

# 양전자단층촬영(PET)시 환자의 특성에 따른 외부 방사선량을 측정 Measuring external Radiation dose Ratio by Traits of Patients during Positron Emission Tomography(PET)

조용귀\*, 김성철\*\*, 안성민\*\*

가천대학교 보건대학 방사선학과/인하대학교병원 핵의학과\*

가천대학교 보건대학 방사선학과/가천대학교 방사선학과\*\*

Yong-Gwi Cho(house224@hanmail.net)\*, Sung-Chul Kim(ksc@gachon.ac.kr)\*\*,  
Sung-Min Ahn(sman@gachon.ac.kr)\*\*

## 요약

PET/CT Torso를 위해 방사성의약품( $^{18}\text{F}$ -FDG) 투여 후 환자 개인의 특성에 따라 환자로부터 방출되는 외부 방사선량을 여러 가지 방법으로 측정하여 방사선 선원으로부터 안전성을 확보하고, 경각심을 제공함으로써 방사선 노출에 의한 작업종사자와 환자 보호자, 수시출입자 등의 피폭선량을 저감하기 위함이다. 2013년1월에서 6월까지 PET Torso를 시행하는 환자들 중 80명을 대상으로 방사성의약품을 투여 후 환자의 체형(비만도), 수분 공급, 신장 상태, 방사성의약품 투여량에 따라 시간 변화에 의한 환자로부터 방출되는 외부 방사선량을 각각 측정 하였다. 방사성의약품 투여 직후부터 환자 개인의 특성에 따라 외부 방사선량을 측정 한 결과 방사성의약품 투여량이 증가할수록 외부 방사선량이 높았고, 환자 체형에 따른 외부 방사선량은 유의한 차이가 없었다. 수분을 공급 했을 때와 신장이 정상일 때가 그렇지 않을 때 보다 외부 방사선량이 낮았다. 방사선 안전관리를 준수하기 위하여 방사선 작업종사자는 선원을 취급하기 전 충분한 교육과 모의 훈련을 통해 작업시간을 최소화 할 수 있도록 노력해야 할 것이며, 개인 방사선 방호구를 착용하여 외부 방사선원으로부터 피폭을 최소화 시켜야 한다.

■ 중심어 : | 외부 방사선량률 | 양전자방출단층촬영 |

## Abstract

The purpose of this study is to ensure safety by measuring External radiation dose ratio (ERDR) by traits of patients in many ways after administering radiopharmaceutical( $^{18}\text{F}$ -FDG) for PET Torso scan, and to decrease ERDR of those to RI technologist, caretakers, and those who frequently exposed to radiation by arousing attention to radiation dose. Radiopharmaceutical was administered to 80 patients who conducted PET Torso from January to June, 2013. Radiation dose emitted from the patients was measured according to body shape(BMI), water hydration, height, amount of radiation administration. From the moment immediately after the radiopharmaceutical was administered, ERDR was measured by personal traits of patients. The radiation dose increased in proportion to the administered amount of the radiopharmaceutical, and there was no significant difference depending on the body shape of the patients. When water was supplied and the height was normal, the radiation dose was lower compared with the cases where water was not supplied and height was not normal. There is a need for making efforts to minimize the working time through sufficient education and mock training before those who RI technologist with sources of radiation for complying the radiation safety management rule. And they should minimize the ERDR by wearing a protective gear.

■ keyword : | External radiation dose rate(ERDR.) | Positron Emission Tomography(PET) |

\* 이 논문은 2013년도 가천대학교 교내연구비 지원에 의한 결과임.(GCU-2013-M070)"

접수일자 : 2013년 09월 10일

심사완료일 : 2013년 11월 14일

수정일자 : 2013년 10월 17일

교신저자 : 안성민, e-mail : sman@gachon.ac.kr

## 1. 서론

### 1. 연구의 필요성

양전자방출단층촬영(Positron Emission Tomography ; PET)은 핵의학 촬영 방법 중 하나로서 양전자를 방출하는 방사성동위원소를 결합한 의약품을 체내에 주입한 후 양전자방출단층촬영기를 통해 추적(Tracer)하여 종양의 분포를 알아보는 첨단 기법이다[1].

PET은 개발 초기 주로 뇌신경 분야에 이용되어 왔으나 점차 종양의 진단 및 평가, 심장 질환, 뇌 기능 평가를 위한 수용체 영상이나 당대사 영상을 통해 다양한 질환을 평가할 수 있게 되었다[2].

PET은 생체의 기능평가와 종양분야에서 진단적 가치가 높지만 영상의 해상도가 X-선을 이용한 진단영상 의학보다 상대적으로 낮고, 해부학적 위치와 주변 조직과 구별이 명확하지 않아 임상적 진단에 한계가 있었다[3].

최근 PET과 컴퓨터단층촬영(Computed Tomography ; CT) 기기를 하나로 결합시킨 융합(Fusion) 양전자방출컴퓨터단층 촬영(PET/CT) 기기가 널리 보급되었다. 이러한 최첨단 의료 장비는 CT의 해부학적 영상정보와 함께 PET의 생화학적 변화를 통해 좀 더 정확한 영상정보로 임상적 진단이 한층 높아져 의료의 질적 수준이 향상 되었다[4].

우리나라의 PET, PET/CT 촬영건수는 1994년 66건을 시작으로 2007년 184,824건, 2012년 401,429건으로 기하 급수적으로 증가 추세에 있다[5].

이처럼 현대의학에서 방사성동위원소를 이용한 핵의학 영상 기술은 중대한 역할을 담당하고 있으며, 방사선 관리 구역에서 방사선원을 취급하는 작업종사자와 수시출입자, 환자 보호자 등은 원자력 안전법에 규정된 방사선 안전관리규정 등을 준수하는 것이 매우 중요해지고 있다[6].

의료분야에서 방사선 이용은 그 목적에 따라 진단 및 치료에 이득을 제공하고 있는 한 방사선 피폭으로부터 선량 제한은 없다. 그러나 핵의학 영상검사는 방사성동위원소를 환자에게 투여하여 일정시간 경과 후 촬영을 하기 때문에 그동안 환자가 움직이는 방사선원이 된다.

따라서 환자로부터 방출되는 외부 방사선량에 의한 작업종사자나 환자 보호자, 수시출입자 등의 피폭선량을 주목할 필요가 있다[7].

핵의학 촬영에 의한 환자 및 작업종사자가 피폭되는 연간 집단선량은 4,560 man-Sv로서 국내 의료피폭 연간 총 집단선량 27,440 man-Sv의 16.6 %를 차지하고 있다. 이러한 선량에 더하여 환자 보호자나 핵의학과 수시 출입자에 대한 피폭선량까지 감안한다면 훨씬 많은 양이 될 것이다[8].

오늘날 방사선이 인간에게 이익을 많이 주는 것은 명하지만 이에 못지않게 피해를 주기 때문에 그 관리가 매우 중요하다. 방사선 이용에 따른 피폭 선량관리는 국제방사선방호위원회(International Commission Radiological Protection; ICRP) 권고와 원자력 안전법에 따라 엄격하게 관리되고 있다[9].

### 2. 연구 목적

본 연구의 목적은 PET/CT Torso촬영을 위해 방사성의약품( $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose; FDG)을 투여 후 환자 개인의 특성에 따라 환자로부터 방출되는 외부 방사선량을 측정하여 방사선원으로 부터 안전성을 확보하고, 경각심을 제공함으로써 방사선 노출에 의한 작업종사자와 보호자의 피폭선량을 저감하기 위함이다. 따라서 첫째, 환자의 체형(비만도)에 따라 시간 변화에 의한 외부 방사선량을 측정. 둘째, 수분 공급에 따라 시간 변화에 의한 외부 방사선량을 측정. 셋째, 방사성의약품( $^{18}\text{F}$ -FDG) 투여량에 따라 시간 변화에 의한 외부 방사선량을 측정. 넷째, 신장 기능에 따라 시간변화에 의한 외부 방사선량을 측정을 각각 측정하고자 한다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 2013년 1월부터 6월까지 촬영 당일 혈액 검사를 먼저 시행하고 PET/CT Torso를 시행하는 환자들 중 외래 환자를 대상으로 개인의 체형(비만도), 수분공급, 방사성의약품 투여량, 신장(콩팥)상태에 따라

구분하여 환자로부터 방출되는 외부 방사선량을 각각 측정하였다.

## 2. 측정 장비

연구에 사용된 측정 장비는 RadEye G-10 Surveymeter(Thermo Fisher Scientific Messtechnik GmbH社)으로 주요 구성 및 제원은 다음과 같다[표 1].

표 1. 방사선량측정기

항 목	제 원
Detector	Energy compensated GM-tube
Radiation type	Gamma-ray, X-ray radiation
Measuring range	0.05 $\mu$ Sv / hr ~ 50 mSv / hr
Energy range	45 keV ~ 1.3 MeV ( $\pm$ 30%)
Measured quantity	Ambient equivalent dose and dose rate
Operating voltage	1.8 ~ 4 V (DC)

※ RadEyeG-10 Surveymeter 교정일: 2013.1.29(교정번호: 2013-D-0619(주)세안기술)

## 3. 측정조건 및 방법

### 1.1 기초 조사

촬영 당일 환자의 성별, 나이, 신장, 몸무게, BMI, BUN, Creatine, 수분섭취량, 혈당, 방사성의약품 투여량을 각각 조사하였다.

### 1.2 측정 조건

- A. 측정시간-방사성의약품 투여 후 즉시, 30 min, 1 hr, 1 hr 30 min, 2 hr에 각각 측정.
- B. 측정부위-환자 전면의 정중 시상면에서 미간, 심장, 방광.  
※ 측정부위 설정 기준은 투여한 방사성의약품이 생물학적 특성상 가장 많이 섭취되는 부위에서 측정함.
- C. 측정거리 - 표면으로부터 10 cm, 50 cm, 100 cm.
- D. 방사성의약품 투여량-방사성의약품 투여량의 변화를 제외한 모든 항목은 481 MBq(13 mCi) 투여.
- E. 매 측정 시 주변 산란선을 고려 납으로 차폐된 공간(안정실)에서 각각 측정.

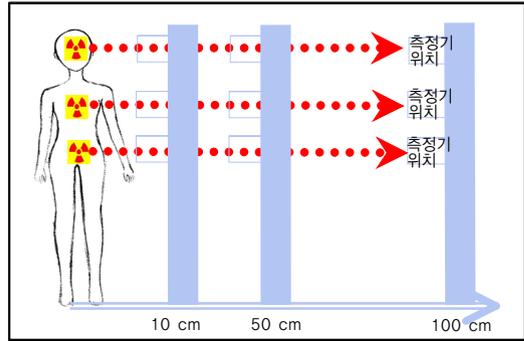


그림 1. 환자의 외부 방사선량 측정 조건

### 1.3 측정 방법

환자 개인의 특성에 따라 총 4개의 그룹(A,B,C,D)으로 분류하여 외부 방사선량을 측정하였다[그림 2].

A. 환자의 체형(비만도)에 따라 시간 변화에 의한 외부 방사선량 측정.

환자의 체형 구분은 비만도(Body mass index :BMI)에 따라 정상체형이하, 과체형, 경도비만, 중등도비만으로 분류하여 각 항목 당 10명씩 측정하였다.

※ 비만도(BMI) 구분; 정상체형이하(22.9 이하), 과체형(23~24.9), 경도비만(25~29.9), 중등도비만(30 이상).

B. 수분 공급에 따라 시간 변화에 의한 외부 방사선량 측정.

촬영 전 혈액검사 소견 상 신장(콩팥)의 상태(정상/비정상)를 확인 후 정상 신장을 갖는 환자 중 수분을 공급한 그룹(방사성의약품 투여 직전 생수 500 ml, 투여 직후부터 1시간동안 생리식염수 500 ml와 생수 500 ml(총1500 ml)를 섭취) 10명과 수분을 공급하지 않은 그룹 10명을 각각 측정 하였다. 이때 배뇨는 투여 후 1시간에 하였다.

C. 방사성의약품(<sup>18</sup>F-FDG) 투여량에 따라 시간 변화에 의한 외부 방사선량 측정.

방사성의약품은 총 4 Group(5.9 mCi 이하, 6~7.9 mCi, 8~9.9 mCi, 10~11 mCi)으로 구분하여 환자에게 투여 후 그룹 당 10명씩 각각 측정 하였다.

D. 환자의 신장(콩팥) 상태에 따라 시간 변화에 의한 외부 방사선량 측정.

환자의 신장상태(정상/비정상)의 구분은 촬영 당일 방사성의약품 투여 전 혈액검사 소견 상 혈중 혈액요소 질소(BUN)과 크레아틴(Cr)으로 정상 유무를 확인하여 정상인 그룹 10명과 비정상인 그룹 10명을 측정 하였다.

※ 정상신장(BUN; 10~26 mg/100dl. Creatine; 0.4~1.5 mg/dl)

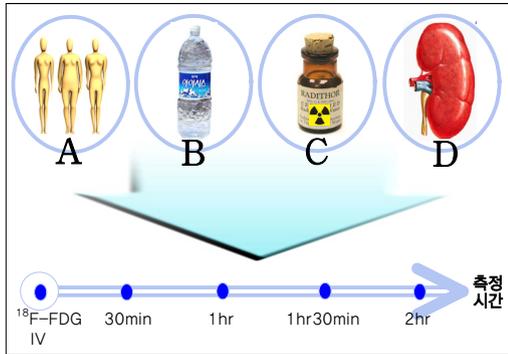


그림 2. 환자의 외부 방사선량을 측정방법 및 시간

#### 4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 통계처리는 SPSS ver 19.0 통계 프로그램을 이용하여 PET/CT Torso시 환자 개인의 특성에 따라 독립t-test와 ANOVA 검정으로 다음과 같이 비교분석 하였다.

##### 1.1 독립 t-test

방사성의약품 투여 후 수분섭취 전/후와 신장상태(정상/비정상)에 따른 시간 변화에 의한 외부 방사선량의 유의성을 검증하였다.

##### 1.2 ANOVA

방사성의약품 투여 후 환자의 체형에 따라, 방사성의약품 투여량의 차이에 따른 시간변화에 의한 외부 방사선량을 측정하기 위해 각 항목별 4개의 Group으로 분류하여 일원배치분산분석으로 Group간의 상호관계와 유의성을 검증하였다.

### III. 결 과

양전자방출단층촬영 방사성의약품은 투여 직후부터 수 시간동안 환자 몸속에 남아있기 때문에 의료 목적인 환자를 제외한 작업종사자와 환자보호자 등의 방사선 피폭원이 된다. 이처럼 환자로부터 방출되는 방사선을 방어하기 위하여 방사선안전관리가 시급한 현 시점에서 본 연구를 통해 환자 개인의 특성에 따른 외부 방사선량을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

#### 1. 대상자의 일반적인 특성

외래환자 중 PET Torso 촬영에 참여한 환자는 총 80명으로 남성 42명, 여성 38명이었고 평균연령이 52 ± 14 세 이었다.

환자 개인의 특성을 파악하기 위해 수분 섭취는 1500 ml, 방사성의약품 투여량은 최저 199.8 MBq (5.4 mCi) 에서 최고 481 MBq(13 mCi) 이었다[표 2].

표 2. 환자의 특성

	Female	Male	Total
Number of patients	38	42	80
Age (years)	18 ~ 67	38 ~ 82	52 ± 14
Blood Sugar Test	67 ~ 228		145 ± 8
Activity( <sup>18</sup> F-FDG)	199.8(5.4) ~ 481(13)		9.2 ± 11

#### 2. 환자로부터 방출되는 외부 방사선량을

##### 1.1 환자의 체형(비만도; BMI)에 따라 시간 변화에 의한 외부 방사선량을 측정.

방사성의약품 투여 후 환자 체형에 따른 외부 방사선량은 시간과 거리에 따라 차이가 있었으나, 전체 그룹간(A,B,C,D)의 상호관계에 대한 통계적 분석결과는 p=0.952으로 유의한 차이가 없었다(p>0.05)[표 3][그림 3].

표 3. 환자 체형에 따른 부위별 외부 방사선량률( $\mu\text{Sv/hr}$ ), (N=40)

분 류	부 위	거 리	투여후	30 min	1 hr	1 hr	2 hr	
			측시 (Mean ±SD)	(Mean ±SD)	(Mean ±SD)	30 min (Mean ±SD)	(Mean ±SD)	
A-Group 정상체형 이하	미간	10 cm	405±86	302±41	262±33	218±31	142±50	
		50 cm	135±17	109±23	89±23	80±19	62±14	
		100 cm	67±14	55±12	42±7	29±6	23±4	
	심장	10 cm	576±12	401±83	310±56	238±27	148±47	
		50 cm	174±20	134±39	108±37	81±19	59±15	
		100 cm	75±16	60±12	48±7	34±10	31±14	
	방광	10 cm	424±96	330±10	300±71	217±16	143±44	
		50 cm	148±28	121±30	98±28	67±17	50±15	
		100 cm	65±14	57±15	41±8	33±8	25±8	
	<b>Total</b>			<b>230±18</b>	<b>174±13</b>	<b>144±11</b>	<b>111±86</b>	<b>76±57</b>
	B-Group 과 체형	미간	10 cm	362±90	320±19	222±27	168±30	115±33
			50 cm	139±28	101±34	61±2	49±9	36±8
100 cm			58±5	37±4	31±3	24±5	16±2	
심장		10 cm	585±70	460±11	301±56	209±40	128±39	
		50 cm	176±22	124±37	74±6	65±8	42±5	
		100 cm	73±5	50±10	40±3	32±6	24±5	
방광		10 cm	428±53	345±81	276±80	207±90	122±45	
		50 cm	150±15	100±25	69±6	54±13	36±7	
		100 cm	63±6	42±4	35±3	26±3	16±3	
<b>Total</b>			<b>226±17</b>	<b>176±15</b>	<b>123±10</b>	<b>92±81</b>	<b>59±51</b>	
C-Group 경도 비만형		미간	10 cm	390±18	328±51	273±32	199±37	111±11
			50 cm	180±23	125±17	81±10	61±8	54±16
	100 cm		57±6	45±3	36±2	27±6	17±2	
	심장	10 cm	567±64	440±48	341±35	240±32	136±19	
		50 cm	202±23	147±10	97±7	73±3	61±16	
		100 cm	71±3	53±3	40±4	28±5	19±2	
	방광	10 cm	399±30	332±30	282±42	202±33	114±20	
		50 cm	156±28	107±10	86±13	68±3	55±15	
		100 cm	62±5	48±5	38±6	30±7	18±3	
	<b>Total</b>			<b>232±16</b>	<b>181±13</b>	<b>141±11</b>	<b>103±83</b>	<b>65±44</b>
	D-Group 중등도 비만형	미간	10 cm	391±19	332±35	280±27	226±23	135±14
			50 cm	121±19	112±40	85±26	60±13	50±10
100 cm			48±7	39±8	37±9	25±7	14±2	
심장		10 cm	587±12	444±51	337±55	279±57	147±16	
		50 cm	141±33	118±37	99±31	72±22	57±10	
		100 cm	55±9	46±10	38±13	31±8	18±3	
방광		10 cm	371±54	325±42	261±25	194±54	121±16	
		50 cm	120±26	100±32	78±28	53±19	44±11	
		100 cm	49±9	40±11	32±10	22±7	14±3	
<b>Total</b>			<b>210±18</b>	<b>173±14</b>	<b>138±11</b>	<b>107±96</b>	<b>67±52</b>	

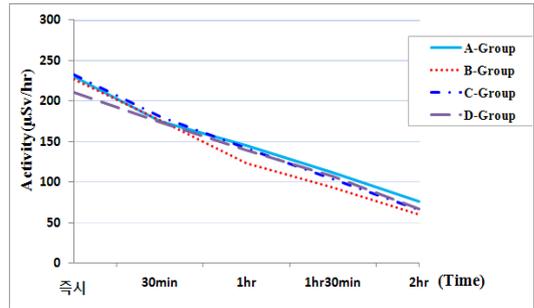


그림 3. 환자 체형에 따른 그룹별 외부방사선량률( $\mu\text{Sv/hr}$ ), (N=40)

1.2 수분 공급에 따라 시간 변화에 의한 외부 방사선량률 측정.

방사성의약품 투여 후 수분을 섭취했을 때가 그렇지 않을 때 보다 모든 구간에서 감소되었으나, 두 그룹(A-Group: Hydration, B-Group: Non Hydration)간의 통계적 유의성( $p=0.538$ )은 없었다( $p>0.05$ )[그림 4].

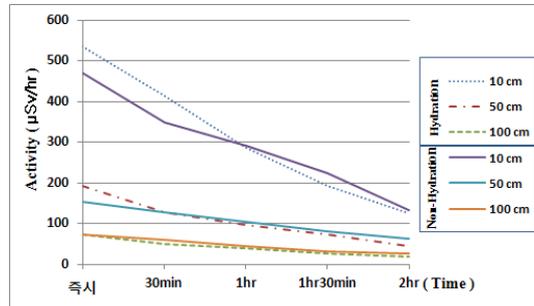


그림 4. 수분 섭취 전/후 외부 방사선량률( $\mu\text{Sv/hr}$ ), (N=20)

1.3 방사성의약품( $^{18}\text{F-FDG}$ ) 투여량에 따라 시간 변화에 의한 외부 방사선량률 측정.

방사성의약품 투여량은 환자 체중(kg)에 방사성의약품 0.14 mCi를 곱하여 환산한 용량으로 투여한 결과 모든 구간에서 투여량이 많을수록 환자로부터 외부 방사선량률이 높게 측정되었다. 또한 Group(A,B,C,D)간의 통계적 유의성을 검정한 결과  $p=0.049$ 으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ )[표 4].

표 4. 방사성의약품 투여량에 따른 부위별 외부 방사 선량률 ( $\mu\text{Sv/hr}$ ). (N=40)

방사성의약품 투여량	부위	거리	투여후 측시 (Mean $\pm$ SD)	30 min	1 hr	1 hr 30	2 hr	
				(Mean $\pm$ SD)	(Mean $\pm$ SD)	min (Mean $\pm$ SD)	(Mean $\pm$ SD)	
A-Group 10~11 mCi	미간	10 cm	33 $\pm$ 5.5	286 $\pm$ 45	239 $\pm$ 33	173 $\pm$ 26	138 $\pm$ 13	
		50 cm	116 $\pm$ 13	96 $\pm$ 7	75 $\pm$ 6	55 $\pm$ 3	41 $\pm$ 3	
		100 cm	58 $\pm$ 9	48 $\pm$ 7	37 $\pm$ 1	31 $\pm$ 2	27 $\pm$ 2	
	심장	10 cm	539 $\pm$ 10	365 $\pm$ 39	290 $\pm$ 48	201 $\pm$ 29	154 $\pm$ 9	
		50 cm	14 $\pm$ 2.5	102 $\pm$ 11	85 $\pm$ 8	66 $\pm$ 9	45 $\pm$ 3	
		100 cm	67 $\pm$ 10	47 $\pm$ 4	39 $\pm$ 5	32 $\pm$ 2	27 $\pm$ 1	
	방광	10 cm	318 $\pm$ 36	298 $\pm$ 41	237 $\pm$ 39	182 $\pm$ 25	136 $\pm$ 9	
		50 cm	123 $\pm$ 19	99 $\pm$ 7	85 $\pm$ 5	59 $\pm$ 6	41 $\pm$ 4	
		100 cm	58 $\pm$ 9	45 $\pm$ 3	40 $\pm$ 3	33 $\pm$ 2	26 $\pm$ 2	
	Total		195 $\pm$ 14	154 $\pm$ 12	125 $\pm$ 97	92 $\pm$ 68	70 $\pm$ 52	
	B-Group 8~9.9 mCi	미간	10 cm	338 $\pm$ 52	262 $\pm$ 42	226 $\pm$ 38	167 $\pm$ 35	139 $\pm$ 43
			50 cm	111 $\pm$ 21	87 $\pm$ 13	76 $\pm$ 17	58 $\pm$ 12	45 $\pm$ 15
100 cm			58 $\pm$ 10	47 $\pm$ 9	33 $\pm$ 4	25 $\pm$ 4	18 $\pm$ 2	
심장		10 cm	502 $\pm$ 131	318 $\pm$ 51	254 $\pm$ 47	180 $\pm$ 31	161 $\pm$ 35	
		50 cm	147 $\pm$ 34	119 $\pm$ 17	90 $\pm$ 22	64 $\pm$ 12	50 $\pm$ 12	
		100 cm	72 $\pm$ 19	59 $\pm$ 9	39 $\pm$ 8	27 $\pm$ 5	20 $\pm$ 4	
방광		10 cm	332 $\pm$ 75	301 $\pm$ 66	231 $\pm$ 54	152 $\pm$ 19	120 $\pm$ 17	
		50 cm	120 $\pm$ 20	106 $\pm$ 13	85 $\pm$ 20	55 $\pm$ 7	45 $\pm$ 8	
		100 cm	62 $\pm$ 13	50 $\pm$ 10	38 $\pm$ 11	25 $\pm$ 6	18 $\pm$ 4	
Total			193 $\pm$ 15	150 $\pm$ 10	119 $\pm$ 90	84 $\pm$ 63	68 $\pm$ 55	
C-Group 6~7.9 mCi		미간	10 cm	310 $\pm$ 76	243 $\pm$ 36	200 $\pm$ 54	152 $\pm$ 32	111 $\pm$ 14
			50 cm	96 $\pm$ 7	71 $\pm$ 12	59 $\pm$ 5	45 $\pm$ 4	36 $\pm$ 3
	100 cm		49 $\pm$ 10	40 $\pm$ 6	31 $\pm$ 5	20 $\pm$ 1	16 $\pm$ 1	
	심장	10 cm	415 $\pm$ 79	304 $\pm$ 36	234 $\pm$ 39	166 $\pm$ 28	115 $\pm$ 12	
		50 cm	111 $\pm$ 17	84 $\pm$ 14	67 $\pm$ 7	47 $\pm$ 4	37 $\pm$ 4	
		100 cm	61 $\pm$ 15	43 $\pm$ 6	32 $\pm$ 1	24 $\pm$ 2	16 $\pm$ 2	
	방광	10 cm	308 $\pm$ 58	278 $\pm$ 44	216 $\pm$ 34	157 $\pm$ 37	112 $\pm$ 8	
		50 cm	94 $\pm$ 8	79 $\pm$ 12	62 $\pm$ 7	48 $\pm$ 3	35 $\pm$ 4	
		100 cm	52 $\pm$ 10	41 $\pm$ 6	30 $\pm$ 3	22 $\pm$ 2	15 $\pm$ 1	
	Total		166 $\pm$ 13	131 $\pm$ 10	103 $\pm$ 84	75 $\pm$ 62	55 $\pm$ 42	
	D-Group 5.9 mCi 이하	미간	10 cm	255 $\pm$ 8	241 $\pm$ 8	185 $\pm$ 12	125 $\pm$ 12	100 $\pm$ 4
			50 cm	76 $\pm$ 5	53 $\pm$ 6	43 $\pm$ 7	30 $\pm$ 8	21 $\pm$ 5
100 cm			41 $\pm$ 5	35 $\pm$ 3	27 $\pm$ 1	19 $\pm$ 0	13 $\pm$ 0	
심장		10 cm	338 $\pm$ 32	296 $\pm$ 27	232 $\pm$ 16	146 $\pm$ 20	105 $\pm$ 5	
		50 cm	90 $\pm$ 3	59 $\pm$ 11	47 $\pm$ 10	35 $\pm$ 9	25 $\pm$ 5	
		100 cm	46 $\pm$ 5	37 $\pm$ 5	26 $\pm$ 4	19 $\pm$ 2	14 $\pm$ 1	
방광		10 cm	218 $\pm$ 8	201 $\pm$ 4	171 $\pm$ 4	114 $\pm$ 7	97 $\pm$ 3	
		50 cm	80 $\pm$ 10	60 $\pm$ 16	42 $\pm$ 11	32 $\pm$ 9	24 $\pm$ 6	
		100 cm	43 $\pm$ 5	35 $\pm$ 4	24 $\pm$ 4	17 $\pm$ 2	13 $\pm$ 2	
Total			132 $\pm$ 10	113 $\pm$ 98	88 $\pm$ 79	59 $\pm$ 51	46 $\pm$ 40	

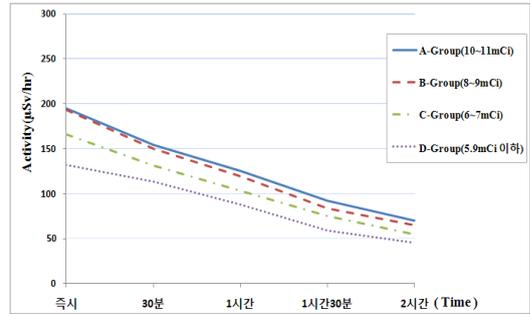


그림 5. 방사성의약품 투여량에 따른 그룹별 외부 방사 선량률( $\mu\text{Sv/hr}$ ). (N=40)

1.4 환자의 신장(콩팥) 상태에 따라 시간변화에 의한 외부 방사선량을 측정.

동일한 용량의 방사성의약품 투여 후 신장(콩팥)기능 상태에 따라 환자로부터 외부 방사선량률은 정상기능을 가진 환자(A-Group)가 비정상기능을 가진 환자(B-Group)보다 모든 구간에서 낮게 측정되어 통계적 유의한 차이(p=0.006)가 있었다(p<0.05)[그림 6].

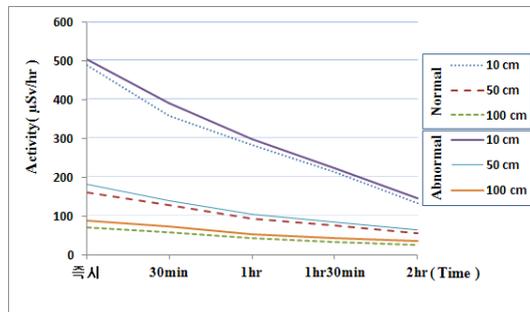


그림 6. 신장 기능 이상 유/무에 따른 외부 방사선량률 ( $\mu\text{Sv/hr}$ ). (N=20)

IV. 고 찰

방사성동위원소를 이용한 질병의 진단 및 치료기술은 PET과 CT가 결합된 융합영상기술(Fusion imaging)의 등장으로 진단적 효율이 이전보다 30% 이상 향상되어 세계적으로 연간 300만건 이상의 촬영이 이루어지는 것으로 추정되고 있다[10].

PET/CT 이용이 점차 늘어남에 따라 환자뿐만 아니라 작업종사자, 환자보호자, 수시출입자 등의 방사선 피

폭에 대한 잠재적인 문제점들이 제기되기 시작 하였고, 방사선 피폭으로부터 안전성을 보장받지 못하고 있다고 보고되었다[11].

이처럼 방사성동위원소 사용량 증가로 방사선원으로부터 노출 정도는 방사선 관리구역 내 환경과 행위, 교육수준 등에 따라 매우 다양한 형태로 피폭을 받게 된다. 방사선원을 직접 취급하는 종사자가 근무 경력이 짧은 경우 방사선원 조작의 미숙함, 잘못된 습관 및 방사선원을 소홀히 다루거나 방사선 방어원칙(시간, 거리, 차폐)을 지키지 않는 경우가 있고, 환자 보호자나 수시 출입자의 경우에는 사전에 방사선 안전교육의 부재와 검사 종료 후 환자의 몸속에 남아있는 잔류 방사선 등에 의한 피폭이 원인이 되고 있다. 이것은 Robinson 등의 선행 연구에서 PET 촬영실 근무 경력이 많을수록 외부 방사선량률에 대한 피폭정도가 낮다는 결과와 일치 된다[12]. 지금까지의 여러 선행 연구에서 방사선원으로부터 보호하기 위한 피폭선량의 평가는 주로 방사선 작업종사자들을 대상으로 평가되어 왔으나 환자 또는 보호자, 수시출입자의 피폭선량 평가는 미미 하였다.

본 연구의 결과에서 촬영 종료 후 환자로 부터 미량의 외부 방사선량률이 노출되고 있었으나 촬영에 참여한 환자 또는 보호자 등에게 대면 설문조사한 결과 기본적인 방사선 안전의식이 없었으며, 환자 또한 본인이 얼마의 방사선량이 남아있는지 인지하지 못하고 있었다. 특히, 연구 결과에서 방사성의약품 투여량이 적을수록 외부 선량률이 낮았으나[표 4], 환자 체형별 외부 방사선량률은 저 체형과 비만인 체형사이에서의 관계는 큰 차이가 없었다[표 3][그림 3]. 그리고 전체적으로 환자로 부터 거리가 멀수록, 투여 후 시간이 지날수록 외부 방사선량률이 현저하게 감소되었다[표 3][표 4]. 이는 박명환이 연구한 방사성의약품 투여 후 환자로 부터 공간 선량률을 측정한 결과와 비슷하다[13]. 또한 신장 기능이 정상일수록, 수분을 섭취 할수록 외부 방사선량률이 낮아 국제방사선방호위원회에서 허용하는 환자 주변인의 허용선량(ICRP 103)에 미치지 않는다고[그림 4][그림 6].

장동근은 방사성동위원소 투여 후 생리식염수를 투여한 그룹의 소변 방사능이 대조군(수분을 섭취하지 않

음)보다 더 높은 방사선량이 검출되었다[4]. 이것은 본 연구결과 수분섭취 시 그렇지 않은 그룹보다 환자로 부터 방출되는 외부 방사선량률이 낮은 것과 상응하는 결과이다.

핵의학과에서 사용하는 방사성동위원소는 비록 저선량이며 반감기(물리적 특성)가 짧지만 인체에 지속적인 노출 시 암의 발생과 유전자변형 등으로 합병증이 유발될 수 있다. 따라서 2007년 국제방사선방호위원회(ICRP)에서는 ICRP 60 권고안을 갱신하여 방사선 방호 체계를 원칙으로 모든 피폭상황에 적용토록 하였으며, 특히 행위의 정당화와 최적화 원칙을 공히 적용 된다고 정의 하였다[9]. 이 간행물에 의하면 방사선 작업 종사자는 유효선량 한도가 연간 50 mSv(5년간 100 mSv), 수시 출입자는 12 mSv/y, 환자보호자 또는 간병인은 치료전당 5 mSv, 일반인은 1 mSv/y를 넘지 않아야 된다. 단, 의료피폭은 선량의 제한에 두지 않는다.

그러나 국민보건수준이 높은 선진국일수록 건강에 대한 관심과 사회적, 경제적 의료혜택의 기회가 많아지면서 예방적 진단을 위해 핵의학적 촬영 증가로 환자뿐만 아니라 보호자, 작업종사자 등이 방사선원으로부터 위협에 노출될 확률이 점차 많아지고 있다.

그러므로 환자의 안전이나 진단의 정확도를 훼손하지 않는 범위 내에서 정확한 방사선량을 투여하고 적절한 업무 프로토콜에 의해 촬영이 시행되어야 하며, 촬영 전 환자를 포함한 주변인의 방사선에 대한 안전관리 교육이 필요하다.

## V. 결론

양전자방출단층촬영은 방사성의약품을 환자에게 투여 직후부터 촬영이 종료된 후에도 환자에게 투여한 방사성의약품은 고유의 물리적, 생물학적 특성에 의해 점차 소멸될 때까지 외부로 방사선이 방출되어 작업종사자 뿐만 아니라 환자보호자, 수시출입자 등에게 불필요한 방사선 피폭원이 된다.

따라서 방사선 안전관리를 적법하게 준수하기 위하여 방사선 작업종사자는 선원을 취급하기 전 충분한 교육과 모의 훈련을 통해 작업시간을 최소화 할 수 있도록

록 노력해야 할 것이며, 개인 방사선 방호구를 착용하여 외부 방사선원으로부터 피폭을 최소화 시켜야 한다.

핵의학과 작업종사자는 환자에게 충분한 교육을 통하여 촬영이 종료한 후에도 수분을 충분히 섭취하여 체내에 잔존한 방사선원을 소변을 통해 배출할 수 있도록 노력해야 하며, 신장기능이 비정상적인 환자의 경우 일정시간 주변인과 가급적 떨어져 생활함으로써 방사선원으로부터 피폭을 줄일 수 있도록 해야 한다. 또한 환자 보호자, 수시출입자 등은 환자와 대면 시 일정 시간 동안 시간을 짧게 하고 가급적 거리를 멀리하여 방사선원으로부터 안전하게 보호할 수 있도록 관리되어야 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 정준기, 이명철, 고창순 핵의학, 고려의학, 제3판, pp.247-56, 2008.
- [2] D. W. Townsend, *Multimodality imaging of structure and function*. Phy Med Bio, Vol.53, pp.1-39, 2008.
- [3] T. F. Lang, B. H. Hasegawa, S. C. Liew, J. K. Brown, S. C. Blankespoor, S. M. Reilly, E. L. Gingold, and C. E. Cann, *Description of a prototype emissiontrans -mission CT system* J Nucl Med, Vol.33, No.10, pp.5-39, 1992.
- [4] 장동근, *PET/CT 검사에서 이노제 사용 여부에 따른 18F-FDG 배설에 관한 연구*, 한서대학교 대학원 석사학위논문, 2012.
- [5] <http://www.ri.or.kr>.
- [6] 장동혁, *PET 방사선 작업종사자의 피폭 및 방호와 인식에 관한 연구*, 고려대학교 보건대학원 석사학위 논문, 2006.
- [7] 광병준, *F-18 FDG를 이용한 핵의학 검사에서 주변 선량의 안전성 평가*, J KOSOS, 제24권, 제6호, pp.157-161, 2009.
- [8] 권정완, *진단방사선 및 핵의학 검사에 의한 한국인의 의료상 피폭*, 방사선방호학회지, 제30권, 제4호, pp.185-196, 2005.

- [9] 국제방사선방호위원회 권고, ICRP간행물103, pp.55-110, 2007.
- [10] 원자력 연감, 한국원자력산업회의 2008.
- [11] 임창선, 강보선, 핵의학과에서 방사선 피폭관리 실태에 대한 조사연구, 한국산학기술학회지, 제10권, 제7호, pp.1760-1765, 2009.
- [12] C. N. Robinson, J. G. Young, and V. J. Ibbetson, *A study of the personl radiation dose received by nuclear medicine technologists working in a dedicated PET center*. Health Phys, Vol.88, pp.175-215, 2005.
- [13] 박명환, *전신 PET/CT 검사에서 공간선량률 측정*, 방사선기술과학, 제29권, 제4호, pp.257-260, 2006.

### 저 자 소 개

조 용 귀(Yong-Gwi Cho)

정회원



- 2010년 2월 : 동남보건대학교(학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 보건대학원(석사과정)
- 1998년 11월 ~ 현재 : 인하대병원 핵의학과 근무

<관심분야> : 핵의학, 방사선방어

김 성 철(Sung-Chul Kim)

정회원



- 2009년 8월 : 전북대학교 방사선 기술과학(이학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 방사선학과 교수

<관심분야> : 의료기기, 의료선량

안 성 민(Sung-Min Ahn)

정회원



- 2010년 2월 : 한서대학교 화학과 (이학박사)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 방사선학과 교수

<관심분야> : 핵의학, 방사선관리