

## 방사능 측정기를 이용한 F-18 FDG 방사능의 비교

\*남부대학교 방사선학과, †신흥대학 방사선과, ‡연세의료원 세브란스병원 핵의학과,  
§전남대학교병원 심장질환 치료기술 개발 특성화 연구센터

진계환\* · 권대철† · 오기백‡ · 박훈희‡ · 김정열‡ · 박민수‡ · 박대성§

국내병원에 설치된 PET와 PET/CT의 영상품질관리와 방사능 피폭을 효과적으로 관리하기 위해서는 환자에게 투여하는 F-18 FDG 방사능 측정에 사용하는 방사능 측정기에 따른 정도관리가 필요하다. F-18 FDG의 정확도와 정밀도를 방사능 측정기로 방사능을 측정하기 위해 시료제조 및 방사능을 측정하였다. F-18 FDG의 방사능 측정에 사용하는 방사능 측정기의 정확도와 정밀도를 파악하여 방사능 측정기에서 측정된 방사능을 보정하였다. 국내 의료기관의 PET 시스템을 시간간격으로 측정하여 한국표준과학원에서 측정된 방사능을 기준 값으로 병원에서 측정된 방사능과 비교하여 정확도와 정밀도를 산출하였다. 정확도를 이용하여 팬텀에 주입하는 방사능을 보정함으로써 팬텀에 주입하는 방사능량에 대한 신뢰성을 확보하였다. F-18 FDG의 방사능 측정기의 정확도는 -5.00%에서 +4.50%, 정밀도 0.05%에서 0.45%으로 국제기준인 정확도 ±10%, 정밀도 ±5%를 모두 만족하였다. PET/CT 시스템들에 대한 정량적 비교 분석 자료는 PET/CT의 진단율을 높이는 효과가 기대된다.

**중심단어:** F-18 FDG, 방사능 측정기, PET/CT

### 서 론

PET/CT는 방사성동위원소를 이용하는 양전자방출단층촬영(positron emission tomography, PET)과 엑스선을 이용하는 전산화단층촬영(computed tomography, CT)을 융합시켜 PET의 기능적 영상과 CT의 해부학적 영상을 동시에 얻어 영상을 재구성하는 장비이다. PET/CT 시스템은 세계적으로도 임상에서 이용한지 오래되지 않은 분야이고, 또한 표준섭취계수를 포함하여 PET/CT 영상의 품질관리에 대한 세계적인 표준이 정해지지 않은 분야로 이에 대한 지속적인 연구 지원 및 우수 인력이 필요한 분야이다. 고민감도, 고분해능의 PET/CT 영상기기의 발전은 진단 영상기기 기술 및 핵의학 발달과 더불어 여러 분야의 유기적 학문연결 및 발전에 기여해 왔으며, 특히 기초 과학 및 의학 연구발전에 많은 공헌하고 있다. PET/CT 영상을 이용하여 혈류량, 기저대사율 및 합성율과 같은 생화학적 현상을 측정할

수 있을 뿐만 아니라, 신경수용체와 전달체 농도 그리고 더 나아가 유전자의 영상화도 가능하지만, 물리학, 화학, 의학, 재료공학, 전자공학, 컴퓨터공학 등 폭넓은 분야가 유기적으로 학문연결 되어야하는 융합 연구가 필요한 분야이다.

국민들의 건강수명 연장 및 삶의 질에 대한 국민의 관심 증대로 의료 영상 품질 관리에 대한 사회적 요구가 증대하고 있어, 국내의료기관에 설치된 PET/CT가 최근에 급격하게 증가하면서 각기 다른 PET/CT 기기 간의 이동도 증가하고 있다. 이러한 PET/CT는 현재 암의 진단을 위해 진단이 용이한 F-18을 표지한 FDG (fluorodeoxyglucose)를 사용하고 있으며,<sup>1,3)</sup> 사용 빈도가 증가하고 있다.<sup>4)</sup>

PET로 암의 조기 검진을 가능하게 한 F-18 FDG는 중앙의 포도당 대사를 반영하며, 대부분의 악성 종양에서 포도당 대사가 항진되어, 암의 진단과 병기 결정에 유용하게 이용되고 있고, 치료 방침을 결정하는데 있어서도 해부학적 영상들의 단점을 보완하는 방사성의약품으로 전 세계적으로 가장 널리 보급되고 있으며, 사용이 증가됨에 따라 방사능의 정확도 및 정밀도의 정도관리의 중요성이 더욱 부각되고 있다.<sup>5,6)</sup> 이에 따른 PET/CT 영상품질관리와 환자피폭선량 경감을 위해서는 방사성의약품에서 해당 핵종의 방사능을 측정하는 장치인 방사능 측정기(dose calibrator)로 환자에게 투여하는 F-18 FDG의 방사능을 측정하고 정밀도

본 연구는 2008년도 식품의약품안전청 용역연구개발사업의 연구비(과제번호 08142방사선384) 지원에 의해 수행되었음.

이 논문은 2009년 8월 12일 접수하여 2009년 9월 15일 채택되었음.  
책임저자 : 권대철, (480-701) 경기도 의정부시 호원동 117

신흥대학교 방사선학과

Tel: 031)870-3427, Fax: 031)870-3429

E-mail: dckweon@shc.ac.kr

를 유지하기 위해서는 정도관리가 필요하다.<sup>7)</sup> 방사선의약품은 투여 전에 방사능을 확인하여 정확도가 10% 이내이어야 하고, 방사성 핵종에서 발생하는 광자로 인하여 환자에게 방사능 피폭을 경감하기 위해서는 세심하고 정밀한 정도관리를 하여야 한다.<sup>8)</sup>

PET/CT를 이용한 검사에서 환자들에게 방사능 피폭을 효과적으로 관리하기 위해 한국표준과학원에서 측정된 F-18 FDG 방사능과 의료기관에서 사용하는 방사능 측정기로 측정된 F-18 FDG 방사능을 비교하여 정확도(accuracy)와 정밀도(precision)를 계산하였다.

### 재료 및 방법

F-18 FDG의 정확도와 정밀도를 방사능 측정기로 방사능을 측정하기 위해 시료제조 및 방사능 측정을 위해 계획하였다(Fig. 1).

#### 1. 시료 제조

F-18 FDG는 사이클로트론(Sumitomo Heavy Industries, Ltd. Tokyo, Japan)에서 생산하여 증류수를 희석하여 4 ml

용기에 주입하였고, 시료무게는 시료전체 무게에서 용기무게를 제외하였다(Fig. 2). 팬텀에 주입할 F-18 FDG의 방사능 측정에 사용하는 방사능 측정기의 정확도와 정밀도를 파악하여 방사능 측정기에서 측정된 방사능을 보정하기 위해 표준과학연구원에서 시료주입 전의 용기무게 측정하였다(Table 1). F-18 FDG와 증류수를 희석하여 무게 13.4215±0.1123 g인 10 ml 유리바이알에 용액이 4.1312±0.0394 g이 되도록 시료 10개를 제조하였다(Table 2).

한국표준과학원에서 바이알(vial)을 중심으로 대칭적으로 놓인 3개의 광전자증배관에서 발생하는 이중동시계수율과 삼중계수율 사이의 비율을 측정하고, 용액선원 방사능을 절대 측정하는 TDCR (triple to double coincidence ratio) 검출기를 이용하여 측정하였다. F-18 FDG 시료의 단위질량당 방사능은 20.11 MBq/g (2008년 9월 2일 12:00:00 기준, 정확도 ±2%)이었다.

#### 2. 방사능 측정

서울, 충청, 호남, 부산의 8개 병원에 설치된 CRC-15 PET 8대, CRC-15Beta 1대, CRC-712MH 1대의 방사능 측정

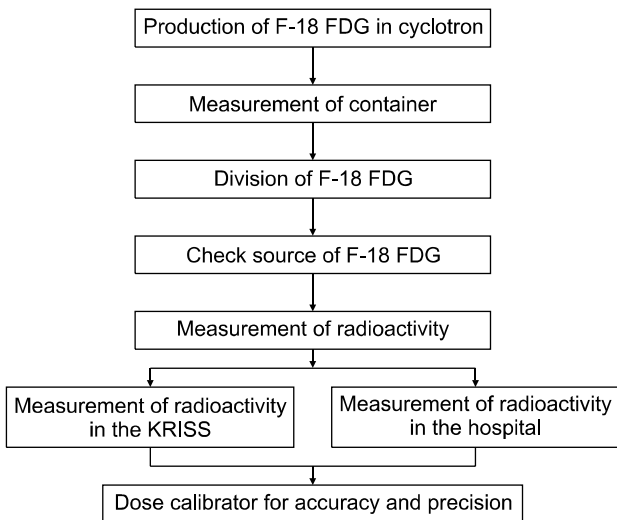


Fig. 1. Research process flowchart.



Fig. 2. Check source of F-18 FDG.

Table 1. Measured check source of F-18 FDG in the KRISS.

	Manufacturer (model)	Dose calibrator	Sample weight (g)	Container weight (g)	Solution weight (g)	Radioactivity (kBq)
1	KRISS*	TDCR	17.68551	13.50848	4.17703	29,375

\*Korea Research Institute of Standards and Science.

Table 2. Dose calibrators used and F-18 FDG activity measurement procedures at each site.

	Manufacturer (model)	Dose calibrator	Sample weight (g)	Container weight (g)	Solution weight (g)	Radioactivity (kBq)
1	GE (Discovery STE)	CRC-15PET	17.71873	13.53673	4.18200	29.410
2	GE (Discovery STE)	CRC-15PET	17.41890	13.30652	4.11238	28.921
3	GE (DiscoveryST)	CRC-712MH	17.49261	13.33547	4.15714	29.236
4	Siemens (Biograph TruePoint 40)	CRC-15PET	17.71873	13.53673	4.18200	29.410
5	Siemens (Biograph Duo)	CRC-15PET	17.42131	13.31887	4.10244	28.851
6	Siemens (Biograph Duo)	CRC-15PET	17.41555	13.34295	4.07260	28.641
7	Philips (Gemini GXL 6)	CRC-15PET	17.70313	13.57086	4.13227	29.061
8	Philips (Gemini 16)	CRC-15PET	17.79008	13.66008	4.13000	29.061
9	Philips (Gemini 16)	CRC-15PET	17.67260	13.59005	4.08255	28.711
10	Philips (Gemini 2)	CRC-15Beta	17.71873	13.53673	4.18200	29.410
	Mean±SD		17.60±0.15	13.47±0.13	4.13±0.04	29±0.29

기에서 시간 간격 1분 이상, 측정 횟수 5회, 측정시간은 2008년 9월 2일 12시에서 17시 사이에 측정하였다(Table 3).

국가표준의 소급성(traceability)을 확보하고 있는 한국표준과학원에서 측정한 방사능을 기준 값으로 하고 각각의 병원에서 측정한 방사능과 비교하여 정확도와 정밀도를 산출하였다. 정확도를 이용하여 팬텀에 주입하는 방사능을 보정함으로써 팬텀에 주입하는 방사능량에 대한 신뢰성을 확보하였다.

### 3. 정확도

정확도는 측정된 평균값과 참값의 차이로 원인은 기기의 잘못된 교정, 관측오차, 환경의 간섭에서 발생한다.

$$A_i = \frac{\tilde{H}_i - H_i}{H_i} \times 100(\%) \quad (1)$$

( $A_i$ : 정확도백분율,  $\tilde{H}_i$ : 측정방사능,  $H_i$ : 기준방사능)

$$\bar{A} = (1/n) \sum_{i=1}^n A_i \quad (2)$$

( $\bar{A}$ : 정확도 백분율 평균)

### 4. 정밀도

방사능 측정기의 정밀도 측정은 감마선 에너지에 대한 방사능의 세기를 측정할 때 발생할 수 있는 변이의 정도로 측정값의 평균에 대한 통계적 차이(측정값의 통계적 요동)로 원인은 방사성핵종 붕괴의 통계적 현상으로 방사선과 물질과의 상호작용의 통계적 현상이다. 정밀도는 평균제곱근오차(RMSE: root mean square error)를 이용하여 구하였다.

$$P = \left[ \sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2 / (n-1) \right]^{1/2} \quad (3)$$

정밀도 백분율은 아래 식을 이용하여 구하였다.

$$\text{정밀도 백분율} = \frac{P}{\bar{A}} \times 100(\%) \quad (4)$$

### 5. 보정상수

보정상수(recovery coefficient)는 아래 식을 이용하여 구하였다.

$$\text{보정상수} = \frac{1}{1 + \text{정확도평균}} \quad (5)$$

## 결 과

F-18 FDG는 증류수를 희석하여 선원의 무게 및 방사능을 측정하였다. 한국표준과학원에서 측정한 결과(Table 1)이고, Table 2는 병원에서 시료의 무게와 방사능의 측정된 결과이다. Fig. 3에서 결과를 기반으로 하여 방사능 측정기로 F-18 FDG 선원을 측정한 정확도±정밀도의 결과는 Table 3에서 CRC-15PET는  $-5.0 \pm 0.35$ ,  $-0.91 \pm 0.05$ ,  $-5.0 \pm 0.35$ ,  $-1.01 \pm 0.13$ ,  $-1.87 \pm 0.13$ ,  $-1.89 \pm 0.31$ ,  $0.26 \pm 0.20$ ,  $-3.81 \pm 0.40$ , CRC-712MH  $4.5 \pm 0.17$ , CRC-15Beta  $-0.21 \pm 0.11$ 이었다. 방사능 측정기 비교측정 결과 정확도는  $-5\%$ 에서  $+4.5\%$ 이었고, 정밀도는  $0.05\%$ 에서  $0.40\%$ 이었다(Fig. 4). 기준에 따른 정확도  $\pm 10\%$ , 정밀도  $\pm 5\%$ 를 모두 만족하였다. 비교측정 결과로부터 산출한 보정상수는  $0.9569 \sim 1.0527\%$ 이었고,

Table 3. An accuracy and precision for dose calibrator using F-18 FDG at each site.

	Manufacturer (model)	Dose calibrator	KRISS* 2008.09.03 09:00:00 (kBq)	2008.09.02		Conversion radioactivity 2008.09.03 09:00:00 (kBq)	Accuracy (%)	Precision (%)
				Time	Radioactivity (kBq)			
1	GE (Discovery STE)	CRC-15PET	29.410	11:51	84,360	27.869	-5.00	0.35
				11:51	84,360			
				11:51	84,360			
				11:52	84,360			
				11:52	84,360			
2	GE (Discovery STE)	CRC-15PET	28.921	14:03	37,703	28.671	-0.91	0.05
				14:04	37,444			
				14:05	37,185			
				14:06	37,000			
				14:07	36,741			
3	GE (Discovery ST)	CRC-712MH	29.236	16:53	13,764	30.630	+4.50	0.17
				16:54	13,616			
				16:55	13,542			
				16:56	13,468			
				16:57	13,394			
4	Siemens (Biograph TruePoint 40)	CRC-15PET	29.410	11:51	84,360	27.869	-5.00	0.35
				11:51	84,360			
				11:51	84,360			
				11:52	84,360			
				11:52	84,360			
5	Siemens (Biograph Duo)	CRC-15PET	28.851	15:05	25,419	28.596	-1.01	0.13
				15:10	24,568			
				15:15	23,828			
				15:20	23,125			
				15:25	22,348			
6	Siemens (Biograph Duo)	CRC-15PET	28.641	14:52	27,158	28.144	-1.87	0.13
				14:53	26,973			
				14:54	26,751			
				14:55	26,566			
				14:56	26,455			
7	Philips (Gemini GXL6)	CRC-15PET	29.061	15:18	23,384	28.558	-1.89	0.31
				15:19	23,236			
				15:20	23,088			
				15:21	22,940			
				15:21	22,940			
8	Philips (Gemini 16)	CRC-15PET	29.061	13:31	46,731	29.033	+0.26	0.20
				13:32	46,620			
				13:33	46,361			
				13:34	46,065			
				13:35	45,769			
9	Philips (Gemini 16)	CRC-15PET	28.711	14:46	27,750	27.688	-3.81	0.40
				14:59	25,530			
				15:32	20,720			
				15:49	18,500			
				15:49	18,500			
10	Philips (Gemini 2)	CRC-15Beta	29.410	11:57	85,470	29.326	-0.21	0.11
				11:57	85,470			
				11:57	85,470			
				11:58	85,100			
				11:58	85,100			

\*Korea Research Institute of Standards and Science.

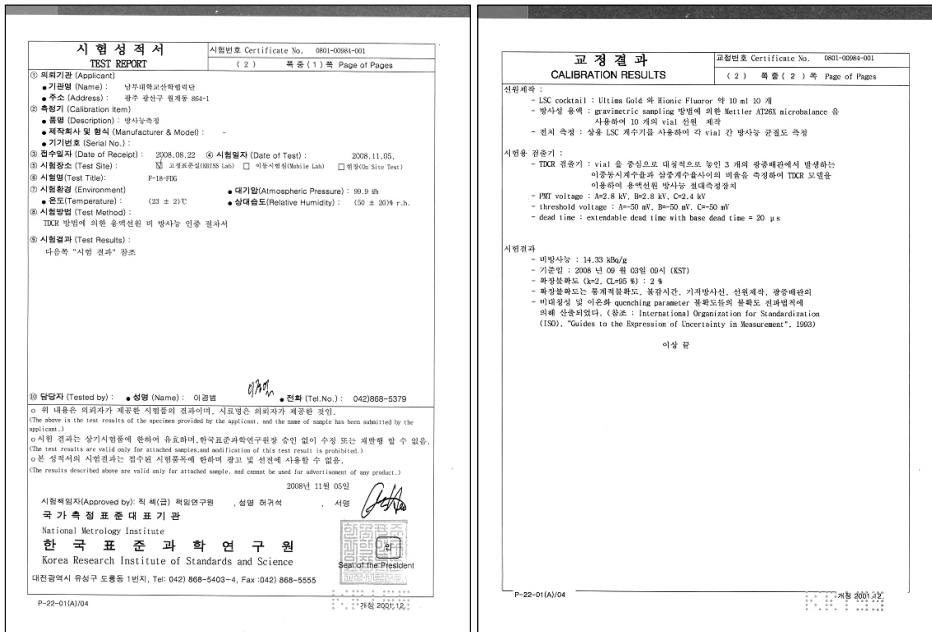


Fig. 3. Test report of check source F-18 FDG.

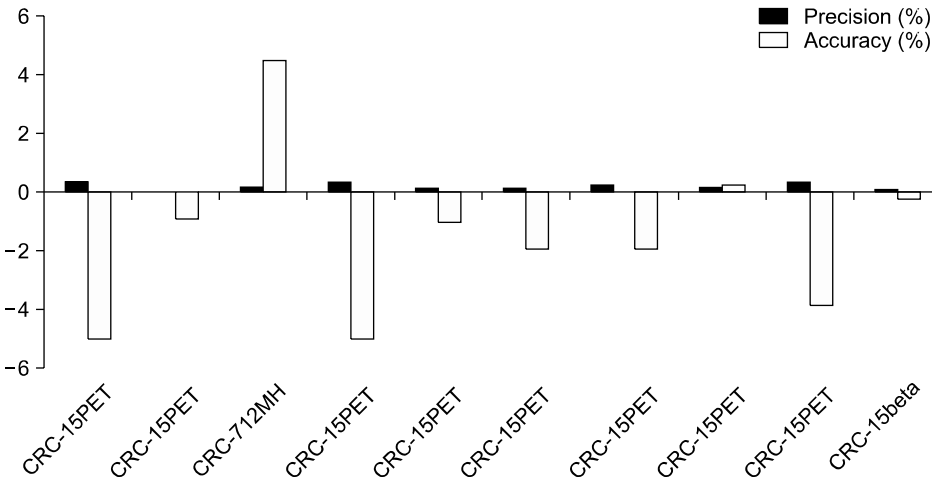


Fig. 4. Precision and accuracy dose calibrator used to F-18 FDG.

보정상수와 방사능의 곱으로 주입방사능을 계산하였다 (Table 4).

정확도 값이 음(-)인 경우 실제선량보다 측정선량이 과소 표시된 경우이고, 정확도 값이 양(+ )인 경우 실제선량보다 측정선량이 과대 표시된 경우이다. 방사능 측정기의 정확도 측정결과  $\pm 2\%$ 미만은 6대였고,  $\pm 2\sim 5\%$  이하는 4대이었다. 정확도를 백분율로 나타냈을 때 음(-)방향으로 가장 큰 정확도는  $-5\%$ 이고, 양(+ )의 방향으로 가장 큰 정확도는  $+4.5\%$ 이었고, 방사능 측정기에 대한 정확도의 가장 큰 차이는  $9.5\%$ 이었다.

## 고 찰

방사선 측정기 교정에 이용되는 표준이 되는 방사선원은 방사능, 일정거리에서의 선량률 또는 에너지가 표준선원이다. 감마선의 표준선원으로는 Co-60, Cs-137이 가장 널리 사용되고 있지만, 측정기의 에너지 특성시험에는 기타 핵종의 표준선원을 사용하는 일도 있다. 선원의 현상은 점상의 것들이 많으나 알파 및 베타선 교정용으로는 면상의 것도 이용된다. 표준선원도 감쇠하기 때문에 강도의 감쇠보정을 해야 한다.

Table 4. Infusion of F-18 FDG radioactivity.

	Manufacturer (model)	Dose calibrator	Radioactivity	Recovery coefficient	Infusion radioactivity
1	GE (Discovery STE)	CRC-15PET	1.0033	1.0527	1.056
2	GE (Discovery STE)	CRC-15PET	0.998	1.0092	1.007
3	GE (DiscoveryST)	CRC-712MH	1.000	0.9569	0.957
4	Siemens (Biograph TruePoint 40)	CRC-15PET	1.0033	1.0527	1.056
5	Siemens (Biograph Duo)	CRC-15PET	1.002	1.0102	1.012
6	Siemens (Biograph Duo)	CRC-15PET	1.092	1.0191	1.113
7	Philips (Gemini GXL6)	CRC-15PET	1.055	1.0193	1.075
8	Philips (Gemini 16)	CRC-15PET	1.073	0.9974	1.070
9	Philips (Gemini 16)	CRC-15PET	1.036	1.0396	1.077
10	Philips (Gemini 2)	CRC-15Beta	1.030	1.0021	1.032

측정기는 각종 방사성동위원소들의 방사선량(radiation dose)을 측정하는 기기로서, 기본 구조는 NaI (TI) 결정보다 정밀도에서 우수한 전리조(ionization chamber)로 되어 있다. 전리조는 아르곤과 같은 불활성 기체로 채워져 있으며, 외부에서 고 전압을 인가하여 방사선에 의하여 이온화된 기체들의 양을 전기적으로 측정하므로 방사선량을 측정할 수 있도록 고안된 것이다. 각종의 방사성동위원소에서 방출되는 감마선들은 서로 다른 에너지를 가지고 있으므로 동일한 방사선량을 가지고 있어도 전리조 속에서 각기 다른 전리 전류를 발생시키므로, 방사성동위원소의 종류에 따라 방사능을 교정해 주어야 한다. 방사성핵종의 용량을 정량적 측정에는 환자의 방어 면에서 중요하기 때문에 방사능 측정기는 핵의학에서 필수적으로 중요한 장비이다. 이러한 측정기의 정확도와 밀접한 관계가 있는 정밀도는 여러 번 측정하거나 계산하여 그 결과가 서로 얼마만큼 가까운지를 나타내는 기준이며, 재현성이라고도 한다. 관측의 균질성을 나타내며, 관측된 값의 편차가 적을수록 정밀하다. 정밀도는 관측 과정과 우연 오차와 밀접한 관계를 가지며, 장비와 방법에 크게 영향을 받는다. 여기서 우연 오차는 까닭이 뚜렷하지 않은 오차이며 최소 제곱법에 따른 확률 법칙에 따라 추정할 수 있다.

측정의 목적은 측정하고자 하는 특정한 양의 값을 결정하는 것이다. 측정을 하기 위해서는 측정량, 측정방법, 측정절차 등을 적절히 정의하고 사용하여야 한다. 측정결과는 측정량의 값에 대한 근사값 또는 추정값으로, 값에 대한 불확도(uncertainty)가 함께 명시될 때에 완전하고, 측정량에 대한 정의는 정확도에 의하여 결정된다. 측정결과는 반복성 조건하에서 얻어진 일련의 관측을 기초로 하여 결정된다. 불확도 평가는 구하는 방법에 따라 A형 불확도 평가와 B형 불확도 평가가 있다. A형 불확도 평가에서 분산의 추

정 값은 반복 측정된 값으로 부터 계산되며, 이는 통계학에서 사용되는 표본분산에 해당 한다. A형 표준불확도는 추정 표준편차는 양(+)의 제곱근으로, 반복 측정값의 빈도분포에 근거한 확률밀도함수에서 구하고, B형에 의해 산출되는 분산의 추정값은 알려진 정보를 이용한다. 이때 추정표준편차를 B형 표준불확도이며 기존의 정보 및 문헌을 통해 측정값이 가질 수 있는 확률밀도함수를 가정하여 구한다. 이 두 가지 방법은 확률에 근거를 둔 것이다.<sup>9)</sup> 본 연구에서는 정확도와 정밀도가 측정된 평균값과 참값의 차이와 평균제곱근오차를 이용한 측정 값 등을 이용하여 측정하여 A형 표준불확도를 이용하였다.

PET에서 방사성의약품을 이용하여 종양의 생화학적 기능 영상을 제공하는 최신 기법으로 여러 방사성 의약품이 이용될 수 있으며, 임상적으로 포도당 유도체인 F-18 FDG가 쓰여 지고 있다.<sup>10)</sup> 대사의 변화는 형태적 변이를 일으키고, 정상적인 세포보다 질병세포가 포도당 유도체를 잘 흡수하여 FDG의 분포를 파악하여 암을 진단할 수 있다. 병변 부위를 정확히 감별하고 평가하기 위해 정량분석이 필요하다. 이러한 방법으로는 SUV (standardized uptake value)값이 임상에서 적용되고 있다. SUV값에 따라 암, 병기설정, 치료 후 평가 등 임상에서 많이 이용하게 되었다. 또한 수술로 제거된 비소세포폐암의 예후 예측으로 FDG-PET 최대 표준화 섭취계수의 유용성이 PET에서 측정되는 FDG 섭취가 비소세포폐암의 예후예측인자로 인정받고 있으나 최대 표준화섭취계수(maximum standardized uptake value)의 예후 예측 성능에 대해서는 충분한 연구가 이루어지지 않았지만 최대표준화섭취계수는 수술로 제거된 비소세포폐암의 재발을 예측하는 독립적인 인자이었고, FDG 섭취 정도는 기존에 알려져 있는 인자들과 함께 폐암의 예후에 대한 유용한 정보를 제공할 것으로 기대하였고,<sup>11)</sup> 최근 국내 도입되

고 있는 FDG는 종양세포의 당대사활동을 이용한 기능적 영상진단 방법으로써 종양의 경우 민감도나 특이도가 상당히 높은 것으로 밝혀지고 있다.<sup>12-14)</sup> 이에 F-18 FDG는 잔여 암의 여부를 구별하여 환자의 암치료 성적에 영향을 주고, 환자에게 주사된 방사능의 측정치도 SUV의 정밀도와 정확도에 영향을 미친다. 그러므로 방사능 측정기의 정밀도가 요구된다.

정밀도는 통상의 조작 조건에서 시험법의 재현성의 정도를 아는 척도로 사용되고 변이정도의 폭이 적을수록 정밀한 방사능 세기를 얻을 수 있다. O'Farrell은 F-18 FDG 제조에서 13.8 mCi가 Capintec CRC-15의 선량측정기로 측정할 결과 5.0 mCi로 8.6%가 과다하게 측정되어 calibration의 필요성을 주장하였다.<sup>15)</sup> Australian National Medical Cyclotron (NMC)의 Capintec CRC-712MH에서는 6.2%로 불확실하게 측정되어 교정의 필요성을 주장하였다.<sup>16)</sup> 이는 방사능의 변동으로 환자에게 피폭의 영향을 미치므로 장비의 측정은 표준을 사용하고, 조정하여 국가적, 세계적인 측정기준으로 표준화 하는 과정인 교정(calibration)을 통해 선량관리가 필요하다.<sup>17)</sup> 기존연구에서 ±1.4%의 결과로 수용 가능한 허용 오차범위인 ±5% 이내에 들어 만족하였다.<sup>7)</sup>

측정기는 방사성 핵종마다 발생하는 광자의 수가 다르기 때문에 재조정하여야 하고, 환자의 방사능 피폭을 경감하기 위해서는 세심한 정도관리 및 성능평가의 방법에도 지속적인 발전이 요구되고 있으며, 자체적인 기술의 보유 및 경험이 필요하다.<sup>18)</sup> 이러한 방사성의약품을 이용하여 환자에게 투여 전에 방사능을 확인하여 정확도가 10% 이내를 요구하고 있다.<sup>8,19)</sup> 또한 식품의약품안전청고시 제2004-3호에서도 같은 조건을 요구하고 있다.

본 연구에서는 정확도 -5.00%에서 +4.50%, 정밀도 0.05%에서 0.45%로 국제기준인 정확도 ±10%, 정밀도 ±5%를 모두 만족하였다. 그러나 제조회사 매뉴얼에 제시한 CRC-15Beta 정확도 ±5%, 정밀도 ±1%, CRC-712MH 정확도 ±2%, 정밀도 ±1%, CRC-R 정확도 ±2%, 정밀도 ±1%, CRC-PET 정확도 ±2%, 정밀도 ±1%를 일부 벗어나 있어 교정이 필요하다.

## 결 론

국내 병원에서 많이 사용하는 PET/CT 검사할 때, 환자에 주입하는 F-18 FDG의 방사능 측정에 사용하는 9개의 방사능 측정기에 대하여 비교 측정한 결과 정확도는 -5.00%에서 +4.50%이었고, 정밀도는 0.05%에서 0.45%로 국내 및 국

제기준인 정확도 ±10%, 정밀도 ±5%를 모두 만족하였다. 임상에 사용하는 PET/CT 시스템들에 대한 정량적 비교 분석 및 환자피폭선량 감소를 위한 자료와 PET/CT의 진단율을 높이는 효과를 가져와 핵의학 발전에 기여하기를 기대한다.

## 참 고 문 헌

1. Antoch G, Saudi N, Kuehl H, et al: Accuracy of whole-body dual-modality fluorine-18-2-fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography and computed tomography (FDG-PET/CT) for tumor staging in solid tumors: comparison with CT and PET. *J Clin Oncol* 22:4357-4368 (2004)
2. Hany TF, Steinert HC, Goerres GW, Buck A, von Schulthess GK: PET diagnostic accuracy: improvement with in-line PET-CT system: initial results. *Radiology* 225:575-581 (2002)
3. Lardinois D, Weder W, Hany TF, et al: Staging of non-small-cell lung cancer with integrated positron-emission tomography and computed tomography. *N Engl J Med* 348:2500-2507 (2003)
4. Lee JH, Kim JS: A Case of Incidentally Detected nasopharyngeal Tuberculosis on F-18 FDG PET/CT. *Nucl Med Mol Imaging* 42:482-484 (2008)
5. Lee HJ, Jeong JM, Lee YS, et al: Quality control of residual solvents in [<sup>18</sup>F]FDG preparations by gas chromatography. *Nucl Med Mol Imaging* 41:566-569 (2007)
6. Hung JC: Comparison of various requirements of the quality assurance procedures for (18)F-FDG injection. *J Nucl Med* 43:1495-1506 (2002)
7. Son HK, Kim HJ, Jung HJ, et al: A study of quality control of nuclear medicine counting system and gamma camera. *Korean J Med Phys* 12:103-112 (2001)
8. IAEA International atomic energy agency, quality assurance for radioactivity measurement in nuclear medicine. IAEA technical reports series No.454, IAEA, Vienna (2006)
9. Taylor JR: An introduction to error analysis: the study of uncertainties in physical measurements. University Science Books, Sausalito, CA (1999), pp. 128-129 (1999)
10. Ryu JS: Evaluation of cancer treatment using FDG-PET. *Korean J Nucl Med* 36:64-73 (2002)
11. Nguyen XC, Lee WW, Sung SW, et al: Prognostic usefulness of maximum standardized uptake value on FDG-PET in surgically resected non-small-cell lung cancer. *Nucl Med Mol Imaging* 40:205-210 (2006)
12. Lowe VJ, Kim H, Boyd JH, Eisenbeis JF, Dunphy FR, Fletcher JW: Primary and recurrent early stage laryngeal cancer: preliminary results of 2-[fluorine 18]fluoro-2-deoxy-D-glucose PET imaging. *Radiology* 212:799-802 (1999)
13. Hubner KF, Thie JA, Smith GT, Chan AC, Fernandez PS, McCoy JM: Clinical utility of FDG-PET in detecting head and neck tumors: a comparison of diagnostic methods and modalities. *Clinical Positron Imaging* 3:7-16 (2000)

14. Rege S, Safa AA, Chaiken L, Hoh C, Juillard G, Withers HR: Positron emission tomography: an independent indicator of radiocurability in head and neck carcinomas. *Am J Clin Oncol* 23:164-169 (2000)
15. O'Farrell C, Zimmer1 M, McDonald N, Spies S: Accuracy of the F-18 calibration setting with a Capintec dose calibrator. *J Nucl Med* 49(Suppl 1):435 (2008)
16. Mo L, Reinhard MI, Davies JB, Alexiev D, Baldock C: Calibration of the Capintec CRC-712M dose calibrator for (18)F. *Appl Radiat Isot* 64:485-489 (2006)
17. Dansereau RN, Methe BM: Dose variance associated with calibration and administration of radiopharmaceuticals. *Am J Health Syst Pharm* 58:580-584 (2001)
18. Lee BI: Quality assurance and performance evaluation of PET/CT. *Nucl Med Mol Imaging* 42:137-144 (2008)
19. European Pharmacopoeia, European directorate for the quality of medicines. 4. EDQM, Strasbourg (2001)

## Comparison of F-18 FDG Radioactivity to Determine Accurate Dose Calibrator Activity Measurements

Gye Hwan Jin\*, Dae Cheol Kweon<sup>†</sup>, Ki Baek Oh<sup>‡</sup>, Hoon Hee Park<sup>‡</sup>,  
Jung Yul Kim<sup>‡</sup>, Min Soo Park<sup>‡</sup>, Dae Sung Park<sup>§</sup>

\*Department of Radiologic Science, Nambu University, Gwangju, <sup>†</sup>Department of Radiologic Science, Shinheung College University, Uijeongbu, <sup>‡</sup>Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Medical Center, Seoul, <sup>§</sup>Heart Research Center, Chonnam National University Hospital, Gwangju, Korea

Obviously, the administration of the prescribed amount of activity to the patient requires proper operation of the dose calibrator, which shall be verified by implementing the required quality control on the instrument. This investigation examined the accuracy and precision of dose calibrator activity measurement of the radiopharmaceutical F-18 FDG. To investigate the status of the nuclear medicine centers in Korea for the performance of dose calibrators, 10 centers providing PET/CT system services in Korea were inspected in 2008. We measured accuracy and precision in 10 equipments in consideration of PET/CT model, installation area, and installation time. According to the results of comparative analysis of 10 dose calibrators used to measure radioactivity of F-18 FDG, accuracy was -5.00~4.50% and precision was 0.05~0.45%, satisfying the international standards, which are accuracy  $\pm 10\%$  and precision  $\pm 5\%$ . This study demonstrated that, for accurate measurements, no adjustment is necessary for a dose calibrator setting when measuring different dose calibrators of F-18 FDG activity prescriptions.

**Key Words:** F-18 FDG, Dose calibrator, PET/CT