

◆ 원 저 ◆

## 체내대사를 이용한 핵의학적 검사의 선량률 저감에 관한 연구

강용길<sup>1,2,3</sup> · 나수경<sup>1</sup> · 홍진웅<sup>3</sup> · 이귀원<sup>4</sup> · 김낙상<sup>5</sup>

<sup>1</sup>김천대학교 방사선과 · <sup>2</sup>고려대학교 안암병원 핵의학과 · <sup>3</sup>광운대학교 전기공학과 ·

<sup>4</sup>동남보건대학교 방사선과 · <sup>5</sup>송호대학교 방사선과

## Study in vivo metabolism using nuclear medical examination of the dose rate reduction

Yong-Gil Kang<sup>1,2,3</sup> · Soo-Kyung Na<sup>1</sup> · Jin-Woong Hong<sup>3</sup> · Gui-Won Lee<sup>4</sup> · Nak-Sang Kim<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Radilolical Science, Gimcheon University ·

<sup>2</sup>Department of Nuclear Medicine, Korea University ANAM Hospital ·

<sup>3</sup>Department of Electrical Engineering, Kwangwoon University ·

<sup>4</sup>Department of Radilolical Technology, Dongnam Health College ·

<sup>5</sup>Department of Radilolical Technology, Songho College

### Abstract

The purpose of this study was administered to the body for examination and treatment, high-energy radioactive isotope(F-18, I-131) in vitro discharge experiments. Increasing exposed dose of radiation to health professionals is caused by the increase of PET/CT use and a radioactive isotope. Therefore, the high-energy isotope F-18 and I-131 after administration about using Metabolite excretion was studied. As a results of this study, patients had plenty of fluids for testing and treatment alone administered radiopharmaceuticals can be more than twice as fast excretion induced emissions. Also was able to get a better image space to reduce the dose rate.

Key words : Treatment, Positron, <sup>18</sup>F-FDG, 양전자단층촬영, <sup>131</sup>I,

Received: November 06, 2012, 1st Revised: November 07, 2012, /

Corresponding Author: 강용길

(740-704) 경상북도 김천시 대학로 214

Tel: 054) 420-4046 Fax: 054) 420-4462

E-mail: koreatzp@korea.ac.kr

## I. 서론

첨단의료기기의 개발과 더불어 방사선의 의학적 이용 또한 증가하고 있으며, 의료용 방사선은 질병의 진단과 치료 뿐 만 아니라 연구에 중요한 역할을 하고 있다. 방사선의 한 분야인 핵의학검사는 비관혈적인 검사로 환자에게 검사의 편리성을 주는 반면 검사에 따른 방사선 피폭을 준다. 따라서 검사자와 피검사자의 방사선 피폭으로부터 안전 할 수 없으며 효과적인 피폭 저감에 대해 노력할 필요가 있다. 피폭관리는 진단방사선발생장치 안전관리에 관한 규칙(보건복지부령 제3호, 1995년 1월 제정)에 의해 처음 국가관리가 시행됐다. 2010년 식품안전청평가원의 조사결과에 따르면 진단용 방사선 관련종사자는 1996년 관리초기에 12,652명 이었으나 2010년 4.4배 증가한 55,614명에 이른다.

이중 방사선사, 치과의사, 의사가 차지하는 비율이 77.7%에 해당하며, 2011년 안정청 보고에는 산업계 의료기관중 치료방사선분야와 핵의학분야 방사선 작업종사자의 피폭선량 관련 자료를 제외 한 방사선 종사자의 피폭은 매년 점차 감소되는 추세라는 보고했다.<sup>1</sup>

한편 핵의학분야는 핵의학 장비의 첨단화에 따른 동위원소의 사용량이 급증하고 있으며, 그 중 정확한 암전이 여부를 진단할 수 있는 PET/CT에 사용되는  $^{18}\text{F}$ -FDG(Fluoro-Deoxy-Glucose)와 갑상샘 치료에 사용되는 옥소( $^{131}\text{I}$ )가 대표적인 동위원소이다. 건강보험심사평가원 및 대한핵의학회 자료에 의하면 1999년 PET 사용건수 약 3,000건에서 2009년 약 300,000건으로 PET건수가 10년에 약 1,000배의 건수증가를 보인다. 또한 갑상샘 암환자의 증가로 인한 수술 후  $^{131}\text{I}$ (옥소)치료의 사용량이 10년 전에 비해 약 5배 증가하였기 때문이다.<sup>2</sup> 이와 같이 방사성의약품 사용량증가는 환자수의 증가를 의미하며, 환자에게 약품 투여시간과 투여량이 증가되고 이로 인한 환자에서 나오는 방사선의 피폭증가 뿐 만 아니라 분배, 투입, 환자 대기시간 및 검사에 이르는 일련의 과정에 의한 검사자의 직·간접적인 피폭증가가 되고 있다. 따라서 검사자 및 피검사자의 피폭선량 경감을 위한 노력이 절대적으로 필요하다. 이를 위한 방법으로 검사자의 체내대사를 이용한 방사선량 저감방법을 연구함으로써 의료피폭의 저감을 통해 국민의료 보건 향상에 있다. 따라서 본 연구에서는 핵의학검사 및 치료에 사용되는 고에너지 군에 해당하는 양전자 핵종의  $^{18}\text{F}$ -FDG와  $^{131}\text{I}$ 를 대상으로 체내대사를

이용한 체내 방사성의약품의 체외배출 후 공간선량률을 비교함으로써 체내방사성의약품으로부터 직·간접적인 피폭선량의 저감을 위한 효과적인 방법에 대해 논하고자 한다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 장비 및 사용도구

Pancake probe Survey meter(VICTOREEN Model 290, 검교정 2012 3.16 효율 60~70%),  $^{18}\text{F}$ -FDG 370 MBq( $10 \pm 2$  mCi),  $^{131}\text{I}$  150 mCi, 생수(L), CAPTUS 3000, Capintec Radioisotope Calibrator<sup>®</sup>CRC-12가 이용되었으며, 양전자 단층촬영 12명, 옥소치료 12명을 대상으로 평소와 동일한 방법으로 진행하였다.

양전자방출 표지방사성의약품( $^{18}\text{F}$ -FDG)은 사이클로트론(cyclotron)에서 생성, 양전자를 방출하는 핵종으로 표지된 방사성의약품이다.

1978년  $^{18}\text{F}$ -FDG(2-fluoro-2-deoxyD-glucose) 합성이 처음 보고된 이후 플루오르(Fluorine;  $^{18}\text{F}$ )로 표지된 화합물로 가장 많이 사용된다. 따라서 양전자 단층촬영을 위해 가장 많이 사용하는  $^{18}\text{F}$ -FDG를 임상에서 사용되는 볼륨 3 mL, 370 MBq( $10 \pm 2$  mCi) 주사 후 그리고 갑상샘 절제 후 치료에 이용되는 옥소( $^{131}\text{I}$ )는 갑상샘암 수술 후 150 mCi 투여한 입원환자를 대상으로 했다.

### 2. 실험방법

핵의학적 검사 및 치료에 사용되는 고에너지인  $^{18}\text{F}$ ( $\gamma$ , 511 keV)와  $^{131}\text{I}$ ( $\beta^-$ , 606 keV,  $\gamma$ , 364 keV)에 대하여 일반적인 거리(distance), 시간(time), 차폐(shielding)의 방어 3원칙 뿐 만 아니라 생리적 대사활동을 이용함으로써 주입한 체내 방사성의약품의 신속한 체내배출을 유도함으로써 검사자나 피검사자의 피폭선량 저감에 있다.

#### 1) $^{18}\text{F}$ -FDG 주사 후 체내대사를 위한 방법

실험에 참가한 12명의 실험군 가) 6명의 평균 나이는 48.3세, 키/몸무게 168.3/68.5로  $^{18}\text{F}$ -FDG 10.75 mCi를 주사, 실험군 나) 6명은 평균 나이는 48.7세, 키/몸무게 168.0/64.7로  $^{18}\text{F}$ -FDG 10.70 mCi를 주사하여 실험 비교군을 각각 가)군과 나)군으로 나누어 진행했다.

#### (1) 실험군 가)

실험군 가)의 6명은 주사 1시간 전 500 mL(500 mL

1명) 섭취한 후 주사직전 듀스파타린 (duspatarin) 1정과 함께 150 mL의 물을 섭취하고, <sup>18</sup>F-FDG, 370 MBq(10±2 mCi)를 주사하고 곧바로 500 mL(500 mL 1 병)의 물을 섭취하게 하여 30분 이내 완료하도록 했다.

(2)실험군 나)

실험군 나)의 6명은 주사 1시간 전 150 mL(종이컵 1개)의 물을 섭취하고 주사직전 듀스파타린(duspatarin) 1정과 함께 150 mL의 물을 섭취한 후 주사 직후 150 mL(종이컵 1개)의 물을 섭취하도록 했다.

각각의 실험군 가)와 나) 12명에 대해 주사 60분 휴식 후 방광을 비우고 환자와의 거리 1 m, 심장높이에서 각 실험군 가), 나)에 대해 공간선량률 각각 측정하였다.

이상과 같이 실험군 가)는 방사성의약품 투여 1시간 전부터 주사 후 30분까지 약 1,150 mL의 물을 섭취하고 실험군 나)는 동일 조건에서 450 mL의 물을 섭취하게 했다.

Table 1. <sup>18</sup>F-FDG of the dosage, and the basic information

실험군 가)				
성별	나이	키 (cm)	몸무게 (kg)	주사량 (mCi)
M	68	176	69	10.5
F	60	168	70	10.9
F	40	160	53	11.1
M	39	180	86	10.5
F	45	167	68	11.3
F	38	159	65	10.2
평균	48.3	168.3	68.5	10.75

실험군 나)				
성별	나이	키 (cm)	몸무게 (kg)	주사량(mCi)
M	37	175	79	11.1
F	70	168	52	10.5
F	51	162	63	10.5
F	50	170	71	11.2
M	44	167	59	10.3
F	40	166	64	10.6
평균	48.7	168	64.7	10.7

2) <sup>131</sup>I 투약 후 체내대사를 위한 방법

12명의 옥소치료 실험참가자 중에서 실험군 가) 6명의 평균 나이는 54.7세, 키/몸무게 160.7/63.2, 실험군 나) 6명은 평균 나이는 51.2세, 키/몸무게 161.8/63으로 실험군 모두 동일한 치료용량인 <sup>131</sup>I 150 mCi 경구 투여 후 각각 가)군과 나)군으로 나누어 진행했다.

Table 2. <sup>131</sup>I of the dosage, and the basic information

실험군 가)				
성별	나이	키 (cm)	몸무게 (kg)	사용량 (mCi)
F	67	157	59	150
F	53	163	63	150
F	52	152	57	150
M	63	171	69	150
F	53	153	62	150
M	40	168	69	150
평균	54.7	160.7	63.2	150

실험군 나)				
성별	나이	키 (cm)	몸무게 (kg)	사용량(mCi)
F	47	158	54	150
F	45	167	62	150
F	53	159	65	150
M	65	165	68	150
M	47	163	61	150
F	50	159	68	150
평균	51.2	161.8	63	150

고용량 옥소치료는 2박 3일간 입원하여 치료하게 된다. 따라서 옥소투여 전 주의사항을 충분히 지켰다는 가정 하에서 입원과 약물 투여시간을 기준으로 환산했다.

(1) 실험군 가)는 입원기간(3일간) 약물투여 후 매일 2 리터이상의 물을 섭취하도록 하여 총 6리터 이상의 물을 섭취하도록 한다.

(2) 실험군 나)는 입원기간(3일간) 약물투여 후 매일 1 리터의 물만을 섭취하게 하여 총 3리터의 물만을 섭취하게 한다. 단, 실험참가자 중 콩팥기능에 문제가 있는 환자는 실험에 배제시켰다.

### 3. 측정방법

#### 1) <sup>18</sup>F-FDG 공간선량률 측정

측정대상 환자는 k대학병원 PET/CT를 실시할 예정인 환자를 대상으로 무작위 12명을 대상으로 주사 1시간 전 500 mL(500 mL 1병) 섭취한 후 주사직전 듀스파타린(duspatarin) 1정과 함께 150 mL의 물을 섭취하고, <sup>18</sup>F-FDG, 370 MBq(10±2 mCi)를 투여 직후 500 mL(500 mL 1병)의 물을 섭취한 가)실험군 6명과 주사 1시간 전 150 mL(종이컵 1개)의 물을 섭취하고 주사직전 듀스파타린(duspatarin) 1정과 함께 150 mL의 물을 섭취한 후 주사 직후 150 mL(종이컵 1개)의 물을 섭취한 나)실험군 6명에 대해 주사 60분 후 방광을 비우고 환자와의 거리 1 m, 심장높이에서 각 실험군에 대하여 공간선량률 각각 측정하였다.

Table 3. The spatial dose rate of <sup>18</sup>F-FDG time-lapse  
Unit :  $\mu$  Sv/h

구분	<1 분	1h	1.5h	6h	12h	24h
실험군	43.3	19.2	14.1	1.85	0.25	0.01
	44.2	21.6	18.9	1.93	0.26	0.01
	51.2	19.3	11.3	1.56	0.12	0.01
	58.2	19.7	12.6	1.89	0.24	0.01
(가)	47.1	17.6	13.2	1.25	0.11	0.01
	46.6	18.8	10.2	1.32	0.21	0.01
평균	48.4	19.4	13.4	1.63	0.20	0.01

구분	<1 분	1h	1.5h	6h	12h	24h
실험군	58.5	28.7	21.6	4.92	0.89	0.01
	53.3	39.5	23.3	4.14	0.63	0.01
	49.2	29.3	22.9	2.95	0.37	0.01
	57.3	27.1	26.1	3.16	0.28	0.01
(나)	58.8	28.5	23.8	3.32	0.48	0.01
	59.3	33.2	29.7	4.92	0.75	0.01
평균	56.1	31.1	24.6	3.90	0.57	0.01

#### 2) <sup>131</sup>I(옥소) 공간선량률 측정

측정대상 환자는 갑상샘암 절제수술 후 고용량 150 mCi를 투여한 <sup>131</sup>I(옥소) 입원치료대상 환자 12명을 무작위로 선정하여 입원기간(2박3일)동안 가)실험군 6명은 3일간 매일 2 리터 이상의 물을 섭취하게 했으며

나)실험군 6명에 대해서는 매일 1 리터의 물만을 섭취하게 하였다. 실험참가환자의 몸무게, 키는 다양하며, 일정시간 경과 후 지면에서 약 1 m인 환자의 배꼽위치 각각 6시간, 1일, 2일, 3일째에 방광을 비운 후 공간선량률을 측정하였다.

Table 4. <sup>131</sup>I dose and water intake

실험군 가)					
성별	나이	키 (cm)	몸무게 (kg)	사용량 (mCi)	물섭취량 (mL)
F	67	157	59	150	6,000
F	53	163	63	150	6,000
F	52	152	57	150	6,000
M	63	171	69	150	6,000
F	53	153	62	150	6,000
M	40	168	69	150	6,000
평균	54.7	160.7	63.2	150	6,000

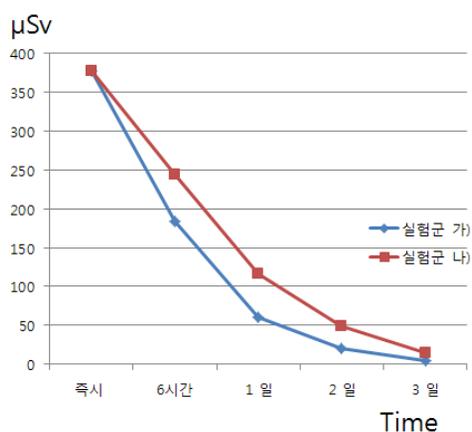
실험군 나)					
성별	나이	키 (cm)	몸무게 (kg)	사용량 (mCi)	물섭취량 (mL)
F	47	158	54	150	3,000
F	45	167	62	150	3,000
F	53	159	65	150	3,000
M	65	165	68	150	3,000
M	47	163	61	150	3,000
F	50	159	68	150	3,000
평균	51.2	161.8	63	150	3,000

Table 5. Change according to the time of the spatial dose rate(After <sup>131</sup>I administration)

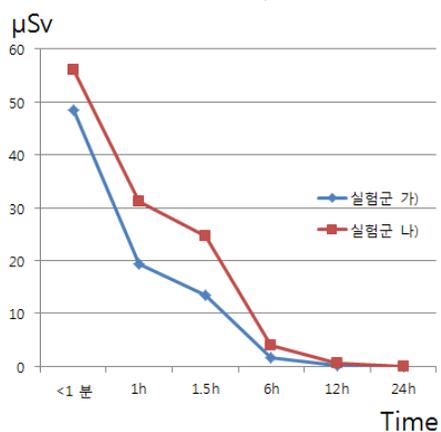
Unit :  $\mu$  Sv/h

구분	즉시	6시간	1 일	2 일	3 일
실험군	360.4	179.9	52.7	17.9	4.8
	399.3	199.9	65.9	16.8	3.9
	389.3	148.4	53.8	17.8	4.2
	369.8	213.7	78.5	32.1	5.2
(가)	377.5	199.7	58.3	17.9	3.9
	368.3	163.4	57.1	16.9	3.4
평균	377.4	184.2	61.1	19.9	4.2

구분	즉시	6시간	1 일	2 일	3 일
실 험 군	389.9	218.7	101.4	48.8	9.4
	360.2	299.8	131.1	49.5	13.3
	389.3	199.8	111.7	49.9	10.9
	398.9	261.4	129.7	48.4	19.4
(나)	384.9	226.2	100.3	47.3	11.3
	339.4	261.3	121.3	47.6	18.6
평균	377.1	244.5	115.9	48.6	13.9



a. 131I 투여 후



b. 18F-FDG 주사 후

Fig 1. Change according to the time of the spatial dose rate

### 3. 분석

#### 1) 수분섭취정도에 따른 공간선량률 분포

방사성의약품 18F-FDG는 주사 후 약 45 분 이상이 지나면 대부분 장기에 집적된다. 따라서 주사 후 환자와 1 m 거리의 환자 심장높이에서 각각 < 1 분, 1 시

간, 1 시간 30 분, 6 시간, 12 시간, 1 일이 지난 후 실험군 가), 실험군 나)의 공간선량률 측정결과 수분을 충분히 섭취한 실험군 가)가 실험군 나)보다 빠른 체내 방사성의약품의 체외 배출로 피폭경감의 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 6. Change according to the time of the spatial dose rate(After 18F-FDG injection, the experimental group a,b) Unit : µ Sv/h

구분/ 물 섭취량(mL)	< 1m	1h	1.5h	6h	12h	24h
실험군 가) 물 1,150 mL	48.4	19.4	13.4	1.63	0.2	0.01
실험군 나) 물 450 mL	56.1	31.1	24.6	3.9	0.57	0.01

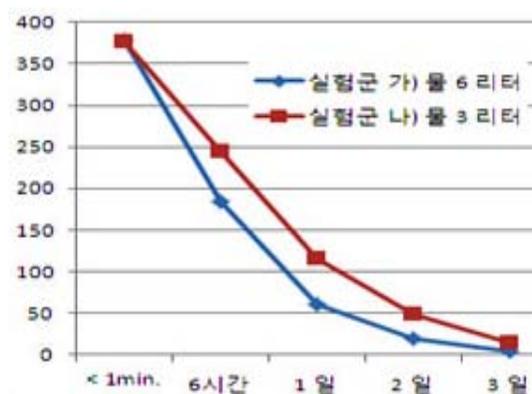


Fig 2. Change according to the time of the spatial dose rate(After 18F-FDG injection)

Table 4,6에서와 같이 18F-FDG 주사 후 시간에 따른 공간선량률 변화는 약품 주사 후 방광을 비운 상태에서 각 시간대별 측정결과 충분히 물을 총 1,150 mL 이상 섭취한 실험군 가)와 450 mL 만을 섭취한 실험군 나)의 비교에서 1분 이하의 공간선량률 이후 1시간에서 1.6, 1시간 30분경과 1.8, 6시간 2.4, 12시간 2.8배 많은 양이 체외로 배출시키는 효과가 있음을 확인할 수 있었으며 24시간 후에는 Background 수준으로 실험군 가), 나)가 동일했다.

Table 7. Change according to the time of the spatial dose rate(<sup>131</sup>I administered after experimental a,b) ( $\mu$  Sv/h)

구분/ 물 섭취량(mL)	< 1min.	6시간	1 일	2 일	3 일
실험군 가) 물 6 리터	377.4	184.2	61.1	19.9	4.2
실험군 나) 물 3 리터	377.1	244.5	115.9	48.6	13.9

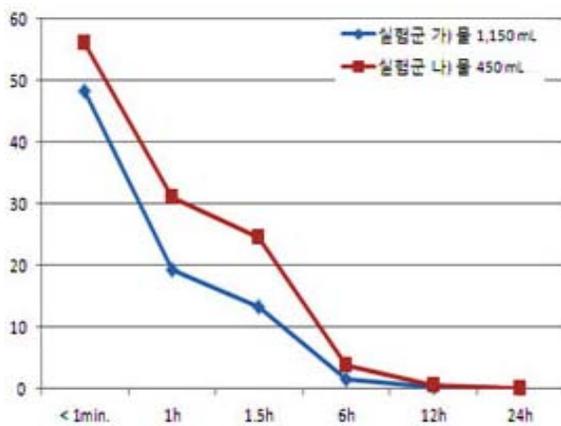


Fig 3. Change according to the time of the spatial dose rate(After <sup>18</sup>F-FDG injection)

Table 5, 7에서 보여주는 것과 같이 <sup>131</sup>I 투여 후 시간에 따른 공간선량률 변화는 약품 경구투여 후 방광을 비운 상태에서 측정결과 충분히 물을 총 6리터 이상 섭취한 실험군 가)와 3리터만을 섭취한 실험군 나)의 비교에서 1분 이하의 공간선량률에는 변화가 없었으나 6시간 1.3, 1일째 1.9, 2일째 2.4, 3일째 3.3배 많은 양이 체외로 배출시키는 효과가 있음을 확인할 수 있다. 따라서 입원기간 중 충분한 물 섭취만으로 고선량 갑상샘 치료 후 ICRP가 퇴원 권고하는 50  $\mu$ Sv/h이하의 공중선량에 미리 도달하는 것을 알 수 있다.

2) 인체 내 대사 작용 및 기전

<sup>18</sup>F-FDG는 주사 후 최소 약 45 분 이상에서 1 시간이 지나면 대부분 장기 내에 <sup>18</sup>F 흡수 집적된다. 실험에 참가한 환자의 병적상태에 따라 공간선량률 측정에는 오차가 발생할 수밖에 없었다. 이는 동일 환경이라 할 지라도 체형과 나이 병명적상태가 다르기 때문에 동일한 병명과 비슷한 체형을 가진 환자라 할지라도 생리적

대사나 기능에 차이가 발생하는 이유이기도 하다. 따라서 옥소의 측정은 환자의 배꼽위치인 1 m높이에서 측정하였고, 양전자핵종 측정 시는 환자의 심장높이에서 측정하였다. 단 실험에 참가한 환자의 콩팥기능은 고려되지 않았다.

IV. 고찰 및 결론

의료기술의 눈부신 발전은 의료계 전반적인 발전을 가져 왔다. 더불어 대다수의 병원들은 검진을 위해 CT, PET/CT를 많이 이용한다. 따라서 많은 검사로 인한 환자의 불편을 최소화 하기위해 같은 날 영상의학과 CT 실시 후 당일 PET/CT를 실시하는 경우가 많다. 또한 중증환자의 보험적용은 PET/CT 장치의 보급과 이용 증가요인이 되고 있다. 이와 같이 검사의 증가는 더 많은 방사선피폭에 노출됨을 피할 수 없으며, 주변 보호자 및 종사자의 피폭이 증가되기에 방사선피폭의 안전이 고려되어야 한다.

따라서 본 연구에서 k대학병원의 PET/CT검사를 위한 <sup>18</sup>F-FDG 주사 후와 고용량 옥소(<sup>131</sup>I) 입원치료 환자의 옥소 투여 후 체내 유리된 방사성의약품의 체외배출을 위한 효과적인 방법으로 생리적 기전을 이용하기 위해 충분한 수분을 섭취하도록 했다.

결과 실험군 가)가 실험군 나)보다 빠른 체내 방사성의약품의 배출로 약 2배의 빠른 배출을 유도함으로써 검사자의 체내 피폭경감의 효과가 있는 것으로 나타났다. 실험에 참가한 대상은 단지 중증환자로 콩팥의 기능을 참고하지 않다.

본 연구결과 검사전후 환자에게 충분한 수분을 섭취하도록 함으로서 고선량 옥소치료와 양전자단층촬영으로 인한 검사자의 피폭경감 뿐 만 아니라 체내 유리기를 충분히 배출하고 영상을 획득함으로 양질의 영상을 획득할 수 있었다.

특히 임상에서 방사선을 이용한 검사를 실시 할 때 실보다 득이 많을 때 한하여 검사를 실시하고, 정당화(justification), 최적화(optimization), 선량제한(limitation)의 3원칙과 방어 3원칙인 시간(time), 거리(distance), 차폐(shielding)를 충실히 지킴으로서 종사자나 환자의 피폭저감을 기대할 수 있고 환자에게 주사 된 방사성의약품을 신속한 배출을 유도함으로서 검사로 인한 환자피폭의 저감을 기대할 수 있음을 확인 했다.

따라서 본 연구 결과 PET/CT검사 및 옥소치료시 불

가피하게 받는 방사선피폭의 경감을 위하여 생리학적으로 배출을 유도함으로써 피폭을 줄일 수 있음을 입증할 수 있었다. 따라서 검사로 인한 방사선 피폭으로부터 최대한 보호하기 위하여 방사선의 적절한 사용과 방사성의약품 투여 전후의 충분한 환자의 수분섭취가 필요함을 알 수 있다. 본 연구를 통해 적절한 환자관리로 검사 및 치료로 인한 피폭저감을 위한 개인 피폭선량 저감에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. 2010년도 의료기관 방사선관계종사자의 개인피폭선량 연보. 피폭선량관리센터, 2011.2.
2. 건강보험심사평가원-연도별 방사성 동위원소 치료건수 통계자료(2010).
3. ICRP: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Oxford, 1990.
4. <http://www.convert-me.com/en/convert/ra>