Tc, ¹²³I, ¹³¹I, ²⁰¹Tl 핵종 등이 검출되었고 0.511 MeV의 에너지를 가지는 감마선도 측정되었다. 측정된 감마선은 소멸방사선으로써 양전자방출단층촬영 검사에 사용되는 ¹⁸F 등의 핵종에서 방출된다. 검출된 핵종별 농도는 표 1과 같다.

또한 소변시료에 대한 측정결과를 근거로 하여 평가된 예탁 유효선량은 0~5 mSv의 분포를 보였으나 대부분은 일반인의 선량 한도인 1 mSv 미만으로 나타났다. ²⁰¹Tl 핵종에 의한 체내오염은 그 농도가 매우 낮아 선량평가 대상에서 제외하였고 0.511 MeV의 소멸방사선을 방출하는 단반감기 핵종인 ¹⁸F의 경우 선량계수가 제시되어 있지 않은 관계로 ¹⁸F 핵종에 의한 예탁유효선량은 현재로서는 평가가 불가능하여 선량을 평가할 수 없었다. 따라서 이들 핵종을 제외한 3개 핵종에 의한 선량평가 결과를 표 2에 제시하였다.

고 찰

의료기관 종사자의 직종으로 분류해 볼 때 간호사의 경우 1 mSv를 초과한 종사자가 한 사람도 없었지만 방사성동위원소의 분배에 직접적으로 참여한 방사선사의 경우에는 피폭량이 1 mSv를 초과한 종사자가 발생하였다. 이러한 결과로부터 선원을 직접 취급하거나 접촉하는 것에 비해 환자를 통해 내부피폭이 발생할 가능성은 매우 낮은 것으로 유추할 수 있다. A 병원의 경우, 피폭량이 가장 많았던 종사자는 방사성동위원소를 분배하는 종사자였으며 분배작업은 거의 매일 이루어졌다. ^{99m}Tc이 다량 검출된 종사자는 ^{99m}Tc에 의한 외부오염과 호흡 등의 경로를 통한 내부오염이 있었던 것으로 추정되지만 보다 더 정확한 피폭경로는 추가적인 조사를 통해야만 판단할 수 있을 것으로 사료된다.

B 병원의 경우 ¹²³I과 ¹³¹I 흡입으로 인해 선량이 1 mSv를 초과하는 것으로 평가된 종사자가 2명이 있었으며 이들은 ¹²³I 및 ¹³¹I 생산과 분배, 포장에 관한 작업을 수행한 종사자였다. ¹³¹I sampling은 주당 2일만 실시하였고 총 작업시간은 주당 2시간 정도에 불과하였다. ¹²³I이 다량 검출된 작업자의 경우 근무경력이 2년 된 종사자로 핫셀(Hot cell) 내 작업 중 셀 내 기구에서 고장이 발생함에 따라 셀의 Window를 개방한 상태로 보수작업을 수행하였기

Table 1. Radio-isotope Concentrations in Korean Nuclear Medicine Workers' Urines

A 병원

ID	검출핵종	1회차			2회차			3회차		
		Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA
A1	Tc-99m				N/D			N/D		
	Tl-201	측정시료 없음			N/D			2.9	3.0	9.9
	I-131				10.3	1.5	3.1	3.2	0.5	1.5
A2	Tc-99m	3.6	2.1	7.0	N/D			N/D		
	I-123	102.9	3.5	6.2	N/D			223.6	13.3	23.5
	I-131	142.0	5.6	6.0	42.0	3.1	4.3	20.3	2.1	3.9
A3	Tc-99m	5.6	1.8	5.5	N/D			120.5	80.0	264.5
	F-18	Detected			N/D			N/D		
	I-131	5.3	1.4	4.0	3.4	1.1	3.2	1.6	0.9	3.2
A4	Tc-99m	11.8	2.8	7.9	N/D			N/D		
	F-18	Detected			N/D			N/D		
	I-123	3.4	1.6	5.0	N/D			N/D		
	I-131	4.4	1.6	4.8	2.0	1.0	3.3	3.0	1.0	2.9
A5	Tc-99m	3.6	1.7	5.5	N/D			N/D		
	I-131	1.6	0.9	2.7	2.8	0.6	1.8	N/D		
A6	Tc-99m	18.1	4.1	11.7	N/D			N/D		
	I-131	9.8	1.8	4.1	44.1	3.0	4.3	25.0	2.9	2.6
A7	Tc-99m	64.9	6.6	14.8	N/D			N/D		
	I-123	64.3	88.4	306.1	N/D			N/D		
	I-131	17.4	3.1	7.5	15.0	0.9	2.0	4.3	1.3	3.8
A8	Tc-99m	333.3	13.9	21.2	N/D			1,260.4	396.3	1,144.7
	I-131	12.7	2.2	5.1	7.5	1.3	3.3	4.6	0.6	1.6
A9	Tc-99m	9.1	3.6	11.2	N/D			N/D		
	I-131	1.9	1.2	3.8	5.1	0.5	1.5	N/D		
A10	Tc-99m	6.2	3.1	9.9	N/D					
	I-123	2.7	1.4	4.6	N/D			측정시료 없음		
	I-131	1.3	1.6	5.4	8.5	0.6	1.5			

ID	검출핵종	4회차			5회차			6회차		
		Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA
A1	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	Tl-201	N/D			N/D			N/D		
	I-131	5.8	1.1	2.8	2.9	1.0	3.0	N/D		
A2	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-123	N/D			N/D			1.6	1.9	6.5
	I-131	123.8	4.3	4.9	252.0	6.3	6.0	67.8	3.7	3.8
A3	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	2.8	0.5	1.5	3.7	1.2	3.3	2.9	1.0	3.0
A4	Tc-99m				N/D			N/D		
	I-123	측정시료 없음			N/D			N/D		
	I-131				N/D			N/D		
A5	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			8.5	1.5	3.6	25.0	2.5	4.5
A6	Tc-99m	N/D			584.0	35.2	89.1	N/D		
	I-131	125.2	5.4	6.6	26.5	1.0	1.9	13.0	1.9	4.5
A7	Tc-99m	63.6	16.4	47.5	N/D			45.2	4.6	10.0
	I-123	N/D			N/D			N/D		
	I-131	24.7	2.4	3.9	33.8	2.6	4.2	23.3	2.3	4.8

Table 1. 계속

A8	Tc-99m	72.9	28.6	89.2	측정시료 없음			1,387.2	18.7	19.0
	I-131	5.0	1.6	4.6				16.3	1.9	4.2
A9	Tc-99m	N/D			N/D			7.2	2.5	7.6
	I-131	8.5	1.8	4.4	22.7	2.5	5.3	35.9	2.7	4.1
A10	Tc-99m	N/D			N/D			7.1	2.2	6.7
	I-123	N/D			N/D			N/D		
	I-131	37.4	3.0	5.1	62.6	2.2	3.0	11.3	1.8	4.1

ID	검출핵종	7회차			8회차			9회차		
		Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA
A1	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	F-18	N/D			N/D			Detected		
	Tl-201	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
A2	Tc-99m	N/D			N/D					
	I-123	N/D			N/D			측정시료 없음		
	I-131	55.0	3.3	3.8	28.9	1.4	3.2			
A3	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	5.2	1.2	2.5	N/D			1.3	1.1	3.5
A4	Tc-99m	N/D			N/D					
	I-123	N/D			N/D			측정시료 없음		
	I-131	N/D			3.6	1.3	3.7			
A5	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	17.9	2.2	4.5	5.5	1.6	4.5	10.6	1.4	3.4
A6	Tc-99m	N/D			N/D			48.7	3.1	3.7
	I-131	24.0	2.4	3.9	2.7	1.2	3.8	6.6	0.6	1.6
A7	Tc-99m	N/D			N/D			49.9	2.6	6.6
	I-123	N/D			N/D			N/D		
	I-131	7.7	2.9	3.4	4.0	1.1	3.3	56.3	1.3	1.9
A8	Tc-99m	N/D			N/D			91.7	4.9	8.0
	I-131	24.5	4.7	4.1	0.7	0.9	3.0	N/D		
A9	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	F-18	N/D			N/D			Detected		
	I-131	10.2	1.8	4.3	N/D			4.4	1.6	4.9
A10	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	F-18	N/D			N/D			Detected		
	I-123	N/D			N/D			N/D		
	I-131	2.8	1.2	3.8	N/D			N/D		

ID	검출핵종	10회차		
		Bq/kg	σ	MDA
A1	Tc-99m	N/D		
	F-18	Detected		
	Tl-201	N/D		
	I-131	N/D		
A2	Tc-99m	N/D		
	I-123	N/D		
	I-131	31.0	2.5	3.9
A3	Tc-99m	N/D		
	I-131	1.2	1.0	3.2
A4	Tc-99m	N/D		
	I-123	N/D		
	I-131	N/D		

Table 1. 계속

A5	Tc-99m	2.6	1.3	8.3
	I-131	14.7	0.9	2.0
A6	Tc-99m	N/D		
	I-131	5.2	3.1	4.2
A7	Tc-99m	8.7	2.2	6.1
	F-18	Detected		
	I-123	N/D		
	I-131	10.2	2.1	5.7
A8	Tc-99m	4.9	2.0	6.3
	F-18	Detected		
	I-131	N/D		
A9	Tc-99m	N/D		
	I-131	N/D		
A10	Tc-99m			
	I-123	측정시료 없음		
	I-131			

B 병원

ID	검출핵종	1회차			2회차			3회차		
		Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA
B1	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-123	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
B2	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-123	N/D			N/D			N/D		
	I-131	2.8	2.9	4.7	1.3	1.6	2.6	5.2	3.3	5.0
B3	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-123	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
B4	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
B5	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-123	574.1	85.5	102.5	N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
B6	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	25.4	5.2	6.2	13.0	5.8	8.1	16.9	3.8	4.4
B7	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	5,061.6	45.6	11.5	408.4	13.2	6.4	317.0	7.9	7.0
B8	Tl-201	N/D			N/D			N/D		
	I-123	N/D			54.7	12.8	16.0	N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
B9	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	30.2	5.9	6.4	7.0	4.0	3.0	3.0	2.0	3.0
B10	Tl-201	Detected			N/D			N/D		
	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-123	21,297.3	469	228.2	95.9	23	31.0	4,199.7	288	239.7
	I-131	2.3	2.1	3.2	N/D			N/D		

ID	검출핵종	4회차			5회차			6회차		
		Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA
B1	Tc-99m	N/D			N/D					
	I-123	411.6	73.8	90.7	N/D			측정시료 없음		
	I-131	N/D			N/D					

Table 1. 계속

B2	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-123	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			7.0	3.1	4.2	2.0	2.4	3.9
B3	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-123	N/D			247.0	154.4	227.8	N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
B4	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
B5	Tc-99m	N/D			N/D					
	I-123	1,033.6	164.9	201.9	N/D				측정시료 없음	
	I-131	N/D			N/D					
B6	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	6.1	1.2	4.5	2.3	2.8	4.6	11.6	1.2	1.7
B7	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	627.8	22.9	11.8	191.2	14.1	8.2	408.9	4.9	2.0
B8	Tl-201	1,623.5	39.8	38.8	216.5	17.5	20.9	484.5	21.3	23.9
	I-123	N/D			7,166.3	249.4	170.6	N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
B9	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	3.5	2.1	3.2	N/D			1.2	0.6	1.0
B10	Tl-201	Detected			N/D			N/D		
	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-123	30,539.4	324	202.8	37,999.4	1,235	570.3	51,054.0	511	152.9
	I-131	N/D			N/D			N/D		

ID	검출핵종	7회차			8회차		
		Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA
B1	Tc-99m	N/D			N/D		
	I-123	N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D		
B2	Tc-99m	N/D			N/D		
	I-123	N/D			N/D		
	I-131	32.5	5.4	5.4	N/D		
B3	Tc-99m	N/D			N/D		
	I-123	N/D			N/D		
	I-131	N/D			1.5	1.3	4.5
B4	Tc-99m	N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D		
B5	Tc-99m	N/D			N/D		
	I-123	10,329.4	563.0	351.7	N/D		
	I-131	N/D			N/D		
B6	Tc-99m	N/D			N/D		
	I-131	4.6	3.3	5.1	12.5	2.4	3.4
B7	Tc-99m	N/D			N/D		
	I-131	465.6	16.4	6.7	254.6	11.7	5.9
B8	Tl-201	N/D			N/D		
	I-123	N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D		
B9	Tc-99m	N/D			N/D		
	I-131	24.3	4.3	4.5	20.7	4.2	4.9
	Tc-99m	N/D			N/D		
B10	I-123	169,594.5	2154	796.1	N/D		
	I-131	N/D			N/D		

Table 1. 계속

C 병원

ID	검출핵종	1회차			2회차			3회차		
		Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA
C1	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	7.1	2.4	3.7	57.3	5.7	5.1	1.9	1.3	2.0
C2	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
C3	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			2.0	2.0	3.2	N/D		
C4	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			1.6	2.1	3.4	N/D		
C5	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	27.1	1.3	1.3	14.0	3.2	3.9	10.3	2.0	2.5

ID	검출핵종	4회차			5회차			6회차		
		Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA	Bq/kg	σ	MDA
C1	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	15.6	4.2	5.5	24.4	4.4	5.2	27.1	1.6	1.6
C2	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D			N/D		
C3	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	N/D			N/D			10.5	3.0	3.6
C4	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	1.5	1.0	1.6	N/D			1.2	1.7	2.8
C5	Tc-99m	N/D			N/D			N/D		
	I-131	12.8	2.5	3.6	10.0	1.9	2.8	8.5	3.4	4.7

시료량 : 100 ~ 200 mL (spot sample).

시료계측시간 : 5000 sec 이상 (HPGe).

때문에 피폭량이 비정상적으로 높게 나타났다. B 병원에서 ^{131}I 섭취로 인한 선량이 최고를 기록한 작업자는 ^{131}I 을 분배하는 작업자로, 평가된 선량은 4.74 mSv에 달하였다. 선량평가 결과가 특이하게 높게 나타난 이유는 ^{131}I 자체의 선량계수가 높은 것 외에도 선원 분배작업과 아울러 핫셀의 보수 작업을 동일한 작업자가 병행하였기 때문인 것으로 추정된다.

C 병원의 ^{131}I 은 대부분 캡슐(Capsule) 형태로 반입, 사용되며 일부가 용액(solution) 형태로 공급되었다. C 병원의 경우 개봉 선원 분배작업을 여러 종사자들이 교대로 실시하고 있어 선량이 특이하게 높게 평가된 종사자는 없는 것으로 추정된다.

본 연구에서는 소변시료를 순간 시료(spot sample) 형태로 채취 하였으나 24시간 시료를 채취하여 측정해 볼 필요가 있으며 순간 시료와 24시간 시료의 관계 설정 및 오차를 도출한 후 순간 시료로부터 24시간 대표 시료량을 추정하는 것이 어느 정도 적절한 지에 대한 고찰도 필요할 것으로 판단된다. 또한 전신계수기, 갑상선측정기 등을 이용하는 직접측정법과 간접법에 의해 도출된 결과를 비교해 보는 것도 의미가 있을 것이다. 아울러 해당 병원의 공기 중 농도 자료와 선량평가 결과를 비교하여 공기 중

농도 자료와 선량평가와의 상관관계를 도출해 볼 필요가 있을 것으로 판단된다. 더 나아가 실내 환기의 정도를 고려한 계절적 요인에 따른 섭취량 산정을 위해 1년간의 소변시료 채취 및 분석이 이루어진다면 보다 더 정확하고 신뢰할 수 있는 선량평가가 가능할 것으로 판단된다.

결론

조사에 참여한 대부분의 핵의학과 종사자의 예약유효선량은 교육과학기술부고시 제 2008-51호 “내부피폭 방사선량의 측정 및 산출에 관한 규정” 제 4조(측정대상)에서 제시한 2mSv^{a} 보다 낮게 나타났다. 이러한 결과에 근거하여 볼 때 대부분의 핵의학과 종사자들은 방사성핵종에 의한 체내오염 정기감시를 실시할 필요가 없으며 그에 따른 피폭으로 인한 건강상의 영향도 우려할 수준이 아닌 것으로 판단된다. 하지만 특별한 경우나 상황에서 과피폭 가능성을 완전히 배제할 수는 없으므로 병원내에서의 개봉된 방사성동위원소의 취급은 안전규정을 철저히 준수하도록 하고 분배는 한 사람에게 집중되지 않도록 할 필

Table 2. Committed Effective Dose Assessment Results with Korean Nuclear Medicine Worker'Urine Measurement (^{99m}Tc, ¹²³I, ¹³¹I) (mSv)

소속	번호	ID	Tc-99m 선량평가 결과 (mSv/yr)	I-123 선량평가 결과 (mSv/yr)	I-131 선량평가 결과 (mSv/yr)	합계 (mSv/yr)	비 고
A 병원	1	A1	0.0	0.0	4.77E-02	4.77E-02	
	2	A2	6.57E-03	1.44E-02	5.20E-01	5.41E-01	
	3	A3	2.54E-01	0.0	3.90E-02	2.93E-01	
	4	A4	1.11E-02	0.0	4.13E-02	5.24E-02	
	5	A5	1.34E-02	0.0	8.19E-02	9.53E-02	
	6	A6	6.42E-01	0.0	1.49E-01	7.91E-01	
	7	A7	2.26E-01	2.81E-03	2.13E-01	4.42E-01	
	8	A8	3.05E+00	0.0	6.69E-02	3.12E+00	
	9	A9	1.80E-02	0.0	7.72E-02	9.52E-02	
	10	A10	1.63E-02	0.0	1.20E-01	1.36E-01	
B 병원	11	B1	0.0	4.55E-03	0.0	4.55E-03	
	12	B2	0.0	0.0	5.94E-02	5.94E-02	
	13	B3	0.0	2.73E-03	5.72E-02	5.99E-02	
	14	B4	0.0	0.0	0.0	0.0	
	15	B5	0.0	1.32E-01	0.0	1.32E-01	
	16	B6	0.0	0.0	1.12E-01	1.12E-01	
	17	B7	0.0	0.0	4.74E+00	4.74E+00	
	18	B8	0.0	7.99E-02	0.0	7.99E-02	
	19	B9	0.0	0.0	2.98E-02	2.98E-02	
	20	B10	0.0	3.48E+00	7.03E-02	3.55E+00	
C 병원	21	C1	0.0	0.0	1.55E-01	1.55E-01	
	22	C2	0.0	0.0	0.0	0.0	
	23	C3	0.0	0.0	6.47E-02	6.47E-02	
	24	C4	0.0	0.0	2.52E-02	2.52E-02	
	25	C5	0.0	0.0	2.07E-01	2.07E-01	

- 평균 : 5.93E-01 mSv.
- 표준편차 : 1.25E+00 mSv.

요가 있으며 환기시설을 개선하고 여러 종류의 개봉 선원을 한 곳에 저장하여 해당 선원을 취급할 필요가 없는 종사자까지도 피폭이 발생되지 않도록 할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 핫셀 등의 보수 작업에는 작업 전·후의 안전조치를 충분히 하는 등 내부피폭 저감을 위한 노력과 적극적인 방호원칙의 준수가 필요하다. 이와 더불어 주기적인 작업환경 측정이나 공기 중 방사성핵종 농도의 감시는 가능한 한 자주 실시하여 내부오염을 예방하거나 가능성을 줄이는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

요 약

본 논문에서는 국내 의료기관 종사자 중 핵의학과 종사자 일부를 선정하여 방사성동위원소에 의한 체내오염 여부와 정도를 정량적으로 측정 후 그 결과에 근거하여 선량을 평가하였다. 선량평가를 위해 서울시내에 소재하는 대형병원 3곳의 핵의학과 종사자 25명을 측정 대상으로 선정 후 각 개인의

소변시료를 채취하여 측정하였다. 시료는 주 1회 채취하였으며 종사자에 따라 6~10회에 걸쳐 각 회당 100~200 mL 정도의 양을 채취한 후 고순도계르마늄반도체검출기를 사용하여 시료를 측정하였다. 측정된 결과에 근거하여 방사성동위원소의 섭취량을 평가하였고 예탁유효선량을 평가하는 도구로 IMBA 전산프로그램을 사용하였다. IMBA 프로그램으로 평가가 불가능한 반감기가 매우 짧은 ^{99m}Tc, ¹²³I 등과 같은 핵종에 의한 선량은 국제 원자력기구에서 권고하는 방법을 적용하여 선량을 평가하였다.

채취한 소변시료를 대상으로 방사성핵종을 계측, 분석한 결과 ^{99m}Tc, ¹²³I, ¹³¹I, ²⁰¹Tl 핵종 등이 검출되었고 양전자방출단층촬영에 사용되는 ¹⁸F 핵종도 검출되었다. 계측된 결과로부터 평가된 예탁유효선량은 0~5 mSv의 분포를 보였으나 대부분 1 mSv 미만으로 나타났다. 1 mSv를 초과한 종사자는 모두 3명으로 이들 모두는 선원의 분배와 취급에 직접적으로 참여한 종사자들이었고 간호사의 경우 1 mSv를 초과한 사람이 한 사람도 발생하지 않았다. 그러나 보다 정확하고 상세한 결과를 도출하기 위해서는 계절적 요인을 구분하기 위한 장기적인 연



Fig. 1. Gamma Spectroscopy of Korean Nuclear Medicine Worker's Urine: Iodine (^{123}I , ^{131}I) Peak.

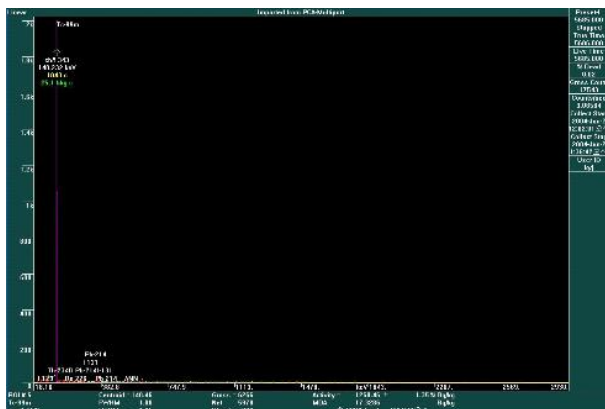


Fig. 2. Gamma Spectroscopy of Korean Nuclear Medicine Worker's Urine: Technetium ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) Peak.



Fig. 3. Gamma Spectroscopy of Korean Nuclear Medicine Worker's Urine: Annihilation (^{18}F) Peak.

구가 필요하며 측정대상자의 수를 확대할 필요가 있을 것으로 판단된다. 현재로서는 대부분의 핵의학과 종사자들은 방사성 핵종에 의한 체내오염 정기 감시를 실시할 필요가 없을 것으로 여겨지며 그에 따른 방사선학적인 건강상의 영향도 우려할 필요가 없는 것으로 판단되지만 불필요한 소량의 피폭이라도 줄이기 위해서는 주기적으로 작업환경을 측정하거나 공기 중 방사성핵종 농도 감시를 가능한 한 자주 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. ICRP Publication 78, Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers: Replacement of ICRP Publication 54, Annals of the ICRP Vol. 27 No. 3-4 4-5 (1998).
2. ICRP Publication 68, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers-Replacement of ICRP Publication 61, Annals of the ICRP Vol. 24 No. 4 45-46 (1995).
3. www.ideas-workshop.de, The IDEAS General Guidelines for the Estimation of Committed dose from Incorporation monitoring data, IAEA (2005).
4. IAEA Safety Report Series No. 37, Methods for Assessing Occupational Radiation Doses due to Intakes of Radionuclides, 94-96 (2004).
5. 교육과학기술부 고시 제 2008-51호 “내부피폭방사선량의 측정 및 산출에 관한 규정” 제 4조(측정대상) (2008).