

성균대학교 의과대학 핵의학교실  
김 병 태

## PET and CT-corrected PET in Lung Cancers

Byung-Tae Kim, M.D.

Department of Nuclear Medicine, Sungkyunkwan university School of Medicine

1990년대에 들어오면서 전신촬영이 가능해진 PET은, 개발 초기에 주로 뇌 질환 연구에 이용하던 것과는 달리 암 환자 진료에 주로 사용하고 있으며, 2000년에는 CT의 투과 정보를 이용하여 감쇠를 보정하는 CT보정 PET을 임상에 사용하면서부터 그 보급이 더욱 급속하게 늘어나고 있다.

이 PET은 비침습적이며 대조도가 높기 때문에 손쉽게 암을 진단하고 그 병기를 결정할 수 있으며, 전신촬영이 가능하기 때문에 한 번의 검사로 원격 전이도 진단할 수 있다. 폐암, 유방암, 두경부암, 림프암, 흑색종, 식도암 등에서 그 이용이 눈에 띄게 증가하였고 미국에서는 이들 질환 대부분에서 보험급여를 해주고 있다<sup>1,2</sup>.

특히 폐암은 진단 당시 국소 림프절 전이나 원격전이 가 있는 경우가 많고 병기는 환자의 예후를 결정하는데 중요한 요소이므로 PET은 매우 유용한 검사이다<sup>3</sup>.

그러나 기존 PET은 높은 대조도에 비해 해상도가 낮아 병변의 유무는 쉽게 알 수 있으나 정확한 위치와 장기를 알 수 없고 암세포 외에도 근육이나 염증 세포에 섭취되는 단점이 있어 경험 많은 핵의학 전문의라 할지라도 정확한 판독이 어려울 경우가 있다.

한편, CT는 X-선을 투과시켜 그 데이터를 이용하여 영상을 구성하며 그 해상도가 매우 높으나 어떤 장기 또는 림프절에 이상이 있는 경우 그 병변이 악성인지 양성인지 정확하게 구별하기 어렵다.

따라서 CT와 PET의 장점을 취하면 해상도도 높고 병변의 성격을 정확하게 알 수 있을 것이라는 생각 하

에 소프트웨어를 이용하여 두 영상을 합치는데 많은 노력을 기울여 왔다. 이러한 방법은 장기가 움직이지 않는 뇌의 경우에는 비교적 성공을 거두었으나 암을 진단하는데 있어서는 그다지 성공적이지 못하였다. 그 이유는 호흡, 장 운동 등과 같이 항상 움직이고 있는 신체 부위에서는 소프트웨어로는 정확하게 CT와 PET을 합칠 수 없었고, 대부분 이들 소프트웨어가 CT와 일치시킬 수 있는 PET에서의 해부학적 위치를 사람이 정해 주도록 되어 있기 때문에 PET 영상에서 이 위치를 정확하게 잡을 수 없으며, 비교적 정확하게 잡는다 하더라도 PET보다 CT 영상이 훨씬 크므로 PET 영상을 확대하는 과정에서 그 오차는 더욱 커지게 되어 정확한 합치 영상을 얻을 수 없었기 때문이다<sup>4,5</sup>.

이러한 이유로 하드웨어를 이용하여 PET과 CT 영상을 합치는 방법을 모색하게 되었고 그 결과 하나의 테이블을 공유하며 검출기는 일렬로 늘어선 PET-CT가 개발되어 2000년부터는 임상에 이용하게 되었다 (Figure 1). 또한 기존 PET은 소멸반응으로 발생하는 511 keV 감마선과 같은 방사선을 내는 게르마늄-68을 이용하여 투과스캔을 한 다음 감쇠보정을 하고 있다. 그러나 이 방법은 감쇠보정에 필요한 충분한 데이터를 얻기 위해서는 상당한 시간(20분 이상)을 필요로 하기 때문에 검사시간이 길어지게 된다.

이에 비해 CT는 단시간(1분 이내)에 감쇠보정에 필요한 충분한 데이터를 얻을 수 있고 이 데이터도 역시 투과데이터이므로 이를 이용하여 PET의 방출스캔 데이터를 보정한다면 기존 PET의 투과스캔을 생략할 수 있으며 결과적으로 검사시간을 많이 단축할 수 있다<sup>6,7</sup>.

이 PET-CT 기기를 PET/CT, integrated PET, fusion PET 등 여러 가지 명칭으로 부르고 있으나 이러한 명칭은 환자와 일부 임상인들이 PET과 CT를 동시에 시행하는 것으로 착각하여 이 검사를 시행한 경

Address for correspondence : **Byung-Tae Kim, M.D.**  
Department of Nuclear Medicine, Sungkyunkwan  
university School of Medicine  
Phone : 02-3410-2827 Fax : 02-3410-2639  
E-mail : BTKim@smc.samsung.co.kr  
Received : Jun. 15. 2004.  
Accepted : Jun. 15. 2004.

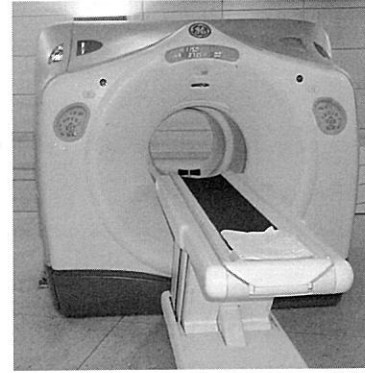
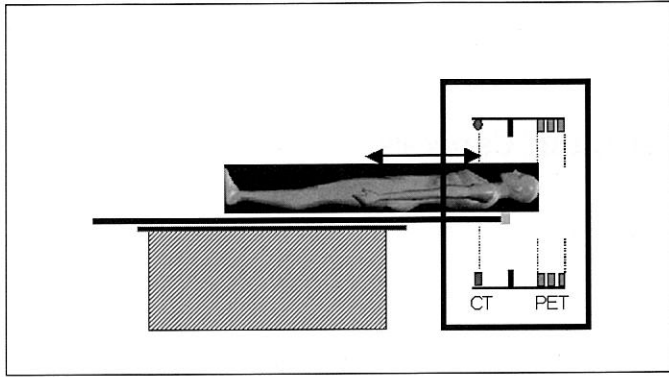


Figure 1. CT보정 PET

우 기존 CT를 시행하지 않아도 되는 것으로 생각하는 단점이 있다. 실제로는 CT 데이터를 감쇠보정 정보로 이용하기 위해서는 조영증강제를 사용할 수 없기 때문에 환자의 정확한 진단을 위해서는 추가로 기존 CT가 필요한 경우가 많다. 따라서 기존 PET과의 구별, CT 데이터를 이용하여 감쇠보정을 한다는 점 등을 종합해 볼 때 CT보정 PET이라고 하는 것이 타당할 것으로 생각하여 여기에서는 이 명칭을 사용한다.

### 1. 방사성의약품

2-[F-18] fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG), L-[1-(C-11)] methyl methionine, 3'-deoxy-3'-[F-18] fluorothymidine (FLT), 등 여러 가지가 있으나, 현재 자동합성장치가 개발되어 있어 그 생산이 쉬운 FDG를 가장 많이 사용하고 있다. 따라서 여기에서 언급하는 PET은 FDG를 사용한 것이다.

### 2. 스캔방법

① 환자는 FDG를 주사하기 전 최소한 4시간 이상 금식하도록 한다.

② 일반적으로 전처치를 위한 약제는 필요하지 않으나, 일부에서는 근육섭취 억제를 위해 diazepam, 대조도를 높이기 위해 furosemide, 장섭취를 억제하기 위해 Duspatalin 등을 사용하기도 한다. 환자가 복용하고 있던 약제는 중단하지 않는다.

③ FDG 주사 전에 혈당을 측정한다.

④ FDG 10 mCi를 하지정맥에 주사한다.

⑤ 주사후 최소한 45분 이상 조용히 휴식을 취한다. 이 때 말하는 것도 삼가는 것이 좋다.

⑥ Survey CT를 먼저 시행하여 재구성 영상을 얻어 스캔 범위(일반적으로 머리 끝 또는 코부터 대퇴부까지)를 정한 다음, 140 kV, 40 mA으로 CT 데이터를 얻어 5 mm 두께로 재구성한다. 이 때 양팔을 올리고 시행하는 것을 권장하고 있으나 양팔을 올릴 경우 CT 데이터를 얻는 데에는 지장이 없으나 PET은 약 30분 정도 시간이 소요되므로 환자가 견디기 어렵다. 또한 CT 데이터를 얻는 동안 호흡을 멈추는 것이 좋으나 이 또한 환자가 긴장하게 되어 깊이 숨을 쉬게 되면 오히려 정확한 감쇠보정이 될 수 없다. 따라서 보통 조용히 숨을 쉬게 하는 방법을 사용하며 최근 연구에 의하면 CT는 정상 호흡을 하다가 호기 말에 자연스럽게 숨을 멈춘 다음 시행하고 PET은 조용히 정상 호흡을 하는 방법이 가장 호흡에 의한 오차가 적다고 한다.

⑦ 이어 환자테이블을 PET 검출기로 옮겨 PET 방출스캔을 시행한다. 약 15 cm frame당 5분씩 데이터를 얻는다. 스캐너 검출기에 따라 스캔시간이 이보다 짧을 수도 있으나 대개 약 30분 정도 시간이 소요된다.

⑧ CT 데이터를 이용하여 감쇠보정을 하여 PET 영상을 재구성한다.

### 3. 임상이용

폐암에서 PET은, 국소 폐병변의 악성 여부 감별, 폐암의 비침습적 병기결정, 방사선 또는 항암제 치료후

평가 등 목적으로 이용한다.<sup>8,9</sup>

### 1) 단일 폐결절의 악성여부 판정

FDG PET은 직경이 3 cm 이하인 단일 폐결절의 악성여부 판정에 유용하며 특히 생검이 어렵거나 병력이나 방사선학적 검사에서 악성 가능성이 낮을 경우에 더욱 유용하다. 1990년부터 2000년까지 보고한 단일 폐결절에서 PET의 진단성적을 종합해보면 예민도 94%, 특이도 86.5%이다. 결핵 등 육아종성 폐질환이 많은 우리 나라에서는 위양성이 더욱 많아 특이도가 이보다 더욱 낮으나, 앞으로 CT보정 PET을 시행할 경우 병변의 석회화 등 CT에서 사용하는 진단기준을 그대로 적용할 수 있어 진단의 정확도가 보다 향상될 것이다.

### 2) 폐암의 병기결정

폐암의 T 병기결정에서 CT는 가장 중요한 검사방법이다. 그러나 흉벽이나 종격동 침범여부를 정확하게 알 수 없고 암종과 그 주위 무기폐를 구별하기 어렵다. 이 경우 CT보정 PET이 도움이 될 것으로 생각하며 현재 이에 대한 연구가 진행중이다. 일부 보고에 의하면 암과 무기폐를 구별할 수 있어 방사선치료를 받는 환자의 약 30~40%에서 치료할 부위를 변경하였다고 한다.

N 병기결정에서 FDG PET은 CT보다 우수한 진단성적을 보인다. Dwamena 등이 meta-analysis한 바에 의하면 PET의 예민도와 특이도는 각각  $0.79 \pm 0.02$ ,  $0.91 \pm 0.02$ 였고, CT의 예민도와 특이도는 각각  $0.60 \pm 0.02$ ,  $0.77 \pm 0.02$ 였다고 한다<sup>10</sup>. 종격동내시경술은 침습적일 뿐만 아니라 시야가 넓지 않기 때문에 침범된 부위를 100% 찾아낼 수는 없다. 시술자의 숙련도에 따라 그 성적이 달라지며 현재 약 90% 정도의 진단정확도로 보고하고 있다. 종격동내시경을 시행하기 전에 PET을 시행하여 그 소견을 참고할 경우 환자의 6%에서 더 많은 병변을 찾았으며 폐암이 말초부위에 있으면서 FDG PET에서 종격동에 섭취가 없으면 종격동내시경을 시행할 필요가 없어 종격동내시경 시행횟수를 12% 줄일 수 있었다는 보고도 있다.

그러나 림프절 전이를 정확하게 기술하기 위해서는 미국흉부학회(RCC)의 림프절지도법을 사용해야 하는데 현

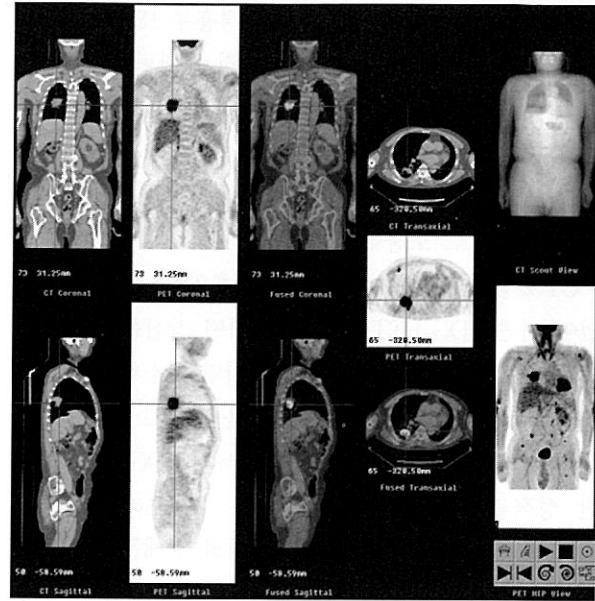


Figure 2. 폐암 환자의 CT보정 PET

재 PET의 해상도로는 림프절 위치를 정확히 알 수 없다. CT보정 PET은 이러한 림프절의 위치를 정확하게 알려줌으로써 치료방침을 결정하는데 크게 도움이 될 것이며 향후 폐암환자의 병기결정은 CT보정 PET이 가장 많은 기여를 하게 될 분야로 기대된다(Figure 2).

완치 가능성이 있다고 판단하여 광범위한 절제술을 시행하더라도 5년 생존율이 40%가 채 못 될 정도로 낮은 이유중 하나는 진단 당시 흉부의 원격전이를 찾아내지 못한 것이라고 한다. 이런 면에서 거의 전신을 촬영하는 PET은 흉부 이외의 원격전이를 찾는 데 있어 매우 훌륭한 방법이며 meta-analysis에 의한 예민도와 특이도는 95% 정도이다. 기대하지 않았던 환자의 10~20%에서 원격전이를 찾았고 20% 환자에서 치료방침을 변경하였다는 보고도 있다. CT보정 PET을 시행할 경우 FDG가 섭취된 곳이 어떤 조직인지 알 수 있어 정말 전이인지 아니면 혈관 등에 비특이적으로 섭취된 것인지 구별할 수 있어 보다 정확한 진단이 가능하다.

### 3) 치료후 평가

CT나 MRI로는 형태적인 정보를 정확하게 알 수 있지만 종종 재발암 또는 잔류암과 치료후 형태변화를 정확하게 구분하기 어려운 경우가 있다. 비특이적 늑막비후가 그 대표적인 예로서, 어떤 경우에는 정확한

진단을 위하여 위험을 무릅쓰고 경흉부 또는 개흉 생검을 시행하기도 한다. 그러나 이렇게 어렵게 얻은 조직이 진단적이지 못할 때도 있다. Patz 등은 FDG PET이 치료후 섬유화와 재발암을 정확하게 감별하였다고 보고하였다. 또한 FDG PET은 생검할 부위를 선정하는 데에도 도움이 된다<sup>11</sup>.

CT보정 PET이 재발암이나 잔류암을 찾아내는 데 있어 기존 FDG PET에 비하여 어떤 장점을 가지는가에 대해서는 아직 명확하지는 않지만 최소한 판정하는 데 보다 자신을 가지고 할 수 있을 것으로 기대한다<sup>12</sup>.

지금까지 주로 비소세포폐암에서의 FDG PET의 진단 성적과 이용을 살펴보았으나 소세포폐암이나<sup>13,14</sup> 흉막의 중피암도<sup>15</sup> FDG를 잘 섭취하기 때문에 비소세포암의 성적과 크게 다르지 않다.

참고로 현재 우리 나라에서 CT보정 PET이 이미 설치되어 사용하고 있는 곳은 (주)한국수력원자력부설 방사선보건연구원, 원자력의학원, 삼성서울병원, 국립암센터이며, 아주대병원, 한림대 평촌성심병원, 서울대병원, 서울대병원 강남건진센터, 강남성모병원, 수원 빈센트병원이 설치중이다. 또한 서울아산병원, 고려대 안암병원, 강북삼성병원, 경북대병원, 전남대병원, 부산대병원, 전북대병원, 영남대병원 등이 설치를 준비하고 있다.

### 참 고 문 헌

1. Bomanji JB, Costa DC, Ell PJ: Clinical role of positron emission tomography in oncology. *Lancet Oncol* 2001;2:157.
2. Dewan NA, Shehan CJ, Reeb SD, et al: Likelihood of malignancy in a solitary pulmonary nodule: comparison of Bayesian analysis and results of FDG-PET scan. *Chest* 1997;112:416.
3. Wahl RL, Quint LE, Greenough RL, et al: Staging of mediastinal non-small cell lung cancer with FDG PET, CT, and fusion images: Preliminary prospective

- evaluation. *Radiology* 1994;191:371.
4. Eubank WB, Mankoff DA, Schmiegel UP, et al: Imaging of oncologic patients: benefit of combined CT, FDG PET in the diagnosis of malignancy. *Am J Roentgenol* 1998;171:1103.
5. Uematsu H, Sadato N, Yonekura Y, et al: Coregistration of FDG PET, MRI of the head and neck using normal distribution of FEG. *J Nucl med* 1998;39:2121.
6. Kinahan PE, Townsend DW, Beyer T, et al: Attenuation correction for a combined 3D PET/CT scanner. *med Phys* 1998;25:2046.
7. Cohade C, Osman M, Marshall LT, et al: PET-CT: accuracy of PET and CT spatial registration of lung lesions. *Eur J Nucl Med Mol Imag* 2003;30:721.
8. Mac Manus Mp, Hicks RJ: PET scanning in lung cancer: current status and future directions. *Semin Surg Oncol* 2003;21:149.
9. Mac Manus UP, Hicks RJ, Matthews JP, et al: Positron emission tomography is superior to computed tomography scanning for response-assessment after radical radiotherapy or chemoradiotherapy in patients with non-small cell lung cancer. *J Clin Oncol* 2003;21:1285.
10. Dwamena BA, Sonnad SS, Angobaldo JO, et al: Metastases from non-small cell lung cancer: mediastinal staging in the 1990s-meta-analytic comparison of PET and CT. *Radiology* 1999;213:530.
11. Patz EF Jr, Lowe VJ, Hoffman JM, et al: Persistent or recurrent bronchogenic carcinoma: detection with PET and 2-[F-18]-2-deoxy-D-glucose. *Radiology* 1994;191:379.
12. Lardinois D, Weder W, Hany TF, et al: Staging of non-small-cell lung cancer with integrated positron-emission tomography and computed tomography. *N Engl J Med* 2003;348:2500.
13. Groshar D, Segall GM: FDG-PET imaging in small cell lung cancer. *Clin Pos Imag* 1999;2:330(abstr).
14. Kamel EM, Zwahlen D, Wyss MT, et al: Whole-body 18F-FDG PET improves the management of patients with small cell lung cancer. *J Nucl Med* 2003;44:1911.
15. Cortes J, Rodriguez J, Garcia-Velloso MJ, et al: [18F]-FDG PET and localized fibrous mesothelioma. *Lung* 2003;181:49.