

## PET/CT 검사에서 호흡법에 따른 PET과 CT 영상의 정합오차

분당서울대학교병원 핵의학과

김상언 · 곽동우 · 박현수 · 방성애 · 박영재 · 이인원

### A Study on Matched Errors between PET and CT Images in PET/CT Examination According to Breathing Protocols

Sang Un Kim, Dong Woo Kwak, Hyeon Soo Park, Seong Ae Bang, Yeong Jae Park and In Won LEE  
*Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, Korea*

**Purpose** : This study evaluated the effects of breathing protocols on matching results of PET and CT images using two breathing protocols such as free breathing and acquisition in holding the breathing after the normal expiration in acquiring CT images. **Materials and Methods**: Whole body FDG PET and CT images of 200 patients (mean age: 58 (range 20~84), 103 males and 97 females) using Discovery VCT (GE Healthcare, Milwaukee, USA). When taking CT images, subjects were asked to breathe freely (free breathing, n=100) or hold the breathing after the normal expiration (Hold, n=100). In the whole body image coronal section where PET and CT were matched, the matched error of the boundary between diaphragm and liver was measured in length. The matched errors were compared according to breathing protocol by age, sex and disease. The verification of statistical significance was made by SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) via one way ANOVA. **Results**: The matched error in all was 0.87 mm. According to breathing protocol, there was no significant difference in matched error as 1.01 mm in free breathing and as 0.73 mm in hold breathing ( $p=.688$ ). The matched error according to sex did not show significant difference as 1.08 mm of males, and 0.93 mm of females in free breathing ( $p=.517$ ). In hold breathing, there was no significant difference as 0.79 mm of males and 0.66 mm of females ( $p=.738$ ). There was no significant difference in matched error by age between free breathing and hold breathing (free breathing ( $p=.728$ ), hold ( $p=.465$ )). There was no significant difference in matched error by disease between free breathing and hold breathing (free breathing ( $p=.197$ ), hold ( $p=.518$ )). **Conclusion**: The difference in matched error between free breathing and hold breathing was less than 5 mm at 99%. There was no statistically significant difference in matched error by breathing protocol, age and disease. It was proved that there was no difference in matched error between PET and CT images according to breathing protocol during PET/CT scan. (*Korean J Nucl Med Technol 2013;17(1):7-10*)

**Key Words** : PET/CT, Breathing protocol, Matched error

## 서 론

PET/CT 장비는 기능영상과 해부학적 영상을 동시에 제공하여 조직검사나 수술, 방사선치료를 위한 정확한 해부

학적 위치를 제공할 수 있으며, 영상의 민감도와 특이성을 향상시켜 암의 진단 및 종양에 대한 정확성을 향상시킨다.<sup>1,2)</sup> 그러나 PET/CT 검사 시 호흡에 의한 움직임은 motion artifact를 발생시키며, PET과 CT의 정합오차를 유발하여 영상의 질 저하와 판독의 정확도를 떨어뜨리는 원인이 된다. 이러한 문제점은 CT와 PET의 영상획득 시간차에 따른 호흡에 의한 움직임 때문에 발생한다. 호흡에 대한 보정방법은 소프트웨어를 이용하거나 방사선 동위원소를 기준마크로 이용하는 방법 그리고 움직임 검출 시스템과 같

• Received: January 31, 2013. Accepted: April 6, 2013.  
• Corresponding author : **Sang Un Kim**  
Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Bundang Hospital, 166 Gumiro, Bundang-gu, Seonam 463-707, Korea  
Tel: +82-31-787-2941, Fax: +82-31-7874018  
E-mail: kksu0804@hanmail.net

은 하드웨어를 이용하여 보정하는 방법이 있다.<sup>3,4)</sup> 본 연구는 PET/CT 검사 시 자유호흡과 호기 시 잠시 멈춤 두 가지 호흡법만을 이용하여 각 호흡법이 PET과 CT 영상의 정합 결과에 끼치는 영향을 평가하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

본원에서 2012년 4월부터 5월까지 PET/CT 검사를 시행한 환자 중 CT 영상 획득 시 평소대로 호흡한 100명(연령: 60±13세(범위: 20-84세), 남: 52명, 여: 48명)과 호기 후 잠시 멈춤 호흡을 한 100명(연령: 56±14세(범위: 20-84세), 남: 51명, 여: 49명)을 대상으로 하였다.

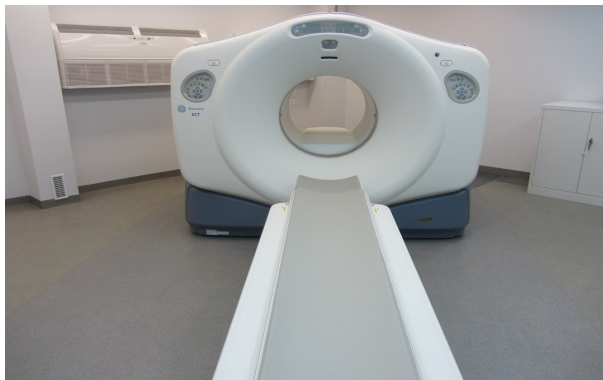


Fig. 1. Discovery VCT (GE Healthcare, Milwaukee, USA) was used for this study.

### 2. 실험장비 및 검사방법

이 실험에 사용된 장비는 Discovery VCT (GE Healthcare, Milwaukee, USA) (Fig. 1)이며, 크리스탈은 BGO를 사용하였다. 영상은 3D로 획득하였으며 공간해상도는 5.1 mm의 반치폭을 사용하였다. CT 구성은 64 slice, scan type은 helical이며 helical thickness는 3.75 mm 이며 rotation time은 0.5 sec였다. 재구성 방법은 iterative mode를 사용하여 subset 28회, iterative 2회를 시행하였다. 환자는 최소 6시간 이상 금식하였고, 18F-FDG (5.18 Mbq/kg)을 정맥 주사하였다. 근육의 섭취를 방지하기 위해 움직임을 제재하였으며 50분 후 전신 검사를 진행하였다. 검사는 CT 촬영 시 두 집단으로 나누어 한 집단은 평소대로 호흡을 하였으며 한 집단은 CT 촬영 시 호기 후 숨을 멈추도록 하였다.

### 3. 분석

PET과 CT가 정합된 전신영상 관상단면에서 횡격막-간 경계의 정합오차를 GE사의 Advantage workstation 4.4 를 이용하여 측정하였다(Fig. 2). 두 집단 간의 통계적 유의성 검증은 SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)에서 일원 분산분석(one-way ANOVA)방법으로 분석하였다.

## 결 과

전체에서 정합오차는 0.87 mm였다. 호흡법에 따른 정합 오차는 평소호흡이 1.01 mm, 잠시 멈춤은 0.73 mm로 유의

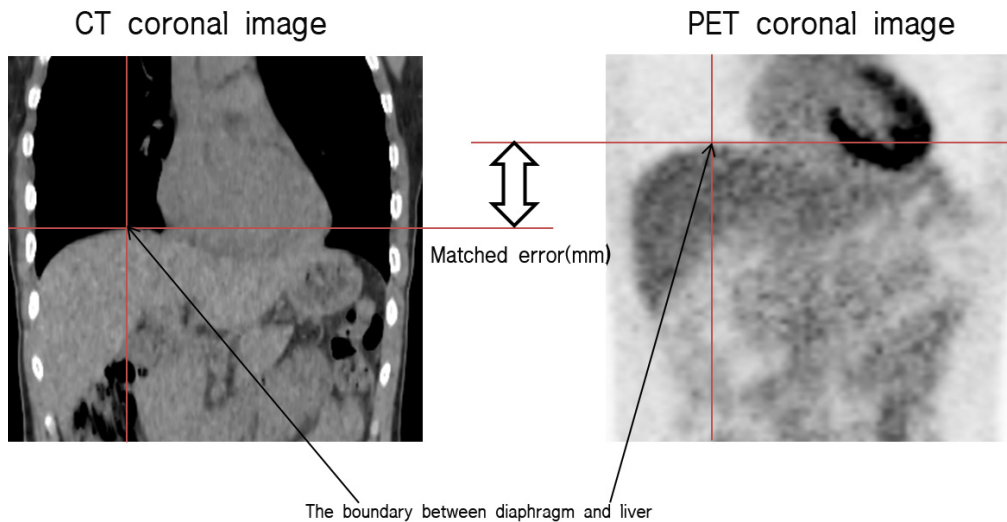


Fig. 2. Discovery VCT (GE Healthcare, Milwaukee, USA) was used for this study.

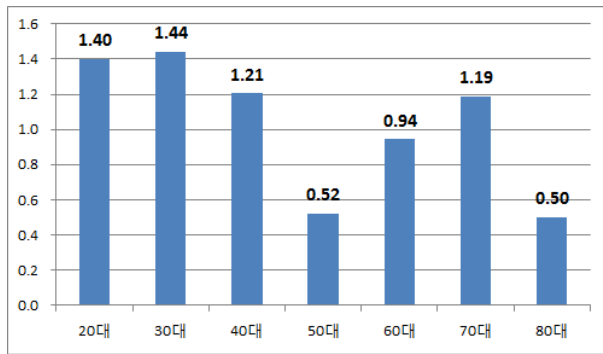


Fig. 3. Result of age by free breathing protocol.

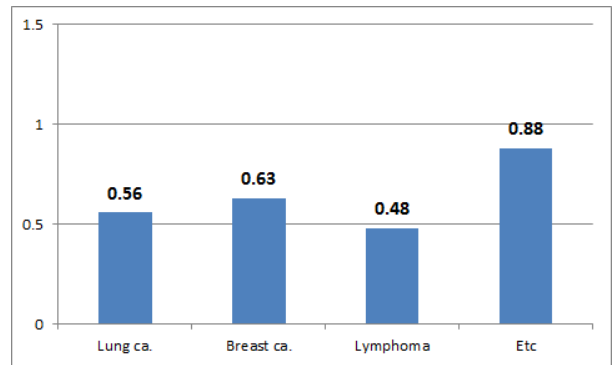


Fig. 6. Result of disease by hold breathing protocol.

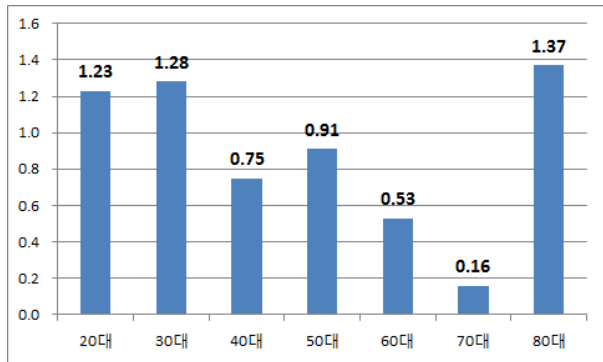


Fig. 4. Result of age by hold breathing protocol.

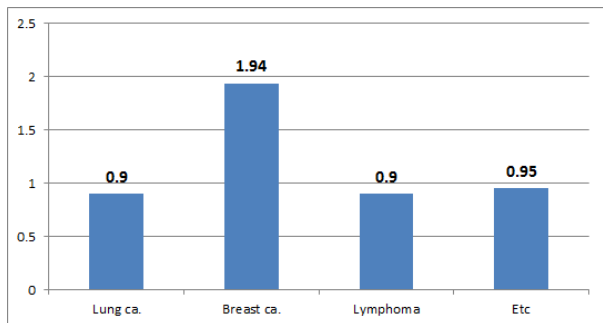


Fig. 5. Result of disease by free breathing protocol.

한 차이가 없었다( $p=0.688$ ). 성별에 따른 정합오차는 평소 호흡이 남성이 1.08 mm, 여성이 0.93 mm로 유의한 차이가 없었다( $p=0.517$ ). 잠시 멈춤은 남성이 0.79 mm, 여성이 0.66 mm로 유의한 차이가 없었다( $p=0.738$ ). 연령대별의 정합오차는 평소호흡이 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80대에서 1.4, 1.44, 1.21, 0.52, 0.94, 1.19, 0.5 mm로 나타났으며 잠시 멈춤이 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80대에서 1.23, 1.28, 0.75, 0.91, 0.53, 0.16, 1.37 mm로 나타났다(Fig. 3, 4). 모두 유의한 차이가 없었다(평소호흡( $p=0.728$ ), 잠시 멈춤( $p=0.465$ )). 상병에 따른 정합오차는 환자수가 가장 많은 상위 3개의 그룹과 나머지 그룹을

기타그룹으로 묶어 총 4개의 그룹으로 만들었다. 평소호흡은 lung cancer, breast cancer, lymphoma, etc에서 정합오차가 0.90, 1.94, 0.90, 0.95 mm로 나타났으며 잠시 멈춤은 lung cancer, breast cancer, lymphoma, etc에서 정합오차가 0.56, 0.63, 0.48, 0.88 mm로 나타났다(Fig. 5, 6). 평소호흡과 잠시 멈춤 모두 유의한 차이가 없었다(평소호흡( $p=0.197$ ), 잠시 멈춤( $p=0.518$ )).

## 결론

PET/CT 검사에서 움직임 보정하기 위한 여러 가지 방법이 있지만 본 연구에서는 오직 호흡법에 따른 PET와 CT 영상의 정합결과에 끼치는 영향을 평가하고자 하였다. 결론적으로 자유호흡과 호기 시 잠시 멈춤 상태에서 정합오차의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 호흡법에 따른 정합차이가 99% 이상이 5 mm 이하였다. 하지만 본 논문에서는 Discovery VCT에서만 적용하여 다양한 장비의 비교 분석이 불가능 하였다. 앞으로 다양한 장비에 적용한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 요약

PET/CT 검사에서 피검자의 호흡에 의한 움직임은 PET와 CT의 정합오차를 유발하여 영상의 질 저하와 판독의 정확도를 떨어뜨리는 원인이 된다. PET/CT 검사에서 CT 영상 획득 시 자유호흡과 호기 시 잠시 멈춤 상태에서 획득하는 두 가지 호흡법을 이용하여 각 호흡법이 PET와 CT 영상의 정합결과에 끼치는 영향을 평가하였다. 환자 200명을 대상으로 두 집단으로 나누어 CT 영상 획득 시 평소대로 호흡하거나 호기 시 멈추도록 지도하였다. PET와 CT가 정합된 전신영상 관상단면에서 횡경막-간 경계의 정합오차를

길이로 측정하였으며 각 호흡법에 따른 성별, 연령, 상병의 정합오차를 비교하였다. 자유호흡과 호기 시 잠시 멈춤 상태에서 정합오차의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 호흡법에 따른 정합차이가 99%이상이 5 mm이하였다. 호흡법, 연령, 상병에 따른 정합오차의 차이가 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 본 연구를 통하여 PET/CT 검사 시 호흡법에 의한 PET와 CT영상의 정합차이가 없음을 증명하였다. 호흡에 의한 motion artifact를 줄이기 위해서는 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

## REFERENCES

1. Nehmeh SA, Erdi YE, Ling CC, Ling CC, Rosenzweig KE, Schoder H, et al. Effect of respiratory gating on quantifying PET images of lung cancer. *J Nucl Med* 2002;43:876-881.
2. Pan T, Lee TY, Rietzel E, Chen GT. 4D-CT imaging of a volume influenced by respiratory motion on multi-slice CT. *Med Phys* 2004;31:333-340.
3. Beyer T, Antoch G, Muller S, Egelhof T, Freudenberg LS, Debatin J, et al. Acquisition protocol considerations for combined PET/CT imaging. *J Nucl Med* 2004;45:25S-35S.
4. Blodgett TM, McCook BM, Federle MP. Positron emission tomography/computed tomography: protocol issues and options. *Semin Nucl Med* 2006;36:157-168.