

Original Article

PET/CT검사에서 CT의 확대 유효시야 적용이 표준화섭취계수에 미치는 영향

서울아산병원 핵의학과

박순기 · 남기표 · 김경식 · 신상기

Effect of Extended Field of View on Measurements of Standardized Uptake Value in PET/CT

Soon Ki Park, Ki Pyo Nam, Kyeong Sik Kim, Sang Ki Shin

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

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the effect of extended CT field of view (FOV) on PET/CT of Standardized uptake value (SUV) when imaging extends beyond the CT FOV. **Materials and Methods:** CT images were reconstructed at different FOV sizes (500 and 700 mm). Two sets of CT images were reconstructed from the CT projection data by using two FOV sizes. Twenty patients were used in this study. PET images were reconstructed using attenuation maps with 500 mm CT FOV and 700 mm extended CT FOV images. Region of interests (ROIs) drawn on the PET images. In addition, twenty patients' PET images reconstructed by 500 mm CT FOV and 700 mm extended CT FOV were compared with SUV_{max}. **Results:** When using attenuation maps with 700 mm extended CT FOV, the SUV_{max} analysis of liver ($p=0.000$), lung ($p=0.007$), mediastinum ($p=0.001$) were statistically significant. **Conclusions:** 700 mm extended CT FOV helps to recover the true activity distribution in the PET emission data. In addition, 700 mm extended CT FOV has affected SUV measurement of liver, lung, mediastinum. (Korean J Nucl Med Technol 2009;13(1):82-85)

Key Words : PET/CT, FOV, SUV

서 론

PET/CT장비에서 CT는 체내로부터 방출되는 방사선을 감쇠보정하는데 활용되며 또한, PET 영상의 기능적인 정보 제공에 더하여 해부학적인 정보를 제공하고 있다. 본원에서는 전신촬영 시 truncation artifact와 beam hardening artifact를 최소화하기 위해 팔을 머리위로 올려 유효시야에서 제외시키고, ¹⁾ PET과 CT의 유효시야를 500 mm로 얻고 있다. 그러나 비만인 경우와 팔을 머리 위로 올리지 못하는 환자, 두 경우

종양환자, 흑색종, 팔에 병변이 있어 팔을 내려서 검사하는 환자의 경우, 촬영 부위가 500 mm의 CT 유효시야를 벗어날 수 있다. 그로 인해 벗어난 부근에는 감쇠보정이 되지 않고, 500 mm CT 유효시야에 일치되어 감쇠보정된 PET 영상에서는 팔의 가장자리에 감소된 방사능 농도를 보인다.³⁾ 본 연구는 PET/CT검사에서 500 mm CT 유효시야를 벗어나서 보다 넓은 유효시야를 사용해야 하는 경우, CT의 700 mm 확대 유효시야를 적용할 때 정량분석의 지표로 활용되고 있는 표준화섭취계수(SUV)²⁾에 미치는 영향을 평가하였다.

실험재료 및 방법

1. 연구 대상

2008년 4월부터 10월까지 본원에서 2-¹⁸F-fluoro-2-deoxy-

• Received: December 3, 2008. Accepted: January 2, 2009.
• Corresponding author: Ki Pyo Nam
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, 388-1
Pungnap 2-dong, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-5425, Fax: +82-2-3010-4588
E-mail: sirius289@naver.com

Table 1. Characteristics of mean SUV according to ROI and CT FOV

Study	ROI		
	Liver	Lung	Mediastinum
500 mm CT FOV	1.71±0.36	0.38±0.14	1.23±0.28
700 mm CT FOV	1.80±0.35	0.40±0.14	1.25±0.28
Difference	0.09±0.05	0.02±0.02	0.02±0.02
<i>p</i> value	0.000	0.000	0.000

Table 2. Characteristics of maximum pixel value SUV according to ROI and CT FOV

Study	ROI		
	Liver	Lung	Mediastinum
500 mm CT FOV	2.20±0.42	0.72±0.28	1.64±0.37
700 mm CT FOV	2.33±0.39	0.74±0.28	1.67±0.37
Difference	0.13±0.12	0.02±0.03	0.03±0.03
<i>p</i> value	0.000	0.007	0.001

glucose (^{18}F -FDG)전신 촬영을 시행한 환자 중 팔을 내리고 검사하여 500 mm의 CT 유효시야를 벗어난 20명 (남자: 16명, 여자: 4명, 평균연령 56.6±11.9세, 평균체중 71.2±10.4 kg, 평균신장 168.8±8.9cm, Lymphoma 4명, Melanoma 3명, Tonsil cancer 2명, Nasopharyngeal cancer 2명, Gallbladder cancer 1명, Routine check 1명, Submandibular tumor 1명, Tongue cancer 1명, Glottic cancer 1명, Breast cancer 1명, Thyroid cancer 1명, Lung cancer 1명, CBD cancer 1명)을 연구의 대상으로 하였다. 얻어진 CT 영상을 이용하여 500 mm 유효시야와 700 mm 확대 유효시야로부터 감쇠보정된 PET 영상을 획득하였다.⁴⁾ 모든 환자는 주사 전에 혈당을 측정하였고, 평균 혈당은 101.3±15.6 mg/dL였다.

2. 스캔 조건

^{18}F -FDG의 주사된 dose는 621.6±103.6 MBq(범위, 432.9-839.9 MBq)이었고 섭취시간은 60.4±8.7분이였다. 모든 환자는 skull의 base부터 proximal thigh까지 영상을 획득하였다. 사용된 장비는 SIEMENS사의 Biograph sensation 16을 사용했으며, CT 관전압과 mAs는 120 kVp, 100 mAs, CT slice thickness는 5 mm, PET emission scan은 bed당 3분, FWHM 5 mm, image size는 128×128, zoom factor 1.0, 재구성 방법은 2 iteration 16 subsets, ordered-subsets expectation maximization (OSEM) 알고리즘을 사용하였다.

3. 영상 분석

Syngo MI Application 소프트웨어를 이용하여 transaxial

영상에 Liver (central region of right lobe), Lung (basal region of the right lung), Mediastinum (upper region, at the level of the large vessels)에 3개의 관심영역을 설정하였다. 이때 관심영역은 소프트웨어의 copy/paste 기능을 이용하여 1 슬라이스에 같은 크기(liver 7 cm³, lung 14 cm³, mediastinum 4 cm³)와 같은 위치로 설정하였다.

4. 통계 분석

실험의 결과는 평균±표준편차로 나타내었고 두 실험에서 각각의 관심영역과 SUV사이의 mean difference는 Wilcoxon Signed ranks Test를 사용하였다. 모든 결과의 유의수준은 5% ($p<0.05$)로 설정하였으며, 통계분석은 SPSS 12.0 통계 프로그램을 사용하였다.

결 과

표 1, 2는 CT 유효시야와 각각의 관심영역에 따른 SUV_{mean} 과 SUV_{max} 의 환자 20명에 대한 평균±표준편차를 보여주고 있으며, 두 가지 재구성 방법에 따른 mean difference를 보여주고 있다. 500 mm의 유효시야에서 벗어난 20명의 PET 영상들을 CT의 700 mm 확대 유효시야로 적용했을 때 SUV_{mean} 과 SUV_{max} 모두 Liver와 Lung, Mediastinum에서 유의한 차이가 있었다.

CT의 700 mm 확대 유효시야로 감쇠보정된 PET 영상에서는 500 mm의 유효시야에서 벗어난 upper extremity와 soft tissue부분의 true activity의 회복이 있었으며(Fig. 1), upper extremity soft tissue부분의 병변은 CT의 500 mm의 유효

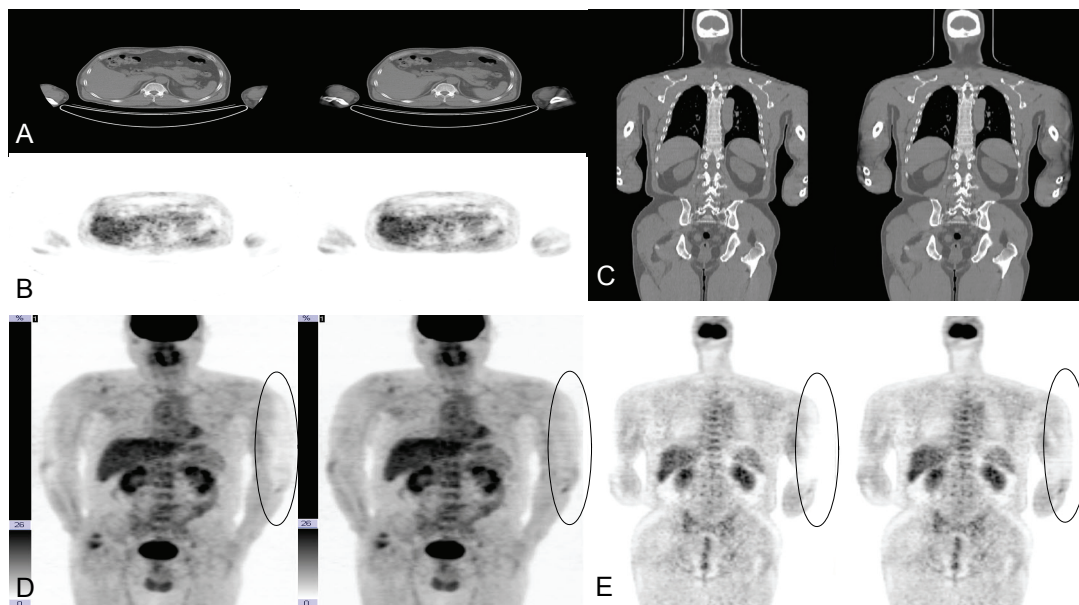


Fig. 1. 70 years old man with malignant melanoma. Trans axial CT (A), Part of body extends beyond the 500 mm CT FOV (left), and after 700 mm extended CT FOV (right), trans axial PET (B), coronal CT (C), MIP PET (D), PET images were reconstructed using attenuation maps from 500 mm CT FOV (left) and 700 mm extended CT FOV images (right), and coronal PET (E). 700 mm extended CT FOV helps to recover the true activity distribution in the PET emission data (ellipse, D and E).

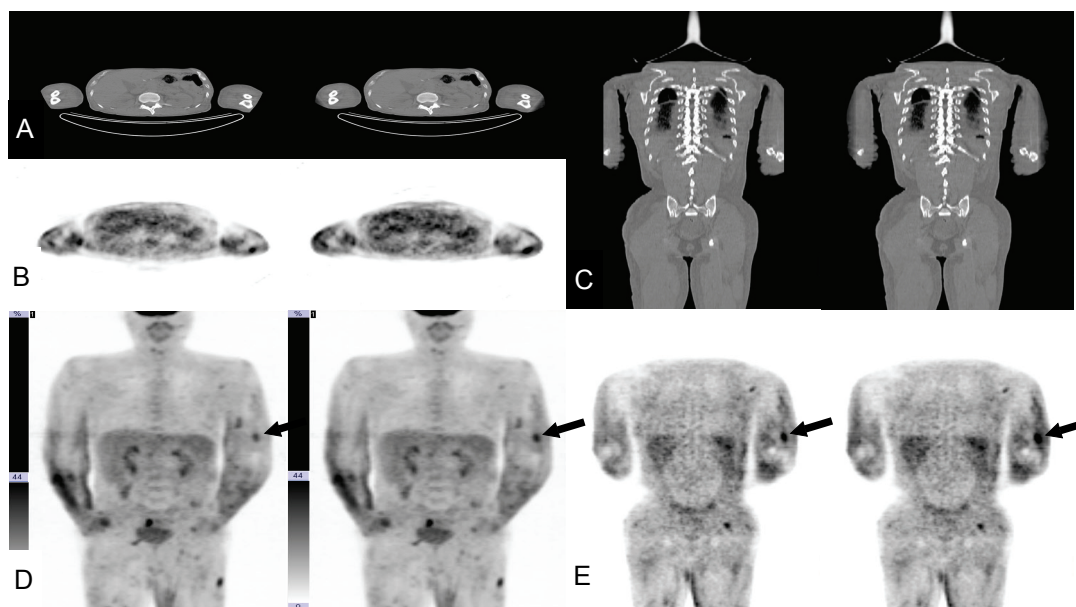


Fig. 2. 55 years old man with NK cell lymphoma. Trans axial CT (A), Part of body extends beyond the 500 mm CT FOV (left), and after 700 mm extended CT FOV (right), trans axial PET (B), coronal CT (C), and MIP PET (D), PET images were reconstructed using attenuation maps from 500 mm CT FOV (left) and 70 cm extended CT FOV images (right), and coronal PET (E). Before using attenuation maps from 700 mm extended CT FOV, SUV_{max} of left upper extremity lesion was 2.5, and after using attenuation maps from 700 mm extended CT FOV, SUV_{max} was 3.03 (arrow, D and E)-an increase of 21.2%.

시야로 감쇠보정된 PET 영상에서 SUV_{max} 는 2.5였고, CT의 700 mm의 유효시야로 감쇠보정된 PET 영상에서의 SUV_{max} 는 3.03으로 21.2%의 증가가 있었다(Fig. 2).

고찰 및 결론

500 mm CT 유효시야를 벗어난 감쇠된 광자(attenuated

photons)는 계수가 되지 않는다. 그로 인해 attenuation artifact가 생길 수 있고, PET 영상에서 부정확한 정량분석의 원인이 될 수 있다. 제한적인 CT 유효시야는 팔 부위가 벗어날 수 있으며, 그로 인해 감쇠보정인자(ACF)가 과소평가 될 수 있다. 그 이유는 CT 유효시야 바깥쪽에 위치하는 선감약계수(μ) 값들이 0으로 설정되기 때문이다.¹⁾ 몇몇 재구성 알고리즘들은 CT 유효시야의 확장과, 감쇠보정지도에서 벗어난 부분의 보상을 제시해 왔다.⁷⁾ 이 연구의 목적은 2가지로써, 첫 번째는 확장된 유효시야가 벗어난 팔 부분의 보상에 따른 SUV의 영향, 두 번째는 확장된 유효시야가 다른 장기들의 SUV에 미치는 영향이다. 이에 본 연구에서 CT의 700 mm 확대 유효시야의 적용으로 PET 영상에서는 벗어난 팔 부분의 보상이 있었고, 팔 부분의 병변은 SUV가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 500 mm CT 유효시야를 벗어난 20명의 PET 영상들을 500 mm와 700 mm CT 유효시야로 적용하였을 때 Liver와 Lung, Mediastinum의 SUV에 유의한 차이가 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 이유는 벗어난 팔 부분의 보상으로 인해 전체적인 감쇠보정지도에 차이가 생기고, 감쇠보정된 PET 영상에서 측정된 조직 내의 방사능이 증가하므로 SUV가 증가하는 것으로 생각 되어 진다. 따라서 흑색 종이나, 팔 부분에 병변이 있는 환자들에게는 확대된 유효시야의 사용은 진단적 정보의 이득이 있을 것이라 판단되며, Liver와 Lung, Mediastinum의 SUV에 영향이 있으므로 500 mm CT 유효시야를 벗어난 환자를 700 mm CT 유효시야를 적용할 경우, 치료 예후 평가를 위한 환자에게는 동일한 유효시야로 재구성해야 SUV의 변화를 줄일 수 있다고 생각된다.

REFERENCES

1. Gabriel Tarantola, Felicia Zito, et al. PET instrumentation and reconstruction algorithms in wholebody applications. *J Nucl Med* 2003;44:756-769.
2. 최창운. 종양학 분야에서 양전자방출촬영을 이용한 정량분석. *대한핵의학회* 2001;61-65.
3. Beyer T, Whole-body ¹⁸F-FDG PET/CT in the presence of truncation artifacts. *J Nucl Med* 2006;47:91-99.
4. Paul E. Kinahan, Bruce H. Hasegawa, and Thomas Beyer. X-ray-based attenuation correction for positron emission tomography/computed tomography scanners. *Seminar in Nuclear Medicine*, Vol XXXIII, No 3(July), 2003: pp166-179.
5. Waheeda Sureshababu, CNMT, PET; and Osama Mawlawi. PET/CT imaging artifacts. *J Nucl Med Technol* 2005;33:156-161.
6. Marc J. Gollub, Richrad Hong, et al. Limitation of CT During PET/CT. *J Nucl Med* 2007;48:1583-1591.
7. Thomas Beyer, Gerald Antoch, et al. Acquisition protocol considerations for combined PET/CT imaging. *J Nucl Med* 2004;45:25S-35S.