

<원저>

방사성동위원소 사용시설(내/외) 화장실의 외부선량률

- Dose Rate of Restroom in Facilities using Radioisotope -

인하대병원 핵의학과 · ¹⁾가천대학교 방사선학과

조용귀 · 안성민¹⁾

— 국문초록 —

방사성동위원소 사용시설 내/외 화장실 표면 방사선량률과 공간 방사선량률을 측정하여 화장실을 이용하는 환자 이외 방사선작업종사자 및 환자보호자 등의 안전성을 확보하고 방사선 방어 연구에 대한 기초 자료로 제시하고자 한다.

2014년 5월 1일부터 7월 31일까지 인천광역시 소재 종합병원 방사성동위원소 사용시설 내/외 화장실 4곳의 공간 방사선량률과 작업 전/후 표면 방사선량률을 각각 측정하였다.

의료기관별 방사성동위원소 사용시설 내 화장실 이용 실태조사 결과 환자뿐만 아니라 환자 보호자, 일부 방사선 작업종사자까지 다양하게 이용하고 있었다. 화장실 내 공간 방사선량률 측정 결과 핵의학적 검사 중 감마촬영실을 이용하는 화장실의 누적 공간선량률은 8.86 mSv/hr으로 가장 높게 측정되었고, 방사성옥소 치료실 화장실은 7.31 mSv/hr, PET촬영실 화장실 2.29 mSv/hr, 외래 진료과 화장실 0.26 mSv/hr으로 각각 측정되었다. 방사성동위원소 작업 전/후 화장실 내 표면 방사선량률을 측정한 결과 대부분 환자 배설물이 직접 닿는 변기 앞에서 표면 방사선량률이 가장 높게 측정되었고, 화장실 내 중앙, 입구 순으로 측정되었다.

개방선원은 물리적 반감기가 짧고 에너지가 낮아 비교적 안전하여 방사선 관리구역에서 안전하게 사용되고 있다. 그러나 저에너지이며 짧은 반감기의 방사선원이라 하더라도 환자에게 투여되면 그 이후 환자는 움직이는 방사선원이 되며 환자가 이용하는 장소는 배설물에 의한 방사선 오염 장소가 된다. 따라서 효과적으로 유효선량을 최소화하고 불필요한 피폭선량을 줄이기 위해 방사성동위원소 투여 후 충분한 수분 섭취를 독려하여 생물학적 반감기를 낮추고, 물리적 반감기가 허용 선량이하로 될 때까지 주변인은 환자로부터 가급적 멀리 떨어져 생활하도록 권고되어야 한다.

중심 단어: 공간 방사선량률, 표면 방사선량률

1. 서 론

일반적으로 물질을 구성하는 기본입자인 원자는 안정한 것과 불안정한 것으로 구분되는데 이때, 불안정한 원자의 경우 안정적으로 변하기 위해 스스로 붕괴하여 몇 가지 입자나 전자기파를 방출하게 되는데, 이를 모두 방사선(放射線)이라 한다.

현재까지 지구상에 알려진 방사성 물질은 약 1,700여 종이 있으며, 이중 방사선이 물질과 반응해 전리(이온)를 일으키는 전리방사선과 전리를 일으키지 않는 비 전리 방사선이 있다¹⁾. 전리방사선의 종류에는 X선과 감마선, 알파선, 베타선, 그리고 핵분열 과정에서 방출되는 중성자선 등이 있다. 이처럼 방사선이 발생하는 근원에 따라 라돈이나 우라늄 등의 붕괴에 의한 자연 방사선과 필요에 의해 인위적으로

만들어 내는 인공 방사선으로 구분되어진다. 인공방사선은 식품이나 농업, 산업분야에서 품종개량에 활용되거나 식품에 생기는 세균을 살균하여 오래 보존할 수 있도록 해주고, 기계 부품의 균열을 찾는 데 중요한 역할을 담당하고 있다. 또한 의료 현장에서 임상연구와 치료, 각종 암은 물론 심장 질환, 골절 등의 진단에 방사선이 이용되어 헤아릴 수 없을 정도의 많은 사람의 생명을 위해 사용되고 있다.

오늘날 방사선이 이처럼 인간에게 유익한 정보를 제공하지만 필요 이상의 노출과 안전관리의 미흡함은 우리사회에 크나큰 위협을 줄 수 있다. 특히 전리방사선의 경우 인체의 세포에 닿아 통과하면 세포 안에 있는 단백질이나 핵산과 같은 물질에 전리작용을 일으키게 되는데, 이때 방사선의 양이 크고 전리작용이 많으면 세포의 증식과 생존에 필수적인 DNA의 화학적 변성으로 인체에 유해한 영향을 미치게 된다.

방사선에 의한 인체에 미치는 영향은 방사선에 노출된 사람마다, 장기마다 생물학적 차이가 있어 의학적 이익이 방사선 노출로 발생할 수 있는 위험보다 많다는 충분한 정당성이 확보되어야 할 것이다²⁾.

최근 핵의학은 첨단의료영상과 과학의 발달로 다양한 방사성동위원소를 이용하여 특정 장기의 생리적, 기능적 변화를 나타내는 분자영상의학의 한 분야로 자리 잡고 있다³⁾. 이러한 핵의학 영상검사는 방사성동위원소를 환자의 체내에 투여하여 일정시간 경과 후 촬영을 시작하기 때문에 촬영이 종료될 때까지 환자뿐만 아닌 보호자들 모두 방사선 관리구역 내/외에서 기다리게 된다.

따라서 환자는 투여한 방사성동위원소의 물리적, 생물학적 특성에 의해 완전히 소멸될 때까지 움직이는 방사선원이기 때문에 철저한 관리가 요구 된다⁴⁾. 방사성동위원소를 이용하여 진단과 치료를 수행하는 방사선 사용시설의 작업환경이 방사선에 상시 노출될 수 있어 방사선작업종사자 뿐만 아니라 수시출입자, 일반인 등 의료피폭에 대한 저감 대책을 포함한 방사선 방어에 대한 안전관리의 체계적인 구축이 필요하다.

국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection ;ICRP)는 1991년 권고한 ICRP Publication 60에서 방사선을 의학적으로 이용하는 방사선원은 환자의 이득을 가능한 많이 하고, 방사선 피폭으로 인한 결정적 영향을 방지하며, 확률적 영향을 줄이기 위한 ALARA(As Low As reasonably Achievable) 원리에 근거하여 방사선 방어의 기준을 제시하였다(ICRP Publication 60 Ann,1991).

또한 2008년에는 ICRP Publication 103를 개정하여 등

가선량과 유효선량에서 방사선하중계수(radiation weighting factor)와 조직가중계수(tissue weighting factor)를 보완하여 방사선 피폭에서 정당성의 원리와 방어의 최적화에 대한 새로운 방사선 방어체계를 구축하였다⁵⁾.

우리나라의 경우 원자력안전법에 의한 방사선 사용시설 내의 방사선물질 사용, 분배, 저장시설과 방사성폐기물 처리, 피폭선량관리 등의 안전관리규제를 하고 있다.

특히 이 법안에서 의료분야의 방사선안전관리에 관한 기술기준에 의하면 의료 목적으로 환자에게 방사성동위원소를 처방할 경우 투여 받은 환자로 인해 다른 개인의 방사선 피폭량이 5 mSv(우리나라 국민이 연간 받는 자연방사선량 3 mSv)이하 일 때 방사성동위원소를 투여한 환자들이 밖으로 다니는 것이 허용된다^{6,7)}.

그러나 진단 및 치료를 목적으로 방사성동위원소 투여 받은 사람은 사용하는 방사성동위원소 종류의 물리적인 특성(반감기)과 생물학적 특성에 따라 환자 몸에서 완전히 소멸되는 시점이 다르고, 방사선원의 에너지와 투여 용량에 따라 피폭선량이 달라진다.

방사성동위원소를 투여 후 환자의 배후방사능비와 방광의 피폭선량을 경감시키기 위해 충분한 수분 섭취를 유도하고 있는 가운데 방사선 사용시설 내/외 화장실을 환자뿐만 아니라 작업종사자, 환자보호자 등이 모두 이용하고 있어 환자배설물에 의한 방사선 피폭으로부터 안전성 확보가 시급하다.

따라서 본 연구의 목적은 의료현장에서 방사선 사용량이 증가하고 있는 가운데 만족할 만한 안전관리가 이루어지지 않고 있어 방사성동위원소 사용시설 내/외 화장실의 표면 방사선량률과 공간 방사선량률을 측정하여 화장실을 이용하는 방사선 작업종사자 및 환자보호자 등의 안전성을 확보하고 방사선 방어 연구에 대한 기초 자료로 제시하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

2014년 5월 1일부터 7월 31일까지 인천광역시 소재1개의 종합병원 방사성동위원소 사용시설 내/외 화장실 4곳(방사성옥소 치료실, PET촬영실, 감마촬영실, 외래 진료과)의 공간 방사선량률과 작업 전/후 표면 방사선량률을 각각 측정하였다.

2. 연구방법

1) 설문조사

개봉선원을 취급하는 인천광역시 소재 4개 의료기관의 방사성동위원소 사용시설 내 화장실을 이용하는 대상 80명(작업종사자 20명, 환자보호자 20명, 환자 40명)에게 설문조사하였고, 환자의 경우 핵의학 영상검사를 위해 방사성동위원소 투여 후 촬영이 종료될 때까지 화장실 이용횟수, 핵의학과 내 체류시간을 설문조사하여 이용도를 알아보았다(Table 1).

2) 선량계(Survey meter)

방사성물질 등을 이용하는 의료기관은 방사선 피폭을 수반하는 행위를 함에 있어 방사선원으로부터 작업종사자와 주변 사람의 안전을 확보하기 위해 방사선안전관리가 반드시 필요하다. 따라서 방사성동위원소 사용시설 내/외 화장

실의 방사선량률을 측정하기 위해 다음과 같은 선량계를 사용하였다(Table 2).

3) 방사선량률 측정방법

(1) 표면 방사선량률 측정

화장실의 표면 방사선량률 측정은 방사성동위원소 사용 전/후 표면 선량측정용 서베이미터인 CONTAMAT를 이용하여 화장실 내 3개의 구역(A구역 또는 C구역, 화장실내 중앙 B구역, 입구 D구역)과 배후방사능 측정을 위해 출입문 옆 1 m거리에서 각각 측정하였다. 정확한 측정을 위해 표면으로부터 10 cm 높이에서 안정화를 위해 1분 동안 측정하였다(Fig. 1).

(2) 공간 방사선량률 측정


방사성동위원소 사용시설 내 화장실은 환자들의 배설물에 의한 공간선량이 항상 존재하기 때문에 환자 외 작업종

Table 1 Question investigation

설문 방법	대 상	설 문 내 용	의 료 기 관			
			A	B	C	D
설문조사(80명)	환 자	방사선관리구역내 화장실 이용도				
	종사자					
	보호자					
수기조사(40명)	환 자	일일평균 이용횟수				
		핵의학과 체류시간				
		일일평균 환자 수				

화장실 사용빈도; 항시사용(●), 가끔사용(▲), 전혀사용안함(◇)

Table 2 Radiation Survey meter

측정 용도		표면 방사선량 측정	공간 방사선량 측정(환경용)
모 델		 Portable Contamination Monitor CONTAMAT	 OSLD
제 원	측정가능 방사선	$\beta+\nu$ ray, α -ray	ν -ray, X-ray, β -ray
	측정 범위	0 ~ 19999 cps	10 μ Sv ~ 10 Sv
	사용 전원	건전지 충전시스템 7.5 v	
	에너지 검출	1~19999 cps at $\sigma_r \leq 20$ %	5 KeV ~ 20 MeV
	허용 온도	-10 ~ +50 $^{\circ}$ C	
	검교정일	2013. 11. 27	

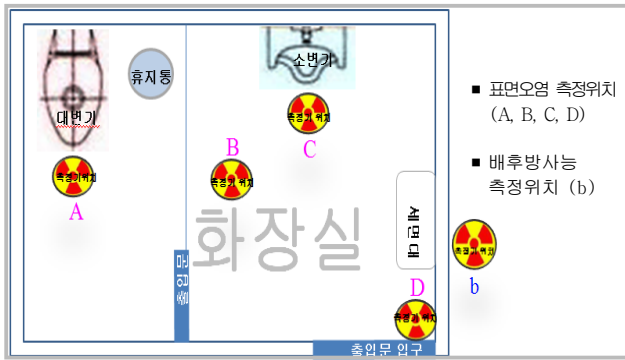


Fig. 1 Surface contamination measurement (distance from measurement target to surveymeter = 10 cm)

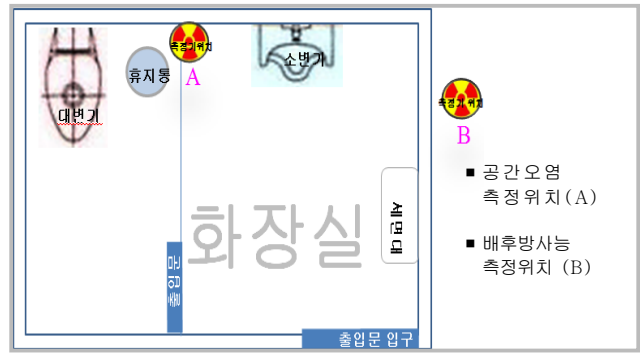


Fig. 2 Spatial contamination measurement

Table 3 microStar Dosimetry specifications

Operation	Al ₂ O ₃ with OSD is linear from 10 μGy to >100 Gy
Speed	Readout in 13 sec
Capacity	1 slide(1 dosimeter)
Energy dependence	Within ±10% over diagnostic energy range; 5KeV~20MeV
LED array	36
Power requirements	110~220V, 1.5 amps, 50~60Hz
Bar code input	Keyboard; external bar code reader; file upload

사자나 환자보호자 등의 피폭을 증가시킬 우려가 있는 곳이다. 따라서 사용시설 내 화장실 3곳과 사용시설 외 1곳을 선정하여 3개월 동안 누적된 공간 방사선량을 표면으로부터 1 m 높이에서 측정하였고, 방사능에 영향을 주지 않는 1곳을 선정하여 배후방사능을 측정하였다(Fig. 2).

3. 분석방법

1) 표면 방사선량률 분석

작업 전/후 화장실 내 표면 방사선량률 측정은 측정기의 유효면적과 교정인자 등을 고려하여 다음과 같은 식을 이용 분석하였다.

$$\begin{aligned} & \text{표면방사선량률(Bq/cm}^2\text{)} \\ & = (\text{실측정값(cpm)} \times \text{교정인자/선원효율}) / \text{측정기 유효면적(cm}^2\text{)} \\ & \quad \text{실측정값} = \text{총계수율} - \text{배후방사능} \\ & \quad \text{교정인자} = 2.94 \\ & \quad \text{선원효율} = 0.5 \\ & \quad \text{측정기유효면적} = 100 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) 공간 방사선량률 분석

공간 방사선량률 측정에 사용된 핵종 분석기(기기명: microStar Dosimetry Reader USA)는 휴대형으로 에너지 5 keV~20 meV 범위까지 측정이 가능하며 측정 시 aluminum oxide(Al₂O₃) detectors가 사용되었다(Table 3).

3) 통계분석

본 연구에서 수집된 자료는 통계프로그램 SPSS ver 19.0를 이용하여 일반적인 특성(화장실 이용 대상자와 횟수)은 빈도와 백분율, 방사성동위원소 사용시설 내/외 4곳의 화장실 내 공간 방사선량률과 표면 방사선량률은 독립표본 t검정과 일원배치분산분석(One-Way ANOVA)으로 분석하였다.

III. 결 론

1. 의료기관별 화장실 사용 실태조사

방사성동위원소 사용시설 내 화장실 이용 실태조사 결과

환자뿐만 아니라 환자 보호자, 일부 방사선작업종사자까지 다양하게 이용하고 있었으며 외래환자의 경우 방사성동위원소 투여 후 화장실 이용횟수는 1~4회, 방사성옥소 치료실은 4~7회, 체류시간은 외래환자의 경우 20분~2시간, 방사성옥소 치료실 환자는 72시간이었다(Table 4).

2. 화장실 내 공간 방사선량을 측정 결과

화장실 내 공간 방사선량을 측정 결과 핵의학적 검사 중 감마촬영실(사용동위원소; ^{99m}Tc, ²⁰¹Tl, ⁶⁷Ga, ¹³¹I, ¹²³I 등)을 이용하는 화장실의 공간 방사선량률은 8.86 mSv/hr으로 가장 높게 측정되었고, 방사성옥소 치료실(사용동위원소; ¹³¹I 3700 MBq) 화장실은 7.31 mSv/hr, PET촬영실(사용동위원소; ¹⁸F 4.07 MBq/kg) 화장실 2.29 mSv/hr, 외래 진료과 화장실 0.26 mSv/hr으로 각각 측정되었다(Table 5).

3. 작업 전/후 화장실 내 표면 방사선량을 측정 결과

방사성동위원소 작업 전/후 화장실 내 표면 방사선량을 측정은 구역별 각각 50회 측정하여 대부분 환자 배설물이 직접 닿는 변기 앞에서 표면 방사선량률이 가장 높게 측정되었고, 화장실 중앙, 입구 순으로 측정되었다(Table 6).

방사성동위원소 사용시설 내/외 화장실별 평균 표면 방사선량률은 사용하는 방사성동위원소의 용량이 가장 많은 방사성옥소 치료실 내 화장실이 작업 전 10.68±13.55 Bq/cm² 작업 후 12.80±15.53 Bq/cm²으로 가장 높게 측정되었으며, 방사성동위원소 사용시설 외 외래 진료과에 위치한 화장실은 작업 전 0.03±0.07 Bq/cm² 작업 후 0.35±0.39 Bq/cm²으로 낮게 측정되었다. 또한 각각의 화장실별 평균 표면 방사선량률은 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 그 중 작업 전 외래 진료과, PET촬영실, 감마촬영실 화장실은 평균의 차이가 비교적 낮았고, 방사성옥소 치료실 화장실에서 평균적 차이가 높았으며, 작업 후 외래진료과, PET촬영실 화장실은 평균의 차이가 비교적 낮았고,

Table 4 Using restroom per medical institutions

구 분	대 상	사용 빈도	의 료 기 관			
			A	B	C	D
화장실 사용자	환 자 (40명)	●	10	10	10	10
		▲				
		◇				
	종사자 (20명)	●				
		▲	5	4		3
		◇		1	5	2
	보호자 (20명)	●	5			4
		▲			4	1
		◇		5	1	
일일평균 이용횟수	환 자		1~4 회 (방사성옥소 치료실; 4~7회)			
핵의학과 체류시간			20분 ~ 2 시간 (치료병실; 72시간)			
일일평균 환자 수			평균 53 명 (치료병실; 16명/월)			

* 화장실 사용빈도: 항시사용(●), 가끔사용(▲), 전혀사용안함(◇)

Table 5 Measurement of space does rate in rest rooms

(unit: mSv/hr)

Location (rest rooms)	OSLD No.	Background		Measurement		Results	
		Ambient	Directional	Ambient	Directional	Ambient	Directional
PET 촬영실	38654O	0.15	0.18	2.44	2.66	2.29	2.48
일반 촬영실	39029O	0.15	0.15	9.01	9.21	8.86	9.06
방사성 옥소치료실	38788B	0.15	0.15	7.46	7.49	7.31	7.34
외래 진료과	38816K	0.14	0.14	0.4	0.43	0.26	0.29

Table 6 Measurement of surface does rate in spot of rest rooms(unit: Bq/cm²) (N=50회)

Location (rest room)	Work	Spot	minimum	maximum	mean	p-value
PET 촬영실	Before	변기앞	0.00	1.28	0.14	0.001
		중 앙	0.00	0.53	0.02	
		입 구	0.00	0.00	0.00	
	After	변기앞	0.12	18.12	4.30	
		중 앙	0.00	6.29	0.68	
		입 구	0.00	1.87	0.09	
감마 촬영실	Before	변기앞	0.06	14.20	4.27	0.001
		중 앙	0.00	9.20	1.58	
		입 구	0.00	3.90	0.41	
	After	변기앞	0.49	64.30	15.34	
		중 앙	0.00	22.10	4.26	
		입 구	0.00	5.92	0.77	
방사성옥소 치료실	Before	변기앞	15.49	36.50	29.37	0.001
		중 앙	0.95	11.20	2.58	
		입 구	0.00	1.96	0.08	
	After	변기앞	19.10	73.60	33.49	
		중 앙	1.30	14.50	4.67	
		입 구	0.00	1.55	0.25	
외래 진료과	Before	변기앞	0.00	0.41	0.07	0.001
		중 앙	0.00	0.11	0.01	
		입 구	0.00	0.01	0.00	
	After	변기앞	0.05	1.32	0.75	
		중 앙	0.00	0.97	0.28	
		입 구	0.00	0.31	0.02	

Table 7 Measurement of surface does rate in each rest room (unit: Bq/cm²)

Location (rest room)	PET촬영실	감마촬영실	방사성옥소 치료실	외래 진료과	F	p-value
Work Before	mean ± SD ^a	mean ± SD ^a	mean ± SD ^b	mean ± SD ^a	80.02	0.001
	0.05 ± 0.19	2.09 ± 2.98	10.68 ± 13.55	0.03 ± 0.07		
Work After	mean ± SD ^a	mean ± SD ^b	mean ± SD ^c	mean ± SD ^a	54.05	0.001
	1.69 ± 2.91	6.82 ± 10.27	12.80 ± 15.53	0.35 ± 0.39		

a, b, c : post hoc test

감마촬영실, 방사성옥소 치료실 내 화장실 순으로 평균의 차이가 높았다(Table 7).

IV. 고 찰

방사선은 1895년 렌트젠이 X선을 발견한 이래 다양한 분

야(농업, 산업, 의학)에서 그 사용이 증가함에 따라 현대 의료 환경에서도 방사선의 사용은 진단과 치료를 위한 필수가 되었다.

오늘날 최첨단 의료기기(PET/CT, PET/MRI, SPECT/CT 등)의 도입과 핵의학 분자영상의 발달로 인체 생화학적 추적자로 이용되는 방사성동위원소는 방사성표지화합물이 다양한 형태로 개발됨에 따라 동위원소 이용이 급격히 증가되

는 추세이다.

방사성동위원소 생산은 주로 원자력발전소, 연구용원자로, 가속기 등에서 생산되고 있다.

우리나라인 경우 1962년 3월 100 kW급 연구용 원자로 TRIGA Mark II의 가동을 시작으로 현재 30 MW급 중형 원자로 건설로 연구용뿐만 아니라 의료용으로도 생산되고 있으며 그 외 전 세계적으로 수입하여 공급받고 있다⁸⁾.

이처럼 다양한 형태의 방사성동위원소 개발로 핵의학적 영상검사와 방사성치료에 사용된 방사성동위원소는 환자 몸에서 고유의 물리적, 생물학적 특성에 의해 완전히 소멸될 때까지 환자본인 뿐만 아니라 방사선작업종사자, 환자 보호자 등 주변인에게 위협을 줄 수 있다.

따라서 핵의학적 영상검사를 위한 방사성동위원소 투여 후 환자와 주변인의 방사선으로부터 피폭을 줄이기 위해 충분한 수분섭취를 권고하고 있다. 이귀원⁹⁾은 고용량 방사성옥소 투여한 환자가 주변인과 접촉하는 시점에서 환자로부터 방출되는 선량률을 낮추기 위해서 입원치료 중 충분한 수분 섭취와 수액(normal saline)을 병행하여 선량률을 저감하도록 제시하였고, 장보석¹⁰⁾은 고용량 방사성옥소 치료 환자와 PET/CT 촬영을 위해 ¹⁸F FDG를 투여한 환자에게 각각의 수분 섭취(옥소 치료환자; 수분섭취 2리터, PET/CT; 0.9리터)를 하고 6시간과 60분에 환자로부터 공간 방사선량률을 측정하고 결과 54%, 43%의 피폭선량률을 경감시킬 수 있었다는 연구 결과를 발표했다.

그러나 핵의학적 영상검사 및 치료에 투여한 방사성동위원소는 환자의 몸속에 일부 섭취되고 나머지는 비노기계를 통해 소변으로 배설하게 되는데 이때 환자가 이용하는 화장실은 환자의 배설물에 의한 방사선 오염 장소가 된다.

대부분의 의료기관에서 화장실을 이용하는 대상이 환자 전용인지 아니면 작업종사 및 환자보호자 전용인지 구분이 명확하지 않아 불필요하게 방사선원으로부터 피폭되는 원인이 되고 있다.

본 연구에서 방사성동위원소 사용시설 내 화장실 이용 실태 조사를 시행한 결과 일부 의료기관에서 환자 이외 보호자 및 일부 방사선작업종사 등이 이용하고 있었고, 환자 이외 화장실 이용 제한 문구가 없어 방사선 방에 대한 안전의식이 부족하였다. 또한 방사성동위원소 사용시설 내 체류 시간도 방사성동위원소 투여 후 약 20분에서 2시간(치료실; 72시간) 정도로 비교적 다른 검사들에 비하여 길었으며 환자의 화장실 이용횟수도 1회에서 4회(치료실; 4회에서 7회)로 매우 다양하였다.

화장실 내 공간 방사선량률 측정에서 다양한 종류의 방사성동위원소(^{99m}Tc, ²⁰¹Tl, ⁶⁷Ga, ¹³¹I, ¹²³I 등)와 사용량이 많

은 감마촬영실 화장실의 누적 공간 방사선량률이 8.86 mSv/hr으로 가장 높게 측정되었고, 방사성옥소 치료실(¹³¹I 3700 MBq) 화장실이 7.31 mSv/hr, PET촬영(¹⁸F 4.07 MBq/kg) 화장실 2.29 mSv/hr, 외래 진료과 화장실 0.26 mSv/hr으로 각각 측정되어 외래 진료과를 제외한 다른 곳에서 자연방사선 3.0 mSv/y(연간 공간 방사선량률 추산 시)보다 높게 측정되어 화장실 출입하는데 환자 이외의 모든 사람들을 위한 방사선안전관리가 필요할 것으로 사료된다.

곽병준¹¹⁾은 PET/CT scanner 가동 중의 환자 주변 선량률은 평균 2.49 mSv/hr로 측정하였고, 작업종사자 및 환자 보호자가 받는 공간 방사선량률을 연간(240일 근무) 누적선량으로 환산 시 작업종사자는 81.56 mSv/hr, 환자 보호자는 22.4 mSv/hr를 받아 방사선 방에 대한 필요성과 의료기관의 대책이 필요하다 하였고 이것은 본 연구 결과와 일맥상통한 것이다.

저자의 연구결과에서 화장실별 평균 표면 방사선량률은 작업 전 외래진료과 0.03±0.07 Bq/cm², PET촬영실 0.05±0.19 Bq/cm², 감마촬영실 2.09±2.98 Bq/cm², 방사성옥소 치료실 10.68±13.55 Bq/cm²으로 측정되었고, 작업 후 외래진료과 0.35±0.39 Bq/cm², PET촬영실 1.69±2.91 Bq/cm², 감마촬영실 6.82±10.27 Bq/cm², 방사성옥소 치료실 12.80±15.53 Bq/cm²으로 각각 측정되었다. 화장실의 표면 방사선량률이 작업 전보다 작업 후 높아진 이유는 환자들의 배설물에 의한 화장실의 표면오염도가 높아진 것으로 사료되는바 방사성동위원소 사용시설 내 화장실은 반드시 환자들만 이용하도록 제도적 개선 마련이 시급하다.

특히 작업 후 일반촬영 화장실인 경우 국내 원자력안전법 고시 제2014-34호 방사선방호 등에 관한 기준 제5조 알파선을 방출하지 아니하는 방사성물질에 대하여 허용표면 방사선량인 4 Bq/cm²보다 높은 수치이고¹²⁾, 미국의 방사선관리구역 내 베타선 및 감마선 방출핵종의 표면오염관리 기준인 10⁻³ μCi/cm² 보다 높다¹³⁾.

원자력안전법 고시 제2014-12호에 따르면 방사선안전관리 등의 기술 기준에 의거 방사선관리구역(400 μSv/wk)으로부터 사람이 퇴거하거나 물품을 반출하는 경우에는 인체 및 의복, 신발 등 인체에 착용하고 있는 물품과 반출하는 물품(그 물품이 용기에 들어있거나 포장한 경우에는 그 용기 또는 포장)표면의 방사성물질의 오염도가 허용표면오염도의 10분의 1을 초과하지 아니하도록 해야 하고, 방사선 작업종사자외의 사람이 당해 구역에 출입하는 경우에는 방사선 작업종사자의 지시에 따르도록 엄격히 규제하고 있다. 그러나 방사성동위원소 등을 제한적 또는 일시적으로 사용하는

경우 일반인에 대한 선량은 연간 선량한도를 초과하지 아니하는 범위 내에서 주당 0.1 mSv 및 시간당 20 μ Sv까지 허용할 수 있다¹⁴⁾.

연구의 제한점으로 방사선관리구역 내 화장실의 표면 방사선량률과 공간 방사선량률을 측정하였으나, 화장실 이용에 따른 환자외 작업종사자 및 환자보호자의 개인별 피폭선량률을 측정하지 못하여 이들이 얼마만큼 방사선원으로 부터 노출 되었는가를 알 수 가 없었고, 환자 상태에 따른 화장실내 바닥의 환자 배설물에 대한 오염 유/무와 빈도가 측정되지 않았다. 또한 방사선관리구역 내/외 화장실의 외부방사선량률 측정이 본 병원에 한정되어 향후 다수의 의료기관에 대한 추후 연구가 필요하다.

이와 같이 개봉 방사선원 취급자는 원자력 안전법상 방사선관리구역 내 화장실 사용 제한에 관한 규정은 없으나 작업환경에서 환자로부터 방출되는 방사선원에 의한 공간방사선량률과 표면 방사선량률이 항상 존재하고 있기 때문에 방사선 피폭을 방지하기 위한 지속적인 노력과 사용시설을 출입하는 모든 사람들의 올바른 방사선안전관리가 반드시 이루어져야 할 것이다.

V. 결 론

국민보건 향상과 건강증진에 대한 관심이 높아짐에 따라 진단 및 치료용 방사성동위원소 이용이 점차 증가하고 있는 가운데 개봉 방사선원의 노출에 의한 위험성이 많아지고 있다.

의료 환경에서 질병의 진단 및 치료 목적으로 수반되는 의료상 피폭은 환자에게 이로움을 주는 것은 분명하지만, 필요 이하 또는 이상의 선량이 노출되면 원치 않는 유해한 결과를 얻을 수 있기 때문에 작업종사자는 방사선원 취급 시 세심한 주의가 필요하다.

현재 핵의학 분야에 사용되고 있는 개봉 방사선원은 물리적 반감기가 짧고 에너지가 낮아 비교적 안전하여 방사선관리구역 내에서 안전하게 사용되고 있다.

그러나 저에너지 짧은 반감기의 방사선원이라도 환자에게 투여되면 그 이후 환자는 움직이는 방사선원이 되며 환자가 이용하는 장소(촬영실, 안정실, 화장실 등)는 배설물에 의한 방사선 오염 장소가 된다.

저자의 연구 결과에서도 방사성동위원소 사용 후 방사선관리구역 내 표면 방사선량률이 외래화장실과 PET촬영실 화장실을 제외한 나머지 화장실에서 허용 표면 방사선량률인 4 Bq/cm²보다 높았고, 누적된 공간 방사선량률 또한 외래

화장실을 제외한 다른 화장실 모두 자연방사선 3.0 mSv/y (연간 공간 방사선량률 추산 시)보다 높게 측정되었다.

따라서 효과적인 유효선량비를 최소화하고 불필요한 피폭을 줄이기 위해 방사성동위원소 투여 후 충분한 수분 섭취를 독려하여 생물학적 반감기를 낮추고, 물리적 반감기가 허용 선량이하로 될 때까지 주변인(보호자, 임산부, 어린이 등)은 환자로부터 가급적 멀리 떨어져 생활하도록 권고해야 한다.

그리고 방사선 작업종사자는 방사선관리구역 전역의 화장실을 환자의 사용하지 않도록 엄격히 규제해야 하며, 환자로부터 방출되는 방사선량이 허용선량 이하가 될 때까지 일정시간 동안 머물 수 있는 공간 확보 등 올바른 방사선안전관리 문화를 조성해야 할 것이다.

REFERENCES

1. Korea Radioisotope Association, Radiological safety control and protector, 3-28, 2013
2. Lee GH : CT's justified and optimization of Guidelines, Korea Food & Drug Safety Evaluation, 7-10, 2012
3. Jeong JK, Lee MC : Nuclear Medicine of Chang Sun Ko, Korea Medicine Book publisher, 1-7, 2008
4. Cho SW, Park HH, Kim JY, et al : A Study to Decrease Exposure Dose for the Radiotechnologist in PET/CT, J Nucl Med Technology, 14(2), 159-165, 2010
5. Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103 Ann, ICRP, 137, 2-4, 2007
6. Nuclear Safety ACT : ACT on the Establishment and Operation of the Nuclear Safety and Security Commission, 11715, 2003
7. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides, Publication 94 Ann, ICRP, 2004
8. <https://hanaro.kaeri.re.kr>, 2014
9. Lee GW : Minimized Radiation Dose of Patients Receiving High Dose Radioiodine(I-131) Therapy, J Korean Radiological Science and Technology, 23(2), 63-67, 2007
10. Jang BS : The study of spatial and exposed dose rate from PET-scan patients with 18F and 131I, Busan National University of Graduate School, 1-51, 2012

11. Kwak BJ : A Study on the Measurement of the Spatial Dose Rates during PET-CT examination, Catholic University of Pusan Graduate School of Health Sciences, 14-25, 2009
12. Nuclear Safety ACT 1014-34 : Criteria for radioactive protection, 2014.
13. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Health physics surveys for byproduct materials at NRC-licensed processing and manufacturing plants, Regulatory Guide 8.21, Washington DC, 1979
14. Nuclear Safety ACT 1014-34 : Rules on technology standards for radioactive safety management, 2014

•Abstract

Dose Rate of Restroom in Facilities using Radioisotope

Yong-Gwi Cho · Seong-Min An¹⁾

Department of Nuclear Medicine, Inha University hospital

¹⁾*Department of Radiology, Gachon University*

This study is therefore aimed at measuring the surface dose rate and the spatial dose rate in and outside the radionuclide facility in order to ensure safety of the patients, radiation workers and family care-givers in their use of such equipment and to provide a basic framework for further research on radiation protection.

The study was conducted at 4 restrooms in and outside the radionuclide facility of a general hospital in Incheon between May 1 and July 31, 2014. During the study period, the spatial contamination dose rate and the surface contamination dose rate before and after radiation use were measured at the 4 places—thyroid therapy room, PET center, gamma camera room, and outpatient department.

According to the restroom use survey by hospitals, restrooms in the radionuclide facility were used not only by patients but also by family care-givers and some of radiation workers. The highest cumulative spatial radiation dose rate was 8.86 mSv/hr at camera room restroom, followed by 7.31 mSv/hr at radioactive iodine therapy room restroom, 2.29 mSv/hr at PET center restroom, and 0.26 mSv/hr at outpatient department restroom, respectively. The surface radiation dose rate measured before and after radiation use was the highest at toilets, which are in direct contact with patient's excretion, followed by the center and the entrance of restrooms.

Unsealed radioactive sources used in nuclear medicine are relatively safe due to short half lives and low energy. A patient who received those radioactive sources, however, may become a mobile radioactive source and contaminate areas the patient contacts—camera room, sedation room, and restroom—through secretion and excretion. Therefore, patients administered radionuclides should be advised to drink sufficient amounts of water to efficiently minimize radiation exposure to others by reducing the biological half-life, and members of the public—family care-givers, pregnant women, and children—be as far away from the patients until the dose remains below the permitted dose limit.

Key Words : Surface radiation dose rate, Space radiation dose rate