

PET/CT 검사 시 혈관삽입기구 내 잔여 방사능 위치에 따른 표준섭취계수의 영향 비교 평가

연세의료원 세브란스병원 핵의학과¹, 신구대학교 방사선과²
심우용¹ · 김정열¹ · 조석원¹ · 오신현¹ · 임한상¹ · 박훈희²

Comparative Evaluation for the Effect of SUV's Due to a Residual Radio-activity Location Inside Vascular Insert Devices During PET/CT Scans

Woo Yong Sim¹, Jung Yul Kim¹, Suk Won Cho¹, Shin Hyun Oh¹, Han Sang Lim¹ and Hoon-Hee Park²

¹Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Health System, Seoul, Korea

²Department of Radiological Technology, Shingu College, Seongnam, Korea

Purpose: Standardized uptake value (SUV) is a simple semi-quantitative method that can measure the ratio of the tissue radioactivity between the tumor and normal. SUV is commonly used in PET/CT, however, SUV is affected by various factor. The purpose of this study was to evaluate the impact of the residual activity on SUV depending on the location of catheter insertion device post injection. **Materials and Methods:** NEMA IEC Body Phantom was imaged using a Discovery 600 PET scanner. In 22 mm diameter sphere, the different activity of ¹⁸F-FDG (7.4, 14.8, 22.2, 29.6, 37, 55.5 MBq) was filled and background was filled with ¹⁸F-FDG (5.7 kBq/mL). We scanned the phantom on the assumption that the radioactivity in sphere was residual activity in insertion device. Simulation of PET was divided into three groups based on the location of sphere in Scan FOV (SFOV); inclusion, 1/2 inclusion and exclusion group. **Results:** Among three groups, the group of excluded sphere showed the highest SUV regardless of the amount of ¹⁸F-FDG activity. In case of 7.4 MBq, average SUV of inclusion group, 1/2 inclusion and exclusion group was 0.780, 0.840 and 0.896 respectively. However, average SUV of 55.5 MBq showed 0.372, 0.460 and 0.508 with same order. Depend on residual radioactivity in the sphere and position of sphere, the SUV was different minimum of 10.4%, maximum of 62.8%. **Conclusion:** This study showed that SUV is underestimated as the residual radio-activity is increased. In addition, SUV was a changed according to the position of residual radio-activity. And among the position, exclusion group showed the difference of SUV was lowest. If we measure the residual radio-activity of inserting devices and radio-activity from extra-vasation in the patients, it seems to be more useful in clinical field. (Korean J Nucl Med Technol 2014;18(1):94-97)

Key Words : PET/CT, Injection site, SUV, FOV

서 론

PET/CT가 소개된 이래로 대부분 암들에 대해 병기결정

과 병기 재결정을 위해 PET이나 CT를 단독으로 이용하는 것보다 dual modality의 PET/CT Whole Body Scan을 많이 검사하고 있고 이는 1차 imaging modality로 인정받고 있다.^{1,2)} PET/CT영상은 육안에 의하여 정성적으로 분석할 뿐만 아니라 종양내의 방사성핵종의 집적 정도를 측정하여 정량 분석할 수가 있다. 그러나 임상에서는 반정량적인 방법인 표준섭취계수(Standardized uptake value, SUV)로 종양 내 방사성의약품 집적 정도를 평가한다. 표준섭취계수는 간단한 반정량적인 방법으로 정상 조직과 종양 조직의

• Received: March 28, 2014. Accepted: April 21, 2014.
• Corresponding author : **Woo Yong Shim**
Department of Nuclear Medicine, Severance Hospital, Yonsei University Health System, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea
Tel: +82-2-2228-6052, Fax: +82-2-312-0578
E-mail: simoo2000@naver.com

섭취 비를 측정하여 육안적인 평가와 함께 유용하게 사용되고 있다. 하지만 표준섭취계수는 환자, 촬영기기, 촬영기법 인자들과 같이 크게 3가지 요소에 영향을 받게 된다. 환자에 의한 요인으로 환자의 체형과 혈중 포도당 농도, 정상 조직의 섭취 증가 등이 있으며, 촬영기기의 성능과 크리스탈의 종류에 따라서도 영향을 받게 된다. 마지막으로 촬영기법 인자로는 방사성 핵종의 누출, FDG 주사량, FDG 주사와 촬영 간격으로 구분할 수 있다.³⁾ 방사성 핵종이 주사할 때 혈액 내로 모두 들어가지 않고 일부 혈관 바깥으로 누출되거나, 혈관삽입기구에 잔여하게 된다면 이는 당연히 SUV에 영향을 미칠 수 있게 된다.⁴⁾ 이러한 SUV의 변화는 병기결정과 병기재결정 등의 판독결과에 영향을 줄 수 있게 된다.⁵⁾ 본 논문에서는 Scan field of view (SFOV) 내 혈관삽입기구의 위치와 잔여방사능의 세기에 따라 SUV에 미치는 변화를 측정하여 그 영향을 비교 평가하였다.

실험재료 및 방법

1. 장비 및 실험재료

사용 장비는 PET/CT Discovery 600 (GE Healthcare, MI, USA)과 NEMA IEC Body Phantom으로 실험을 진행하였다. BGO 크리스탈, 3D 방법으로 영상을 획득하였고, 해상도는 5.6 mm FWHM, DFOV는 500 mm이다. CT는 16슬라이스에 최소 절편 1.25 mm를 사용하였다. PET영상은 VUE Point HD 재구성법과 Subset 16, Iteration 2를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 모형 제작방법

NEMA IEC Body Phantom은 내부의 구를 모두 제거한

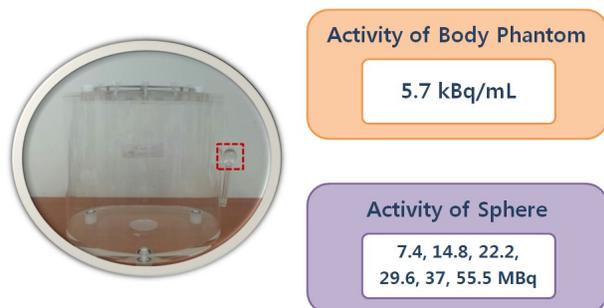


Fig. 1. In 22 mm diameter sphere, the different activity of ¹⁸F-FDG (7.4, 14.8, 22.2, 29.6, 37, 55.5 MBq) was filled and background was filled with ¹⁸F-FDG (5.7 kBq/mL).

뒤에 물과 함께 ¹⁸F-FDG mL당 5.7 kBq로 채웠다. 혈관삽입기구와 혈관 외 누출을 재현하기 위해 직경 22 mm인 구를 7.4, 14.8, 22.2, 29.6, 37, 55.5 MBq로 변화시켜 인위적으로 Body Phantom에 부착하여 실험을 진행하였다(Fig. 1). 구의 위치는 SFOV 중앙, 1/2 포함, 불포함하여서 3가지 그룹으로 나누었다.

2) 영상 분석 및 통계 분석

획득한 영상은 각각의 Slice에서 중앙, 위, 아래, 좌, 우로 관심영역(Region Of Interest, ROI)를 50 mm²로 설정하여 SUV_{mean}을 측정해 평균, 표준편차를 산출하여 비교 분석하였다(Fig. 2). 실험결과를 가지고 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 18 version을 이용하여 ANOVA 검정을 시행하여 3가지 그룹과 하위그룹 간에 유의한 차이가 있는지 분석하였다.

결 과

구의 방사능에 따라 구분한 3가지 그룹에서 방사능량에 상관없이 SFOV에 포함되지 않은 것이 가장 높은 SUV를 나타내었으며, 1/2포함, 포함된 순으로 낮은 SUV를 보였다. 이중 구의 방사능량이 7.4 MBq의 경우 SFOV에 포함과 1/2포함의 경우 평균 SUV는 0.780, 0.840로 나왔으며 SFOV 밖에 위치 할 경우 0.896이 나왔다. 22.2 MBq과 55.5 MBq의 SUV는 동일한 순서대로 0.600, 0.700, 0.728, 0.372, 0.046, 0.508로 나타났다(Table 1). 또한 구의 잔여방사능에 따라 최소 10.4%, 최대 62.8% 차이를 보였다(Table 2). 혈관삽입기구나 혈관 외 누출로 인한 잔여 방사능이 증가함에 따라서 SUV가 선형적으로 감소할 경우와 SFOV 위치에 따른

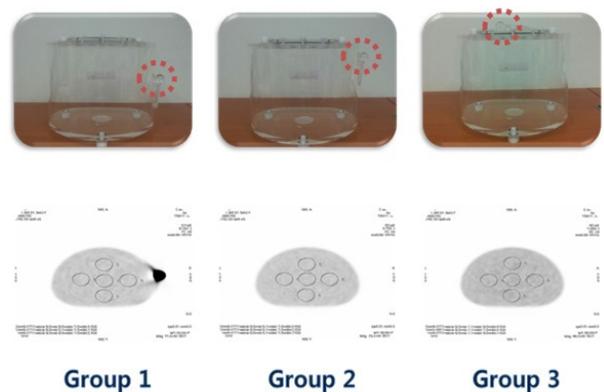


Fig. 2. Simulation of PET was divided into three groups based on the location of sphere in SFOV; inclusion, 1/2 inclusion and exclusion group.

Table 1. Activity, SUV and Standard deviation by each groups

Group 1			Group 2			Group 3		
Activity (MBq)	SUV	STD	Activity (MBq)	SUV	STD	Activity (MBq)	SUV	STD
55.50	1.00		55.50	1.00		55.50	1.00	
62.90	0.79	0.03	62.90	0.85	0.06	62.90	0.90	0.02
70.30	0.70	0.00	70.30	0.79	0.03	70.30	0.80	0.02
77.70	0.60	0.02	77.70	0.70	0.00	77.70	0.73	0.05
85.10	0.49	0.04	85.10	0.60	0.02	85.10	0.68	0.04
92.50	0.47	0.05	92.50	0.53	0.05	92.50	0.63	0.05
111.00	0.37	0.05	111.00	0.46	0.05	111.00	0.51	0.03

Table 2. Difference of the SUV between group 3 to 1

Sphere (MBq)	Group 1 (%)	Group 2 (%)	Group 3 (%)
0.0	0.0	0.0	0.0
7.4	21.2	15.2	10.4
14.8	30.0	21.2	19.6
22.2	39.6	30.0	27.2
29.6	51.2	39.6	32.4
37.0	53.2	46.8	37.2
55.0	62.8	54.0	49.2

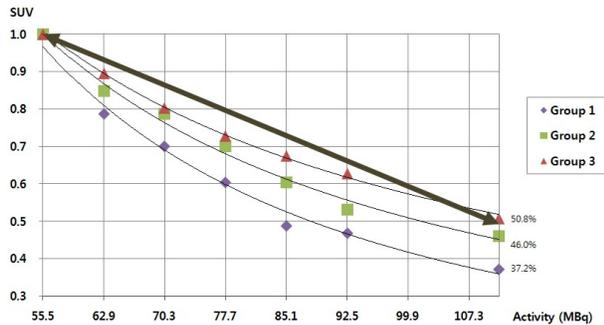


Fig. 3. This graph indicates that the error of SUV (%) is decreased through the activity of phantom and extravasation ratio is increased.

그룹 간 차이는 다음과 같이 나타났다(Fig. 3). 각 그룹 간의 일원분산결과 P-value는 모두 0.05 미만으로 유의한 차이를 나타냈다.

고찰

PET/CT에서 반정량적인 평가방법인 SUV는 임상에서 육안적인 평가와 함께 유용하게 사용되고 있다. 하지만 SUV는 여러 인자들로 영향을 받고 있으며, Medhat M. Osman 등은 Saint Louis medical center에서 혈관삽입기구나 혈관 외 누출은 일반적으로 PET/CT에서 10.5% 정도 발생된다고

보고되고 있다. 위와 같은 상황이 일어난다면 간에서 평균 11.7% 그리고 종격동에서 9.3%의 SUVmax의 과소평가를 초래할 수 있다고 보고하였으며,⁶⁾ 2005년 Weber 등은 경과를 추적 관찰하는 환자의 경우 SUV의 재현성은 PET 영상 획득을 하는 프로토콜에 따라서 20% 이상의 SUV 감소를 발생시킬 수 있다고 보고하고 있다.⁷⁾ 정확한 SUV의 측정을 위해서는 혈관삽입기구나 혈관 외 누출로 인한 잔여방사능을 제외한 FDG 주입량을 입력시켜 줘야 되지만 정확한 잔여량을 측정할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 잔여방사능이 SUV에 미치는 영향을 알아보려 하였다.

하지만 Phantom으로만 진행 되어 실제 임상에서 적용할 시에 인체의 생리대사적 영향에 따른 차이가 발생할 수 있으며 추가적인 연구가 필요하다.

결론

본 연구를 통해 혈관삽입기구에 잔여 방사능이 많이 남아 있을수록 SUV를 과소평가되는 것을 알 수 있었다. 또한 SFOV에 포함여부에 따라서도 SUV의 변화가 있었으며, 포함되지 않았을 때 가장 적은 차이를 나타냄을 알 수 있었다. 추후에 혈관삽입기구 내 잔여 방사능과 환자의 혈관 외 누출에 따른 방사능을 측정 할 수 있다면 임상에 더욱 도움

이 되리라 사료된다.

요 약

PET/CT 영상에서 표준섭취계수(Standardized uptake value, SUV)는 간단한 반정량적인 방법으로 정상 조직과 종양 조직의 섭취 비를 측정하여 임상에서 육안적인 평가와 함께 유용하게 사용되고 있지만 많은 변수들로 인해 SUV에 영향을 주게 된다. 그 중 혈관 삽입기구나, 주사 부위의 잔여 방사능과 그 위치에 따라서 영향을 평가해 보고자 한다. GE Discovery 600 (GE Healthcare, MI, USA)과 NEMA IEC Body Phantom을 사용하였다. ^{18}F -FDG 5.7 kBq/mL를 물과 함께 phantom에 채웠고, 22 mm 직경의 구에 7.4, 14.8, 22.2, 29.6, 37, 55.5 MBq로 변화하여 SFOV에 포함, 불포함 그리고 끝단에 걸친 조건으로 시뮬레이션하였다. 획득된 영상에 관심영역을 설정하여 SUV에 미치는 영향을 비교 평가하였다. SFOV 포함 여부에 따라 구분한 3 그룹에서 방사능량에 상관없이 SFOV에 포함되지 않은 것이 가장 높은 SUV를 나타내었으며, 끝단에 걸친 것, 포함된 순으로 SUV의 변화가 있었다. 이중 구의 방사능량이 7.4 MBq의 경우 SFOV에 포함과 끝단에 걸친 위치의 경우 평균 SUV는 0.780, 0.840로 나왔으며 SFOV 밖에 위치할 경우 0.896이 나왔다. 22.2 MBq과 55.5 MBq의 SUV는 동일한 순서대로 0.600, 0.700, 0.728, 0.372, 0.460, 0.508로 나왔으며, 구의 잔여방사능량에 따라 최소 10.4% 최대 62.8% 차이를 보였다. 본 연구를 통해 혈관삽입기구에 잔여 방사능이 많이 남아 있을수록 SUV를 과소평가하였다.

또한 SFOV에 포함여부에 따라서도 SUV의 변화가 있었으며, 포함되지 않았을 때 가장 적은 차이를 알 수 있었다. 추후에 혈관 삽입 기구 내 잔여 방사능과 환자의 혈관외 누출에 따른 방사능을 측정 할 수 있다면 임상에 더욱 도움이 되리라 사료된다.

REFERENCES

1. Gerald Antoch, Florian M. Vogt, Lutz S. Freudenberg, Fridun Nazaradeh, Susanne C. Goehde, Jörg Barkhausen, et al. Whole-body dual-modality PET/CT and whole-body MRI for tumor staging in oncology. *JAMA* 2003;290:3199-3206.
2. Czernin J, Allen-Auerback M, Schelbert HR. Improvements in cancer staging with PET/CT: literature-based evidence as of September 2006. *J Nucl Med* 2007;48(Suppl 1):78S-88S.
3. 고창순. 고창순 핵의학. 제3판. 고려의학; 2008. p. 37-45.
4. Miyashita K, Takahashi N, Oka T, Asakawa S, Lee J, Shizukuishi K, et al. SUV correction for injection errors in FDG-PET examination. *Ann Nucl Med* 2007;21:607-613.
5. Vansteenkiste JF, Stroobants SG, Dupont PJ, De Leyn PR, Verbeken EK, Deneffe GJ, et al. Prognostic Importance of the Standardized Uptake Value on ^{18}F -Fluoro-2-Deoxy-Glucose-Positron Emission Tomography Scan in Non-Small-Cell Lung Cancer. An Analysis of 125 Cases. *J Clin Oncol* 1999;17:3201-3206.
6. Medhat M. Osman, Razi Muzaffar, Erkan Altinyay, Cyrus Teymour. FDG dose extravasations in PET/CT: frequency and impact on SUV measurements *Front Oncol* 1:41. doi: 10.3389/fonc.2011.00041
7. Weber WA. Use of PET for monitoring cancer therapy and for predicting outcome. *J Nucl Med* 2005;46:983-995.