

Original Article

## 장비에 따른 SUV의 차이와 이에 관한 고찰

서울특별시립 보라매병원 핵의학과<sup>1</sup>, 서울대학교병원 핵의학과<sup>2</sup>, 서울대학교 핵의학교실<sup>3</sup>  
김태엽<sup>1</sup> · 임정진<sup>1</sup> · 이흥재<sup>2</sup> · 김현주<sup>2</sup> · 김종현<sup>3</sup> · 이재성<sup>2,3</sup>

### Assessment and Comparison of SUVs of Three Different PET/CT Scanners

Tae Yeob Kim<sup>1</sup>, Jung Jin Lim<sup>1</sup>, Hong Jae Lee<sup>2</sup>, Hyun Joo Kim<sup>2</sup>, Joong Hyun Kim<sup>3</sup> and Jae Sung Lee<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Nuclear Medicine, SMG-SNU Boramae Medical Center,

<sup>2</sup>Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital

<sup>3</sup>Department of Nuclear Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea

**Purpose:** The SUV is a widely used semi-quantitative index in PET for the estimation of radio-tracer accumulation in VOI. In this study, SUVs from three different PET/CT scanners were assessed, and differences between SUVs were evaluated. **Materials and Methods:** The PET/CT scanners which were assessed in this study were GEMINI, GEMINI TF 64 (Philips) and Biograph True Point True V 40 (Siemens). The NEMA PET phantom (Data Spectrum Corp., USA) was used to evaluate SUVs. The NEMA PET phantom has 6.8 kg weight and three hot inserts. Two different activity distributions for the background and inserts were tested. The activity ratio were 3.7:3.7:7.4:11.1 MBq (1:1:2:3) and 1.85:7.4:9.25:11.1 MBq (1:4:5:6) for each of background, insert 1, insert 2 and insert 3. Acquisition time was 2 minutes per bed position and NEMA PET phantom could be covered by two bed positions for all PET/CT scanners. The SUVs from each PET/CT scanner were compared with calculated true value. **Results:** For both activity ratios, all scanners showed similar results. The differences between each scanner were insignificant. Each scanner showed 91.2%, 85.9% and 87.2% of true SUV for GEMINI, GEMINI TF 64, Biograph True Point TrueV, respectively. **Conclusion:** For all scanners, SUVs were slightly lower than true value. However, the difference between scanners was insignificant. The SUVs from these scanners would be clinically meaningful if their consistent underestimation is kept in mind. (**Korean J Nucl Med Technol 2011;15(1):34-38**)

**Key Words :** PET, SUV, R-square

## 서 론

암을 진단하기 위한 여러 가지 검사 중 <sup>18</sup>F-FDG (<sup>18</sup>F-fluoro-2-deoxy-D-glucose)를 이용한 양전자단층촬영(Positron Emission Tomography, PET) 검사는 암의 조기 발견 및 재발 여부를 판단하는데 유용하여 널리 이용되는 검사이다. 1994년 PET가 처음 도입 될 당시에는 장비 2대, 검사건수가 99건이

있지만 2009년 말을 기준으로 장비가 130대, 검사건수는 약 30만 건으로 증가하여 PET검사는 암을 진단하기 위한 중요한 지표의 검사이다. PET검사에서 정량적 지표로 이용되는 표준섭취계수(Standard Uptake Value, SUV)는 종양에 섭취되는 <sup>18</sup>F-FDG의 양이 포도당 대사율과 대체로 비례한다고 가정하고 체내에 주입된 <sup>18</sup>F-FDG가 체내에 모든 곳에 고르게 분포하였을 때를 기준으로 종양병소에 포도당 섭취량이 얼마인지를 나타낸 계수이다. 하지만 장비의 제조회사가 다르고 그에 따라서 재구성 프로그램이 다르기 때문에 각각의 장비에서 측정되는 SUV는 약간의 차이를 나타내고 있다. 따라서 본 저자는 각 장비 별로 장비에서 측정되는 SUV와 계산에 의한 SUV가 어느 정도 차이가 나는지를 알아 보았다.

• Received: December 28, 2010. Accepted: March 7, 2011  
• Corresponding author: **Tae Yeob Kim**  
Department of Nuclear Medicine, SMG-SNU Boramae Medical Center  
39 Boramae-gil, Dongjak-gu, Seoul, 156-707, Korea  
Tel: +82-2-870-2596, Fax: +82-2-870-2587  
E-mail: geni777@nate.com

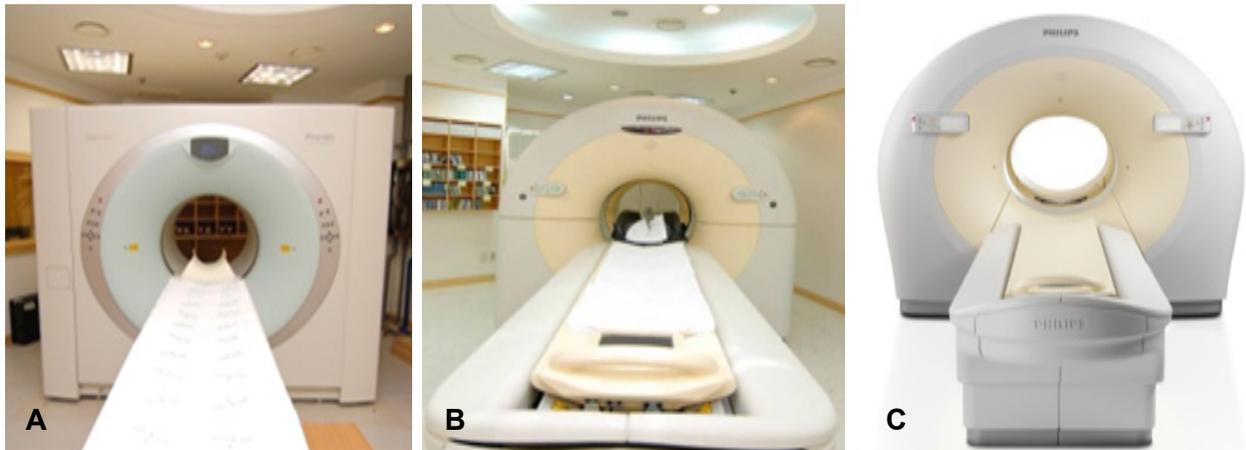


Fig. 1. (A) Biograph True Point40 True V system(Siemens) has 40 CT channels. (B) Gemini dual system has 2 CT channels(Phillips). (C) Gemini TF 64 system has 64 CT channels(Phillips)



Fig. 2. This is NEMA PET phantom which consists of 3 fillable spheres (diameter: 50 mm).

## 재료 및 방법

### 1. 장비

실험장비는 서울대학교병원에 설치된 Gemini Dual system (Phillips, USA)와 Biograph True Point True V system (Siemens, USA)과 서울시립보라매 병원에 설치된 GEMINI TF 64 system (Phillips, USA)를 이용하여 실험을 하였다.

Biograph True Point40 True V system의 CT slice는 40이

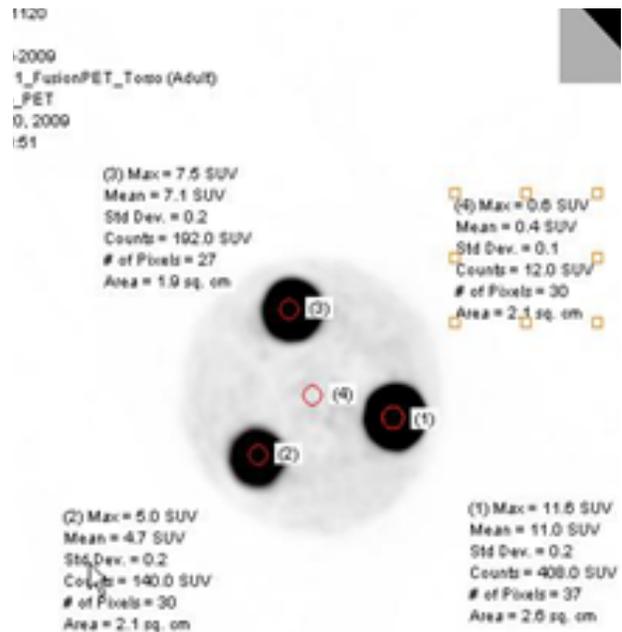


Fig. 3. This picture shows the phantom image.

고 PET bed width는 216 mm이다. Gemini dual system의 CT slice는 2이고 PET bed width는 180 mm이다. Gemini TF 64 system의 CT slice는 64이고 PET bed width는 180 mm이며 TOF (Time of Flight) 기능을 지원한다.

### 2. Phantom

Phantom은 NEMA PET phantom (Fig. 2)을 사용하였고 방사성동위원소는  $^{18}\text{F}$ -FDG를 이용하였다. 총 방사능량은

**Table 1.** The reconstruction parameters

	Biograph System	Gemini System	Gemini TF System
Reconstruction Method	3D-OSEM	3D-RAMLA	DRAMA
Post Filter	Butterworth	.	.
Iteration / Subset	4 / 8	.	.
Decay Correction		Yes	
Attenuation Correction		Yes (CT)	

25.9 MBq (0.7 mCi)와 29.6 MBq (0.8 mCi)로 나누어 2회에 걸쳐 영상을 획득하였다. 총 방사능량이 25.9 MBq (0.7 mCi)인 경우에 NEMA PET phantom 중 background에 3.7 MBq (0.1 mCi), insert 1에 3.7 MBq (0.1 mCi), insert 2에 7.4 MBq (0.2 mCi), insert 3에 11.1 MBq (0.3 mCi)이 주입하였고 총 방사능량이 29.6 MBq (0.8 mCi)인 경우에는 background에 1.85 MBq (0.05 mCi), insert 1에 7.4 MBq (0.2 mCi), insert 2에 9.25 MBq (0.25 mCi), insert 3에 11.1 MBq (0.3 mCi)이 주입하여 실험하였다.

### 3. 영상획득 및 재구성

모든 실험은 동일한 조건으로 하기 위하여 방사능을 주입 후 20분 후에 영상을 획득하였고, 2 bed scan을 하였으며 bed 당 3분의 영상획득이 이루어졌다. 각 장비 별 재구성 알고리즘은 Biograph는 3D-OSEM, Gemini system은 3D-RAMLA, Gemini TF system은 Drama를 이용하였고 각각의 parameter는 아래 Table 1과 같다.

### 4. 영상 분석

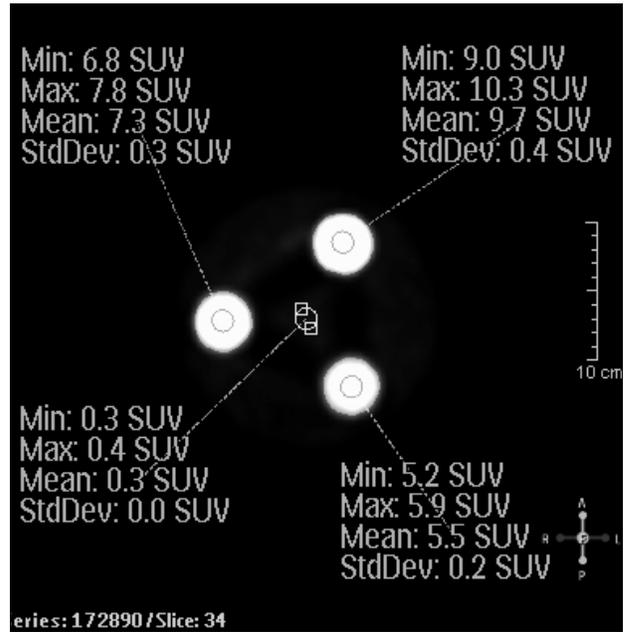
먼저 SUV를 계산하기 위한 체내 <sup>18</sup>F-FDG 분포를 정규화하는 방법으로는 환자의 체중을 이용하였다.

$$SUV = \frac{\text{Concentration of tissue (mCi/g)}}{^{18}\text{F-FDG injected dose (mCi)} / \text{Patient's weight (g)}}$$

조직 내 농도는 PET검사 시 촬영한 계수를 나타낸다.

$$\text{Concentration of tissue (mCi/g)} = \frac{\text{Uptake of tissue (mCi)}}{\text{Density of tissue (g/cc)} / \text{Volume of tissue (cc)}}$$

위의 공식을 이용하여 계산에 의한 SUV를 산출하였다. 그리고 phantom 실험에서 각각의 재구성된 영상에 3개의 hot sphere와 background에 동일한 크기의 ROI (Region of



**Fig. 4.** We recorded measured SUV with drawing same ROI between sphere and background.

Interest)를 그려서 측정된 SUV를 기록하였다. 위의 계산에 의한 SUV와 실제 측정된 SUV를 비교하여 그 차이를 알아보았다.

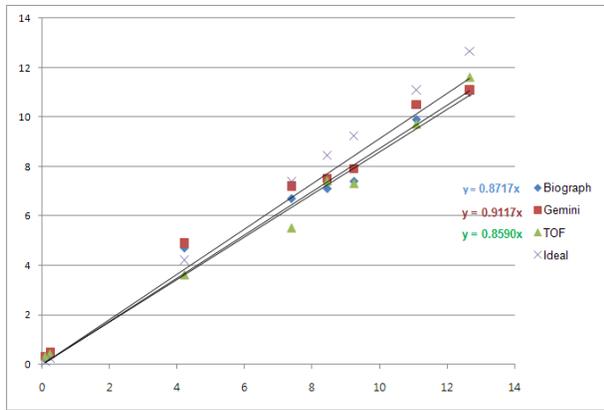
## 결 과

방사능량이 25.9 MBq와 29.6 MBq를 주입한 두 번의 실험 모두 장비에서 측정된 SUV는 계산에 의해 나온 SUV와 유사하게 결과 값을 나타냈다. 방사능량이 소량일 경우에는 그 차이가 미미했으나 방사능량이 증가할수록 그 차이는 점점 증가하였다.

장비 별 차이를 백분율로 환산하면 Biograph의 경우 87.2%, Gemini Dual은 91.2%, Gemini TOF 64는 85.9%로 나타났으며 이는 실제의 SUV값에 유의한 결과를 나타내었지만 장비 별로는 상이한 차이를 보였다. 실험 결과를 그래프로 나타내어 보면 X로 표시된 것이 계산에 의해 산출된 SUV값이며 장비 별로 측정된 값은 별도의 기호로 표시되었

**Table 2.** Results of experiments that include true SUV and measured SUV

	Insert	Vol.(cc)	Activity (MBq)	True SUV	Biograph	Gemini	TOF
Exp.1	BG	4.11	3.70	0.24	0.40	0.50	0.40
	HOT1	0.22	3.70	4.22	4.70	4.90	3.60
	HOT2	0.22	7.40	8.45	7.10	7.50	7.40
	HOT3	0.22	11.1	12.6	11.0	11.1	11.6
Exp.2	BG	4.11	1.85	0.10	0.20	0.30	0.30
	HOT1	0.22	7.40	7.39	6.70	7.20	5.50
	HOT2	0.22	9.25	9.24	7.40	7.90	7.30
	HOT3	0.22	11.1	11.0	9.90	10.5	9.70



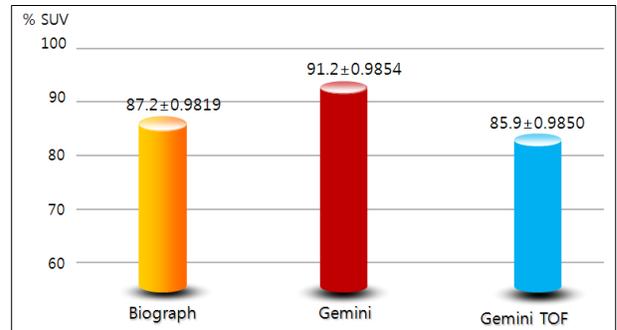
**Fig. 5.** Result of experiments on a basis were transformed graphs.

다. 계산에 의해 산출된 SUV값(X표시)의 그래프에 가까울수록 이상적인 장비라고 할 수 있겠다. 하지만 장비의 특성에 의하여 모든 측정된 SUV 그래프는 계산에 의해 산출된 SUV 값의 그래프보다 낮게 평가됨을 알 수 있다.

백분율로 환산한 결과가 신뢰할 수 있는지를 판단하기 위해 R-square를 구해 본 결과 Biograph는  $87.2 \pm 0.98$ , Gemini는  $91.2 \pm 0.98$ 이고 Gemini TOF 64는  $85.9 \pm 0.98$ 이었다. R-square가 이는 "1"에 가까울수록 재현성을 의미하는데, 각각의 장비의 결과가 "1"에 매우 근접하게 나타났으며 이는 그 결과가 매우 정확하다는 것을 의미한다.

## 결론

PET/CT 검사에서 정량적 지표로 이용되는 SUV는 종양의 분화도 및 병기설정에 중요한 요소 중 하나이다. 하지만 장비 및 재구성 알고리즘의 특성으로 인하여 장비에서 측정되는 SUV는 다르게 평가된다. 본 실험에서 세 가지 장비를 대상으로 SUV 측정 실험 결과 세 가지 장비 모두 실제 SUV 값과 측정 SUV 값은 유의한 차이가 없었지만 장비 별로는



**Fig. 6.** We solved out each R-square to certify reliability that results were transformed percentage.

SUV의 차이를 볼 수 있었다. SUV가 차이가 나는 큰 이유는 장비 별 crystal의 차이와 재구성 방법, 제조사 별 SUV 함수식에서 기원이 되는 것으로 사료된다. 하지만 그 차이는 유의하다고 볼 수 없으나, 술자는 SUV를 측정함에 있어서 측정된 SUV는 계산에 의해 산출된 SUV보다 낮다는 것을 인식하고 있어야 할 것이다. 더불어 소량의 방사능량에서는 차이가 없었으나 방사능량이 증가할수록 차이가 커지는 것으로 보아 추후 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 요약

표준섭취계수(Standard Uptake Value, SUV)는 PET 검사에 있어서 매우 중요한 지표이다. 그러나 이는 장비에 따라서 다르게 나타난다. 그러므로 실제의 SUV와 장비에 따른 SUV의 차이를 알아보고자 한다. 실험을 위해 사용된 PET scanner는 본원과 보라매 병원에서 사용하고 있는 Biograph True Point True V 40 (Siemens, USA), Gemini Dual (Philips, USA), Gemini TF 64 (Philips, USA) 총 3대로 이루어져 있다. SUV를 평가하기 위한 phantom은 NEMA PET phantom (Data Spectrum co., USA)이고 내부에 3개의 hot insert를 포함하고 있으며 총 중량은 6.8kg으로 phantom과 물의 중량은

합친 무게이다. 방사성동위원소는  $^{18}\text{F}$ -FDG 25.9 MBq (0.7 mCi)와 29.6 MBq (0.8 mCi)을 사용하였고 스캔은 두 번으로 나누어 이루어졌다. 25.9 MBq (0.7 mCi)은 background에 3.7 MBq (0.1 mCi), insert 1에 3.7 MBq (0.1 mCi), insert 2에 7.4 MBq (0.2 mCi), insert 3에 11.1 MBq (0.3 mCi)이 주입되었고 29.6 MBq (0.8 mCi)은 background에 1.85 MBq (0.05 mCi), insert 1에 7.4 MBq (0.2 mCi), insert 2에 9.25 MBq (0.25 mCi), insert 3에 11.1 MBq (0.3 mCi)이 주입되었다. Uptake time은 20분이고 2 bed scan을 하였으며 bed 당 3분의 영상획득이 이루어졌다. 두 번의 실험 모두 실제의 SUV와 유사하게 나타났다. 방사능량이 소량일 경우에는 그 차이가 미미했으나 방사능량이 증가할수록 그 차이는 점점 벌어졌다. 하지만 그 차이 또한 크지는 않았다. 장비 별 차이를 백분율로 환산하면 Biograph의 경우 87.2%, Gemini Dual은 91.2%, Gemini TF 64는 85.9%로 나타났으며 이는 실제의 값에 유의하다. 장비 별로 분류해보면 Biograph와 Gemini Dual은 비슷한 결과를 보여주었고 다만 Gemini TF 64에서

만 두 장비보다 낮게 나타났다. 실험 결과 장비 별로 SUV의 차이는 있으나 그 차이가 실제의 값에 유의하였다. SUV가 차이가 나는 이유는 장비 별 재원의 차이와 재구성 방법, 제조사 별 SUV 함수식에서 기원이 되는 것으로 파악되며 소량의 방사능량에서는 차이가 없으나 방사능량이 증가할수록 차이가 커지는 것으로 보아 이 점에서의 추후 고찰은 필요할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

1. 고창순 외. 제 3판 핵의학. 고려의학 2008;85-86
2. 김경민, 광철은, 이동수, 정재민, 정준기, 이명철, 고창순, 김영진. F-18-FDG 감쇠보정 전신 PET을 이용한 표준섭취계수 추정과 매개변수 영상의 구성. *대한핵의학회* 1996;30-4
3. Delbeke D. Oncological applications of FDG PET imaging: brain tumors, colorectal cancer, lymphoma and melanoma, *J Nucl Med* 1999;40:591-603
4. Moran JK, Lee HB, Blaufox MD. Optimization of urinary FDG excretion during PET imaging. *J Nucl Med* 1999;40:1352-1357