

PET/CT 검사에서 시간 입력 차이에 따른 표준화섭취계수(SUV) 변화에 대한 고찰

서울아산병원 핵의학과

김경식 · 이주영 · 정우영 · 김정선

The study on Standard Uptake Value(SUV) change according to time input difference in PET/CT scan.

Kyung Sik Kim, Ju Young Lee, Woo Young Jung and Jung Sun Kim

Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: ^{18}F -FDG Fusion Whole Body PET scan is performed approximately 1 hour after injecting ^{18}F -FDG. At this point in the injection procedure, as a tool of the criteria of time input, time of clocks or computers can be used and in the scan procedure, time of workstation can be used. In case that synchronized time input is not done in the injection and scan procedures for PET scan, time error from injection to scan can occur. This time error may affect Standard Uptake Value (SUV) being used as quantitative assessment. Therefore, in this study, we analyzed the change of SUV according to time input difference and necessity of time synchronization. **Materials and Methods:** The analysis was performed to 30 patients (54.8 ± 15.5 years old) who examined ^{18}F -FDG Fusion Whole Body PET scan in Department of nuclear medicine, Asan Medical Center from December 2009 to February 2010. To observe the change of SUV according to time input difference, the image was reconstructed and analyzed by artificially changing time difference of 1, 2, 3, 5, 10, 20 min against the same patients based on 60 minutes. **Result:** SUV of the image that reconstructed the images of 30 patients by giving intervals of 1, 2, 3, 5, 10, 20 min respectively and the image that entered original time was compared and analyzed through paired t-test. Based on 0 minute, mean SUV of aorta was changed by 0.3, 1.1, 1.4, 3.2, 4.7, 12.5% respectively and there was no statistically significant difference in 1, 2 minutes ($p > 0.05$) but there was significant difference in 3, 5, 10, 20 min ($p < 0.05$). The changes of SUV_{avg} of liver were 1.6, 2.5, 3.0, 4.2, 6.6, 12.8% in 1, 2, 3, 5, 10, 20 min respectively and the changes of SUV_{max} of primary lesion were 1.0, 1.5, 2.2, 3.5, 6.6, 12.8% respectively ($p < 0.05$). **Conclusion:** Errors may occur in the process of measuring or recording variables affecting SUV such as height and weight of patients, ^{18}F -FDG dose, Emission scan start time etc. and as these errors are more, the accurate assessment of SUV is interfered. Therefore, in order to assess SUV more accurately, it is thought that efforts to minimize these errors should be made. Of these efforts, time synchronization will be a cornerstone for accurate scanning. (*Korean J Nucl Med Technol* 2011;15(2):21-25)

Key Words : Standard uptake value (SUV), Time synchronization, PET/CT

서 론

PET/CT (Positron Emission Tomography/Computed Tomography)의 PET는 각종 생화학적 물질의 생체 내 분포를 영상화하여 인체 내의 생리적 지표들을 정량적으로 측정할 수 있어 생화학 또는 병리 현상의 규명과 질병 진단, 치료 후 예후 판정, 치료 계획 등에 유용하게 이용되고 있으며, 그 중요성에 대해서는 잘 알려져 있다.¹⁾

• Received: June 29, 2011. Accepted: July 5, 2011.
• Corresponding author: **Woo Young Jung**
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Asan
byeongwon-gil 86, SongPa-gu, Seoul 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-5421 Fax: +82-2-3010-5425
E-mail: wyjung@amc.seoul.kr

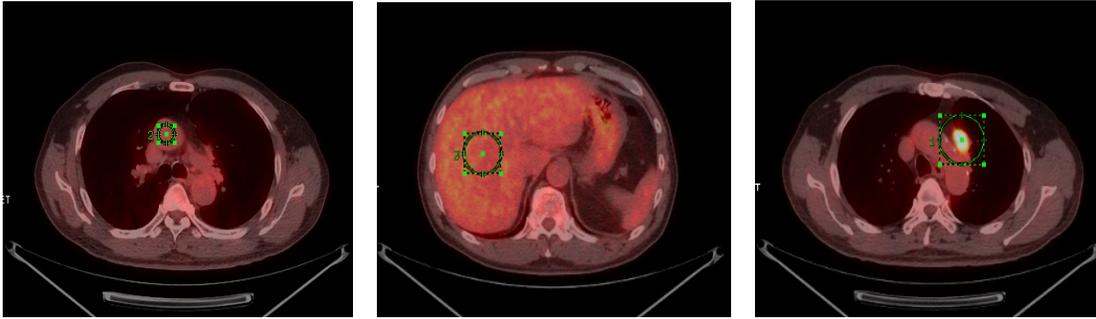


Fig. 1. Each ROI is set 3cm² in Aorta, 15 cm² in Liver, and recorded average SUV. ROI of Primary Lesion is set fully including lesion and recorded maximum SUV.

PET/CT 검사에서 ¹⁸F-FDG Fusion Whole Body PET은 일반적으로 ¹⁸F-FDG를 주사한 후, 환자는 검사 준비실에 누워 약 1시간 정도 FDG의 흡수를 위해 안정을 취한 후, PET 스캐너에서 약 15분~30분 정도 검사를 하게 된다. 이와 같은 업무 프로세스를 감안하면 주사실의 근무자와 PET 스캐너의 근무자가 각각 필요하게 된다. 이 때 주사 절차에서 시간 입력의 기준이 되는 도구를 시계 또는 일반 컴퓨터의 시간을 사용할 수 있고, 검사 절차에서는 장비 workstation의 시간을 사용할 수 있다. PET 검사를 위한 주사와 검사 절차에서 동기화된 시간 입력이 되지 않을 경우에 주사에서 검사까지의 시간 오차가 발생할 수 있으며, 이러한 시간 입력의 오차는 반정량적 평가방법으로 사용되고 있는 표준화섭취계수(이하 SUV)에 영향을 줄 수 있다²⁾. 이에 PET/CT 검사 시에 시간 입력 차이에 따른 SUV의 변화를 분석하고 시간 동기화의 필요성을 확인하고자 한다.

실험 재료 및 방법

1. 실험 기기 및 실험 재료

- 1) GE Discovery STe 8
- 2) Workstation v4.3 Volume Viewer(GE Healthcare)
- 3) ACR Phantom

2. 실험 방법

1) 2010년 12월부터 2011년 2월까지 서울아산병원 핵의학 과에서 ¹⁸F-FDG Fusion Whole Body PET 검사를 시행한 환자 중 성인 30명(54.8±15.5세)을 대상으로 분석을 시행하였다. 시간 입력 차이에 따른 SUV 변화를 관찰하기 위해 60분을 기준으로 동일 환자에 대해 1, 2, 3, 5, 10, 20분의 시간 간

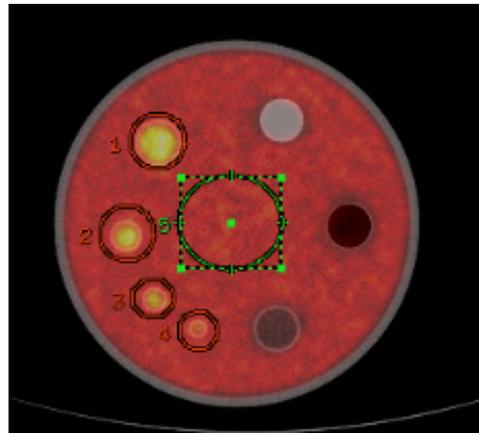


Fig. 2. Assess the SUV changes of background and 8, 12, 16, 25 mm hot cylinder respectively.

격을 인위적으로 변경하여 영상을 재구성하고 분석하였다. 각각의 재구성한 영상을 대상으로 Aorta에서 3cm²면적, Liver에서 15 cm²면적, Primary lesion에서 lesion을 포함 할 수 있도록 ROI를 설정하여 각각의 SUV를 측정하였다(Fig. 1).

2) ACR Phantom을 사용하여 동일한 실험 방법으로 영상을 재구성하고 Background와 25, 16, 12, 8 mm hot cylinder의 SUV 변화를 각각 측정하였다(Fig. 2).

결 과

30명의 환자 영상을 각각 1, 2, 3, 5, 10, 20분의 오차를 주어 재구성한 영상과 기존의 시간을 입력한 영상의 SUV를 대응 표본 t-검정을 통해 비교 분석하였다. 0분의 SUV를 기준으로 aorta의 SUV_{avg}의 변화는 각각 0.3, 1.1, 1.4, 3.2, 4.7, 12.5%의 차이가 있었고, 1, 2분에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나($p>0.05$) 3, 5, 10, 20분에서는 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). liver의 SUV_{avg}의 변화는 1, 2, 3, 5, 10, 20분에서 각각 1.6, 2.5, 3.0, 4.2, 6.6, 12.8%, primary lesion의

Table 1. Mean SUV of Aorta, Liver and Primary lesion according to time difference

Aorta			Liver			Primary Lesion		
min	mean±SD	t	min	mean±SD	t	min	mean±SD	t
1	0.95±0.11	1.0	1	1.45±0.18	2.97*	1	8.01±5.00	8.60***
2	0.95±0.11	1.8*	2	1.43±0.18	4.10***	2	8.00±5.00	8.27***
3	0.94±0.11	2.11**	3	1.42±0.18	4.71***	3	7.93±4.93	8.10***
5	0.92±0.10	3.53***	5	1.41±0.17	6.60***	5	7.82±4.87	8.83***
10	0.91±0.10	4.71***	10	1.37±0.18	20.15***	10	7.59±4.72	8.72***
20	0.84±0.10	17.9***	20	1.29±0.17	22.49***	20	7.13±4.43	8.68***

*p < 0.5
 **p < 0.05
 *** P < 0.01

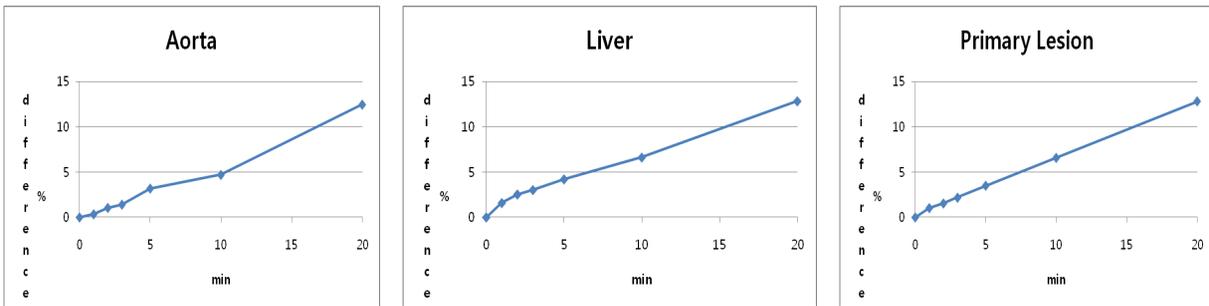


Fig. 3. As the time error increases, %difference is showing an upward tendency.

SUV_{max}의 변화는 각각 1.0, 1.5, 2.2, 3.5, 6.6, 12.8%의 차이가 있었으며 liver와 primary lesion에서는 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05) (Fig. 3, Table 1).

ACR Phantom을 사용한 실험 결과, 0분의 SUV를 기준으로 Background의 SUV_{avg} 변화는 각각 0, 0, 0, 0, 10.0, 10.0%의 차이가 있었고, hot cylinder에서의 SUV_{max} 변화는 25 mm에서 각각 3.7, 3.7, 3.7, 3.7, 7.4, 14.8%, 16 mm에서 0, 0, 0, 0, 4.3, 8.7%, 12 mm에서 4.8, 4.8, 4.8, 4.8, 9.5, 14.3%, 8 mm에서 0, 0, 0, 0, 6.3, 12.5% 차이가 있었다(Fig. 4).

고찰

시간 입력 오차가 10분 이상이 되어야 SUV가 5% 이상 오차가 생기는 것을 확인할 수 있었다. SUV의 5% 이하의 오차는 영상 판독 시 종양의 유무를 진단 하는데 지장을 주지 않는다.³⁾ 하지만 Ronald Boellaard의 연구에서 검사 시 기술적인 요소로 인하여 SUV에 오차를 발생 시키는 인자는 입력 시간의 오차 뿐만 아니라 스캐너와 dose calibrator의 cross calibration에서 최대 10%, 주사기에 남은 잔류량에서 최대 5%, 주사 시 extravasation에 의하여 최대 50%의 오차를 발

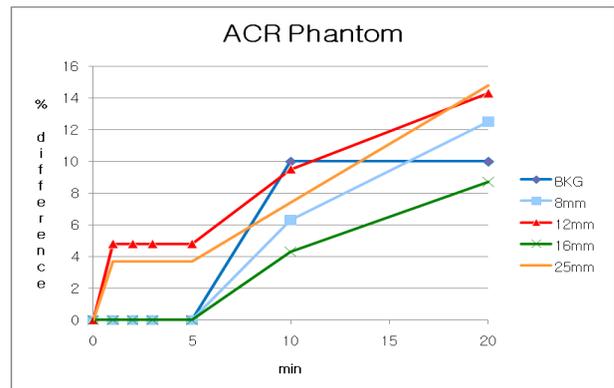


Fig. 4. %Difference is showing an upward tendency at the ACR Phantom test.

생시킬 수 있으며, 이 밖에도 물리적 요소, 생물학적인 요소에 의한 오차가 발생할 수 있다고 한다.²⁾ 따라서 우리는 이러한 오차를 감소시킬 수 있는 방안을 모색해야 할 것으로 생각된다. 이러한 방안의 하나로 서울아산병원에서는 대한민국 표준시를 나타내는 시계를 구비하고 시간 동기화 프로그램(UTck3)을 설치하여 주사실과 PET 스캐너실의 시계를 원격으로 동기화시키고 주기적으로 관리하고 있다(Fig. 5). 참고자료로 서울아산병원의 PET 스캐너 동기화 기록을 확

인 해 보면 시간 동기화를 주기적으로 시행하고 있음에도 표준시간과 시간의 오차는 지속적으로 발생하며 일부 PET 스캐너에서는 표준 시간과의 시간 오차가 크게 발생하는 것을 확인 할 수 있다(Fig. 6).

본 연구의 제한 점은 높은 SUV를 나타내지 않는 Aorta, ACR Phantom의 BKG, 8 mm hot cylinder, 16mm hot cylinder에서는 1, 2, 3분의 시간 입력 오차를 주었을 때 변화가 없었던 것을 확인 할 수 있었다. 이것은 측정된 SUV가 낮아 시간 입력에 따른 변화가 소수점 둘째 자리 이하에서 발생하였고, 연구에 사용된 GE사의 Advantage Workstation V4.3의 viewer에서는 소수점 첫째 자리까지만 나타내기 때문에, 1, 2, 3분의 시간 차이에 따른 SUV 변화를 관찰 할 수 없었던 것으로 사료된다(Fig. 7).

결론

반정량적 평가를 필요로 하는 PET 검사 시 수검자의 키, 체중, ¹⁸F-FDG 투여 량, 투여 시간, Emission scan 시작 시간 등 SUV에 영향을 주는 변수들을 측정 또는 기록하는 과정에서 오차들이 발생할 수 있으며 이 오차들이 많아 질수록 정확한 SUV의 측정을 방해하게 된다. 따라서 우리는 SUV를 보다 정확하게 측정하기 위해서 이러한 오차를 최소화 하려



Fig. 5. CTck3 program from KRISs is installed to all computers and performing the time synchronization regularly in Asan Medical Center, Seoul.

는 노력을 해야 하며 그 중 시간 동기화는 정확한 검사를 하기 위한 노력의 초석이 될 수 있을 것으로 사료된다.

요약

PET/CT 검사 시 주사실 근무자의 주사 시간의 입력과 PET 검사실 근무자의 검사 시작 시간의 오차가 발생할 수 있으며 이러한 시간 입력의 오차는 반정량적 평가 방법으로 사용되고 있는 표준화섭취계수(이하 SUV) 값에 영향을 줄 수 있다. 이에 시간 입력 차이에 따른 SUV의 변화를 분석하고 시간 동기화의 필요성을 알아보고자 한다. ¹⁸F-FDG Fusion Whole Body PET 검사를 시행한 환자 중 성인 30명을 대상으로 연구 분석하였다. 시간 차이에 따른 SUV의 변화를 분석하기 위해 1, 2, 3, 5, 10, 20분의 시간 오차를 주어 영상을 재구성하였다. 각각의 재구성한 영상은 liver, aorta, primary lesion에서 ROI를 설정하여 SUV를 측정하였다. 환자 30명의 영상을 각각 1, 2, 3, 5, 10, 20분의 오차를 주어 재구성한 영상과 기존의 시간을 입력한 영상의 SUV를 비교 분석하였다. liver의 mean SUV는 1, 2, 3, 5, 10, 20분에서 각각 1.6, 2.5, 3.0, 4.2, 6.6, 12.8%, aorta의 mean SUV는 각각 0.3, 1.1, 1.4, 3.2, 4.7, 12.5%, lesion의 max SUV는 각각 1.0, 1.5, 2.2, 3.5, 6.6, 12.8%의 차이를 확인 할 수 있었다. SUV를 보다 정확하게 측정하기 위해서 이러한 오차를 최소화 하려는 노력을 해야 하며 그 중 시간 동기화는 정확한 검사를 하기 위한 노력의 초석이 될 수 있을 것으로 사료된다.

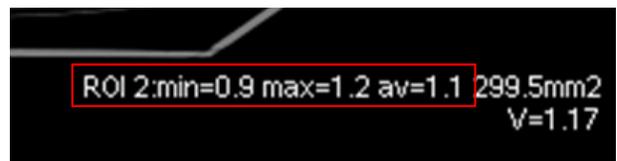


Fig. 7. Advantage Workstation v4.3 only shows the first decimal place.

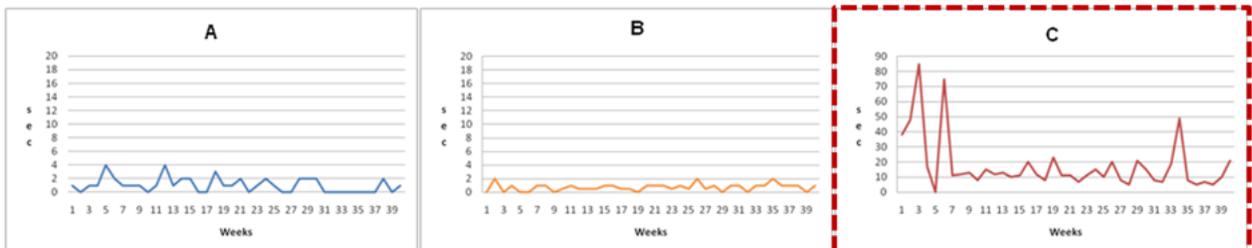


Fig. 6. Even the time synchronization has been performing at once every day or week, time errors occur continually. C Scanner occurs bigger time error than the others.

REFERENCES

1. 고창순, 핵의학. 제 3판. 고려의학. 2008. P63.
2. Ronald Boellaard, Standard for PET Image Acquisition and Quantitative Data Analysis, *J Nucl Med* 2009;50:11s-20s.
3. Wolfgang A. Weber, Quantitative analysis of PET studies, *Radiotherapy and Oncology* 96 (2010) 308-310
4. Lammertsma AA, Hoekstra CJ, Giaccone G, Hoekstra OS. How should we analyse FDG PET studies for monitoring tumor response? *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2006;33(suppl 1):16-21.