

Original Article

핵의학과 전용화장실에서 측정된 표면오염도 및 공간선량율에 대한 연구

가톨릭대학교 성빈센트병원 핵의학과, 가톨릭대학교 부천성모병원 핵의학과¹

문재승 · 정희일 · 정해성 · 신민용 · 김수근 · 박대성 · 김현기¹ · 김화산¹ · 이형남¹ · 안병필¹ · 이동호¹

A Study on the Surface Contamination Level and Spatial Dose Rate Measured from NM Patients-Only Bathroom

Jae Seung Moon, HYI Il Jeong, Hae Seong Jeong, Min Yong Sin, Su Geun Kim, Dae Seong Park, Hyun Ki Kim¹, Hwa San Kim¹, Hyung Nam Lee¹, Byeong Pil Ahn¹ and Dong Ho Lee¹

Department of Nuclear Medicine, St. Vincent's Hospital, Catholic University of Korea

¹Department of Nuclear Medicine, Bucheon St. Mary's Hospital, Catholic University of Korea

Purpose: Patients injected with FDG use the bathroom that Measured surface contamination level and spatial dose rate. This study about the effect that result affects workers in same part. **Materials and Methods:** Group1 is St. Vincent's hospital's 60case. Group 2 is Bucheon St.Mary's hospital's 50case. Last case is lower the average daily number of patients than group 2. Measured time is 8:00, 10:00, 13:00, 15:00 and 17:00. Measured part is 4 point of toilet, basin and wastepaper basket, also measured accumulation dose of toilet during 3 month. Hospitals is installed PET/CT ware surveyed on presence of bathroom that used only by patient and worker has been using the bathroom. **Results:** The highest average surface contamination level of toilet is group1(8.38±4.56), but the highest spatial dose rate is group3. Cumulative exposure dose measured by TLD during 3months is St.Vincent's hospital 0.78 mSv and Bucheon St.Mary's hospital 0.37 mSv. And result of survey is 16.12% worker using the bathroom. **Conclusions:** The more daily number of patient, the higher surface contamination level of bathroom. Especially, wastepaper basket's surface contamination level is exceed the reference value 4 Bq/cm². Based on This survey, Bathroom require special attention and proper decontamination. (Korean J Nucl Med Technol 2012;16(1):38-43)

Key Words : Patient-only bathroom, Surface contamination level, Spatial dose Late, Cumulative exposure dose

서 론

방사성 물질에 의한 표면오염은 일반적인 방사성 오염의 한 형태이며 그 형태와 규모가 매우 다양하다. 오염의 대상과 분포형태에 따라 공기오염, 수질오염, 표면오염, 인체오염 등으로 분류된다.¹⁾ 오염의 형태 가운데 표면오염(Radioactive Surface Contamination)이란 구조물, 공간, 물체 또는 인체 등

의 표면에 원하지 않는 방사성 물질이 부착되는 것을 의미하며 이러한 오염의 크기와 범위에 따라 규제 대상이 될 수 있다.²⁾ 그러므로 작업장소의 바닥이나 물건 또는 관리구역 밖으로 반출하는 물품에 대하여 방사성 물질에 의한 표면의 오염상황을 정확히 파악하여 방사선 안전관리에 반영시키는 일은 아주 중요하다.

표면오염은 비고착성 표면오염과 고착성 표면오염으로 구성된다. 고착성 오염은 제거성, 또는 유리성 오염이라고도 하고 제거성 표면오염이란 보통의 작업조건에서 제거할 수 있거나 전이될 수 있는 오염,³⁾ 적절한 압력을 주어 문지르는 스메어법에 의해 표면의 방사성 물질이 전달될 수 있는 오염, 또는 평범한 접촉, 닦아냄, 솔질, 세척 등의 방법에 의해 방사성물질이 표면으로부터 제거될 수 있는 오염으로 정의할 수 있다.

• Received: February 27, 2012. Accepted: April 6, 2012.

• Corresponding author: Jae Seung Moon

Department of Nuclear Medicine, St. Vincent's Hospital, Catholic University of Korea, 93-6, Ji-Dong, Paldal-gu, Suwon, 442-723, Korea
Tel: +82-31-249-7580, Fax: +82-31-247-5713
E-mail: Stopfil@hanmail.net

고착성 표면오염의 정도는 오염물질의 입자크기와 상태, 매질표면의 특징, 온도, 습도, 환기 등의 환경조건에 따라 결정되며 이러한 조건의 변화에 따라 제거성오염이 되기도 한다. 고착성오염에 의한 피폭경로는 베타, 감마선에 의한 개인 외부피폭인 반면 제거성 표면오염에 의한 피폭경로는 베타, 감마선에 의한 개인 외부피폭과 방사성물질의 공기 중 재부유로 인한 흡입, 손을 통한 소화기관으로의 섭취, 공기 중 방사성 오염물질 환경에서의 외부피폭 등 4가지 경로가 있다.

표면오염의 위치와 정도를 평가하기 위한 방법에서는 팬케이프 검출기 형태의 GM 계수기 측정기를 이용한 직접측정법과 측정대상 표면을 문지르는 방법 등으로 제거성 오염의 존재여부 또는 그 정도를 평가하는 간접측정법이 있다. 간접측정법은 실제로 측정의 정확도가 떨어지므로 표면오염의 확인 및 평가에 사용되는 스메어법만을 전적으로 의존하는 것은 바람직하지 않다. 본 연구에서는 직접측정법 및 개인피폭선량계를 이용하여 전용화장실의 표면오염도 및 공간선량율을 측정하였으며 원자력법령과 교육과학기술부고시에서 제시하고 있는 규정인 α 선을 방출하지 아니하는 방사성물질에 대하여 40 kBq/m^2 이하를 만족하는지를 알아보고 설문조사를 통하여 전용화장실 사용유무 현황에 대하여 알아보았다.

실험 및 재료

1. 대상

2011년 1월부터 2011년 6월까지 $^{18}\text{F-FDG}$ 370 MBq (10 mCi) 방사성핵종이 투여된 환자가 안정실에서 60분 동안 안정을 취한 후 검사직전 전용화장실을 1회 사용함을 전제로 하였으며 방사성핵종을 투입하기 전에 화장실을 사용한 횟수는 배제하였다. 실험그룹은 본원이 60case (그룹1), 부천성모병원은 일평균 환자 수에 따라 50case (그룹2)와 10case (그룹3)로 분류하였다.

2. 방법

3그룹으로 분류된 환자들이 이용한 전용화장실에 사용된 방사선 측정기는 Inspector EXP (External probe only)RAP-RS1 Probe이며 측정단위는 CPM 및 mR/hr이다. 측정기의 직경은 4.5 cm이고 검출면적은 15 cm^2 이다. 방사선 측정기의 검출효율은 38%이며 측정기의 정확성(accuracy)은 $\pm 15\%$ 이고 방사선 측정기의 검교정 일자 는 그룹1이 2010년

9월 2일이며 그룹2, 그룹3은 2011년 12월 6일이다. 측정시간은 08:00, 10:00, 13:00, 15:00, 17:00으로 5회를 측정하였으며 08:00에 측정된 값은 방사성핵종이 투여전의 시간대이므로 백그라운드 값으로 정의하였다. 전용화장실의 측정부위는 좌변기의 4부위, 세면대, 휴지통이며, 측정거리는 측정부위로부터 1 cm 높이와 1 m 높이였으며 전용화장실의 공간선량율을 알아보기 위하여 화장실변기의 바로 위쪽 천정에 개인 피폭선량계를 부착하여 3개월간의 피폭누적량을 측정하였다 (Fig. 1). 또한 PET/CT를 운영하는 병원을 대상으로 설문조사를 실시하여 전용화장실 유무 및 종사자들의 이용현황에 따른 작업종사자들에 미치는 영향에 대하여 알아보았다.

3. 자료 분석

방사선 측정기로 검출된 모든 값(CPM)은 CPS값으로 변환한 다음 백그라운드 값을 뺀 값에 측정기의 교정지수를 곱하여 표면오염도의 단위인 Bq/cm^2 로 나타냈다. 표면오염도의 교정지수는 그룹1, 그룹2, 그룹3이 0.24이었으며 공간선량율에 대한 교정지수는 그룹1이 1.12, 그룹2와 그룹3이 0.91이었다. 그룹별 비교분석은 SPSS Version 12.0 (SPSS Inc. USA)

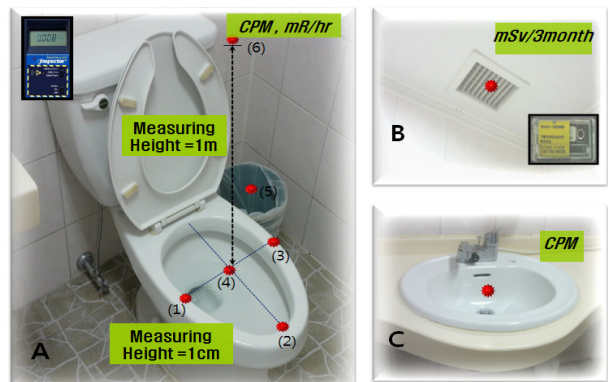


Fig. 1. A photo of measuring the surface contamination level and spatial dose rate in a toilet, wastepaper basket, basin and ceiling of the bathroom for NM patients only. A survey meter is used to measure the surface contamination level and spatial dose rate of A-(1), (2), (3), (4) with 1 cm distance between measuring points. The average of the results is calculated. A-(5) is where the surface contamination level of the wastepaper basket is measured and A-(6), at the height of 1 m from the right center of the toilet seat as in A-(4), is where the surface contamination level and the spatial dose rate are measured. Picture B shows attaching TLD badge to the ceiling and measuring cumulative dose for 3 months in order to measure the spatial dose rate of the whole bathroom. Picture C shows measuring the surface contamination level of a star-shaped area of the basin.

Table 1. Frequency of the 3 groups

		ACLOTS	SCLA 1 m	SDLA 1 m	SCLOTB	SCLOTWB
Group 1	Mean±S.D	8.38±4.46	0.31±0.79	0.02±0.06	0.12±0.12	25.26±22.55
	Max	16.34	6	0.50	0.47	90.70
	Min	0.56	0	0.00	0.08	1.865
Group 2	Mean±S.D	2.64±4.46	0.62±0.34	0.05±0.07		
	Max	19.17	2	0.50		
	Min	0.15	0	0.13		
Group 3	Mean±S.D	4.59±4.38	1.21±0.56	0.57±0.08		
	Max	12.74	2	0.17		
	Min	0.88	1	0.08		

† Unit : Surface contamination level [Bq/cm²], Spatial dose late [mR/hr]

‡ ACLOTS: Average contamination level of toilet seat

§ SCLA 1 m : Surface contamination level at 1 m

|| SDLA 1 m : Spatial dose late at 1 m

¶ SCLOTB : Surface contamination level of the Basin

** SCLOTWB : Surface contamination level of the wastepaper basket

Table 2. Comparative analysis of measurements of the 3 groups

	Group 1 (n=60) Mean±S.D	Group 2 (n=50) Mean±S.D	Group 3 (n=10) Mean±S.D	p-value
No of Patients	12.18±1.33	6.62±2.21	10.5±1.58	p<0.05
ACLOTS	8.38±4.56	2.64±3.90	4.59±4.38	p<0.05
ACLOTB(a)	0.12±0.12 (a)			
SCLOTWB(b)	25.26±22.55 (b)			
SCLA 1 m(c)	0.31±0.79 (c)	0.62±0.34 (c)	1.21±0.56 (c)	p<0.05
SDLA 1 m(d)	0.25±0.66 (d)	0.56±0.76 (d)	0.57±0.80 (d)	p<0.05

† Unit : Surface contamination level [Bq/cm²], Spatial dose late [mR/hr].

‡ ACLOTS: Average contamination level of toilet seat.

§ SCLOTB(a) : Surface contamination level of the basin .

|| SCLOTWB(b) : Surface contamination level of the wastepaper basket.

¶ SCLA 1 m(c) : Surface contamination level at 1 m.

** SDLA 1 m(d) : Spatial dose late at 1 m.

을 이용하여 *p*값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 하였다.

결 과

1. 그룹별 비교분석

그룹1, 그룹2, 그룹3에 대하여 측정된 좌변기 4부위의 평균값과 1 m 높이에서의 표면오염도 및 공간선량을 그리고 세면대 및 휴지통의 표면오염도를 측정한 값이다(Table 1). 그룹1, 그룹2, 그룹3에 대한 일평균 환자 수는 12.18±1.33명, 6.62±2.21명, 10.5±1.58명이었다(Table 2). 그룹1, 그룹2, 그룹3에 대하여 좌변기 4부위에 대한 평균 표면오염도는 8.38±4.56, 2.64±3.90, 4.59±4.38로 그룹1에서의 표면오염도가 그룹2, 그

룹3보다 높은 것으로 나타났으나(*p*<0.05) 1 m 높이에서의 표면오염도 및 공간선량에서는 그룹3, 그룹2, 그룹1순으로 높게 나타났다(*p*<0.05). 그룹1에서의 세면대 및 휴지통의 표면오염도는 0.12±0.12, 25.26±22.55이었다.

2. 병원별 좌변기의 평균오염도의 수준

표면오염도의 수준을 4 Bq/cm²씩 단계별로 구분하여 제시 하였으며 그룹1은 Step1에서 Step4까지 표면오염도가 광범위 하게 분포되었다. 그룹2와 그룹3의 표면오염도의 수준은 약 81.66%로 원자력법 및 관련 고시에서 언급하고 있는 4 Bq/cm²규제기준 이하의 수치로 나타났다(Table 3). 그룹2는 일평균 환자수가 다른 그룹과 상대적으로 작은 2.64±4.46명 으로서 1시간에 1명 또는 2명의 환자를 본다고 가정했을 때

Table 3. The average contamination level of the hospital's toilet seat

	Step 1 (0-4)	Step 2 (4-8)	Step 3 (8-12)	Step 4 (12-16)	Step 5 (16-)
Group 1 (n=60)	12 (20%)	21 (35%)	9 (15%)	17 (28.33%)	1 (1.66%)
Group2 + Group3 (n=60)	49 (81.66%)	3 (5%)	4 (6.66%)	3 (5%)	1 (1.66%)

†Step Unit : Bq/cm².

Table 4. The difference between the surface contamination level due to measurement time

	08:00	10:00	13:00	15:00	17:00
Group 1 Mean±S.D	0.52±0.11	6.03±8.31	10.59±7.95	9.24±7.70	7.19±5.25
Max	1.14	37.91	34.78	33.53	27.35
Min	0.33	0.29	0.48	0.57	0.34
Group 2 Mean±S.D	0.35±0.33	3.51±7.81	3.08±4.45	3.04±6.66	0.92±1.25
Max	0.47	37.91	23.51	33.79	6.71
Min	0.27	0.00	0.06	0.35	0.19
Group 3 Mean±S.D	0.35±0.33	3.25±5.89	9.65±12.79	3.42±2.56	2.02±1.19
Max	0.41	19.78	41.43	7.72	4.73
Min	0.29	0.00	0.75	0.72	0.48

Table 5. The difference between the surface contamination level due to measurement time - Kruskal Wall Test

	N	Mean Rank
8:00 Group 1	60	88.13
Group 2	50	33.37
Group 3	10	30.40
10:00 Group 1	60	73.14
Group 2	50	45.69
Group 3	10	58.70
13:00 Group 1	60	79.34
Group 2	50	36.92
Group 3	10	65.35
15:00 Group 1	60	81.31
Group 2	50	36.64
Group 3	10	54.95
17:00 Group 1	60	85.62
Group 2	50	31.23
Group 3	10	56.15

12시 이후 ¹⁸F-FDG가 투여된 후 전용화장실을 사용한 환자들이 거의 없었던 것으로 나타났다.

3. 측정시간별 표면오염도의 차이

그룹1은 백그라운드 값(8:00)을 제외한 모든 시간대에서 원자력법 및 고시에서 제시하는 표면오염도의 기준을 초과하는 것으로 나타났으며 그룹2, 그룹3과 측정시간별로 비교해 보았을 때 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$). 그룹2는 12시 이후 ¹⁸F-FDG가 투여된 후 전용화장실을 사용한 환자들이 거의 없었으므로 13:00부터 표면오염도가 줄어들기 시작하였으며 17:00에서는 백그라운드 값에 준하는 0.92 ± 1.25 Bq/cm²

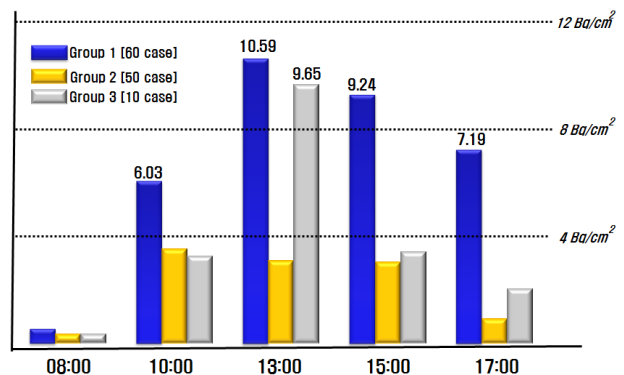


Fig. 2. The difference between the surface contamination level due to measurement time

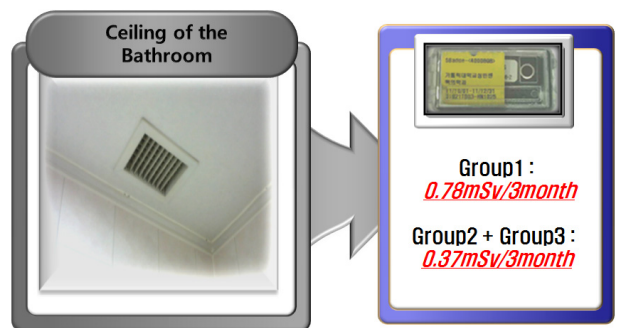


Fig. 3. The entire space of the bathroom for NM patients-only Bathroom measured using TLD badge. TLD badge was fixed on the ceiling of the bathroom. The group 1 was 0.37 mSv/month and the sum value of group2 and group3 was 0.37 mSv/month.

로 나타났다. 그룹3은 대부분의 시간대에서 법적규제 기준값을 초과하지 않았으나 환자군이 가장 많이 형성되어 있는 시

Table 6. Questionnaire on the using of a NM patients-only bathroom

	Seoul	Gyeong gi, Incheon	Chung cheong	Kangwon	Jeolla	Gyeong sang
NOH	14	12	2	1	1	1
In Use	2	3				

†NOH: Number of Hospitals.

간대인 13:00에서 9.65±12.79 Bq/cm²로 그룹1의 동일시간대와 비슷한 표면오염수준을 나타냈다(Table 4)(Table 5)(Fig. 2).

4. 전용화장실 전체공간에 대한 피폭누적량

개인피폭선량계를 화장실 천정에 고정시켰으며 3개월 동안 측정된 피폭누적량은 본원이 0.78 mSv, 부천성가병원이 0.37 mSv이었다(Fig. 3).

5. 핵의학과내의 전용화장실 사용유무에 대한 설문조사

공동사용에 대한 전화 설문조사에서 조사대상 병원의 지역은 아래와 같으며 전체 31개 병원 중에 16.12%인 5개 병원 에서 환자와 함께 이용하는 것으로 나타났으며 또한 핵의학 검사실 안에 전용화장실이 없는 병원도 있었다(Table 6).

고 찰

방사성 동위원소를 사용하는 시설에서는 관련규정에 의거하여 방사선적 안전성과 방사선 관리구역내에서 근무하는 작업자의 건강과 안전이 항상 확보되어야 한다. 이를 위하여 방사선 관리구역내의 표면 및 공기의 오염도와 방사선량을 등 시설의 유지관리상태 등을 감시하여 원자력법령 등 관계 규정에서 정하는 한도와 기준에 만족하는지를 확인하고 이상 사태의 발생을 미연에 방지하고 시설이나 작업방법에 대한 개선책의 수립에 필요한 방사선 안전관리를 수행해야 한다.

표면오염감시는 관리구역의 작업환경, 작업자의 신체 또는 관리구역으로부터 반출되는 물품등에 대하여 실시하며 오염의 조기발견과 확산을 방지하고 표면오염의 관리기준치 이하로 유지되는가를 확인하는 일련의 과정들이다. 또한 이러한 과정들은 방사성 물질을 취급하는 작업환경에 대하여 평가하는 중요한 자료가 된다. 표면오염 감시방법으로 스메어법에 의한 간접법과 방사선측정기를 이용한 직접법이 있으며 직접법에 의한 오염검사가 불가능한 지점이나 베타 및 감마선 방출핵종으로 오염된 부분에 대해서는 스메어법으로 오염부위를 문질러서 오염의 정도를 측정한다. 관리 구역 내에서 표면오염도를 초과하거나 초과할 우려가 있는 장소나

특정지점에 대해서는 그 장소를 표시하고 오염이 확산되지 않도록 조치한 후 오염상태에 따라 적절한 제염방법을 모색하여 작업종사자에게 재염을 권고함으로써 작업환경을 개선해야 한다.⁵⁾

작업공간에 대한 공간선량을 측정은 안전한 작업환경을 확보하고 작업자의 외부피폭선량을 추정하는데 매우 중요한 사항중 하나이다. 따라서 공간방사선량율이 최대로 나타날 수 있는 지점과 작업종사자가 방사성 동위원소를 주로 다루는 분배실 및 주사실 지점에서의 공간방사선량율의 변화를 정기 또는 수시로 확인하는 과정들이 반드시 필요하다.

핵의학 검사실에서 이루어지고 있는 검사의 형태는 검사목적에 따라 다른 방사성 동위원소가 경구 또는 주사를 통하여 인체로 주입되고 일정한 시간이 지난 후에 검사가 진행되고 있다. PET/CT 검사는 ¹⁸F-FDG 방사성 핵종이 환자에게 주사된 후 검사하기 전에 배뇨를 한 다음 검사를 진행하고 있으며 방사선 안전관리 차원에서 환자의 안전성과 화장실 그리고 검사장비가 있는 곳은 가능한 한 가까운 곳에 시설화되어 있는 것이 일반적이다.⁶⁾ 또한 전용화장실의 경우에는 질환과 건강상태가 각기 다른 환자들이 공용으로 사용되고 있으며 방사성핵종이 투여된 환자의 배설물들로 인하여 표면오염의 법적규제기준을 초과할 가능성을 전혀 배제할 수 없다.

원자력법과 교육과학기술부고시에서 제시하고 있는 표면오염도의 국내기준은 α선을 방출 아니하는 방사성 물질에 대하여는 40 kBq/m²로서 다시 말하면 4 Bq/cm²을 초과하였을 경우에는 즉시 적절한 제염을 하여 표면오염도의 수준을 규제기준이하로 낮추어야 한다. 이에 반해 미국의 방사선관리구역 내부의 표면오염관리기준치인 U.S NRC에서는 10⁻³ μCi/cm²(베타, 감마 방출핵종)이며⁷⁾ 알파선을 방출하지 않는 방사성동위원소의 표면밀도한도값을 제시하고 있는 일본의 경우는 40 Bq/cm²로 미국과 일본과의 표면오염도 법적규제기준이 우리나라와는 차이가 있다.⁸⁾ 그러나 법적기준의 차이에 따른 우리의 시각은 작업종사자의 방사선방호를 위하여 충분하고 적절한 표면오염의 제거, 저감화, 오염의 원인분석 및 추가 오염방지 조치 시행 등의 행위들이 적절히 수행되는 것에 초점을 맞추어야 될 것이다.

이러한 차원에서의 본 연구에서 도출된 결과는 매우 의미

있는 것으로 생각되어진다. 의료보험적용과 암환자수가 증가하고 있는 추세 속에서 앞으로 PET/CT 환자수의 증가는 지속될 것이다. 핵의학과내에 시설되어 있는 전용화장실을 사용하는 환자수가 많아질수록 표면오염도 및 공간선량율도 같이 증가하는 것으로 나타났다. 특히 사용한 휴지가 보관된 휴지통의 표면오염도는 원자력 관계법령에서 고시하고 있는 기준 값인 4 Bq/cm^2 를 훨씬 초과한 것으로 나타났으나 화장실 전체공간에 대한 피폭누적량은 조사한 그룹 모두가 작게 나타났다. 설문조사 결과를 참조해 볼 때 환자들과 전용화장실을 같이 사용하는 기관들이 있었으므로 화장실 사용문제와 방사성 표면오염을 합리적으로 최소화하는 방안을 모색하여 병원실정에 맞는 적절한 제염이 필요할 것이다. 그러나 무엇보다 중요한 것은 작업종사자들이 가장 많은 시간들을 보내고 있는 작업공간에 대하여 바라보는 인식의 재전환이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

목적 : ^{18}F -FDG 방사성핵종이 투여된 환자가 사용하는 전용화장실의 표면오염도 및 공간선량율을 측정하여 같은 구역 내에 근무하고 있는 작업종사자들에 미치는 영향에 대하여 고찰해 보고자 한다. 대상 및 방법 : 2011년 1월부터 2011년 6월까지 ^{18}F -FDG 370 MBq (10 mCi) 방사성핵종이 투여된 후 전용화장실을 1회 사용한 대상 환자는 본원이 60case (그룹1), 부천성모병원은 일평균 환자 수에 따라 50case(그룹2)와 10case(그룹3)으로 분류하였다. 방사선 측정기를 이용한 측정시간은 08:00, 10:00, 13:00, 15:00, 17:00이었으며 측정부위는 좌변기 4부위, 세면대, 휴지통이었다. 병원별 전용화장실의 3개월간 피폭누적량을 측정하였으며 PET/CT를 운영하는 병원을 대상으로 설문조사를 실시하여 전용화장실 유무 및 종사자들의 이용현황에 대하여 알아보았다. 결과 : 그룹1, 그룹2, 그룹3에 대한 일평균 환자 수는 12.18 ± 1.33 명, 6.62 ± 2.21 명, 10.5 ± 1.58 명이었다. 그룹1, 그룹2, 그룹3에 대한 좌변기의 평균 표면오염도(Bq/cm^2)는 8.38 ± 4.56 , 2.64 ± 3.90 ,

4.59 ± 4.38 로 그룹1에서의 표면오염도가 그룹2, 그룹3보다 높은 것으로 나타났으나($p < 0.05$) 1 m 높이에서의 표면오염도 및 공간선량율에서는 그룹3, 그룹2, 그룹1순으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 그룹1에서의 세면대 및 휴지통의 표면오염도(Bq/cm^2)는 0.12 ± 0.12 , 25.26 ± 22.55 이었다. 표면오염도 수준을 단계별로 구분하여 제시하여 보았을 때 측정시간별 표면오염도 차이는 그룹1이 그룹2, 그룹3보다 높게 나타났다($p < 0.05$). 개인피폭선량계를 이용하여 측정된 피폭누적량은 본원이 0.78 mSv/3개월, 부천성가병원이 0.37 mSv/3개월이었다. 전용화장실의 공동사용에 대한 설문조사에서 조사대상 31개 병원 중에 16.12%인 5개병원에서 환자와 함께 이용하는 것으로 나타났다. 결론 : 일평균 환자수가 많을수록 전용화장실의 표면오염도가 높아지는 것으로 나타났다. 특히 휴지통의 표면오염도는 원자력법에서 고시하고 있는 기준 값인 4 Bq/cm^2 를 훨씬 초과한 것으로 나타났으나 화장실 전체공간에 대한 피폭누적량은 작게 나타났다. 설문조사 결과를 참조해 볼 때 환자들과 같이 사용하는 기관들이 있었으므로 전용화장실 이용에 대한 특별한 주의와 적절한 제염이 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. 정규환, Radioisotope journal. 2000;15:39-54
2. NUREG-0770, Glossary of Terms, Nuclear Power and Radiation. 1981
3. International Organization for Standardization, Evaluation of surface contamination-part 1; beta emitters and alpha emitters, Geneva, 1988;ISO-7503-1.
4. 교육과학기술부고시 제2002-23호 “방사선 방호 등에 관한 기준”
5. 문재승, 방사성옥소 치료환자의 환의 및 침구류에 대한 표면오염 측정에 관한 고찰. 핵의학기술학회. 2008;12;3-12
6. J. S. Germain, The radioactive patient. Semin. Nucl Med. 1986;16.:179-183
7. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Health physics surveys for byproduct materials at NRC-licensed processing and manufacturing plants, Regulatory Guide 8.21. Washington DC: 1979a.
8. 일본 동위원소협회, 방사선장해방지법관계법령I. 1990.