

## PET/CT 결합영상진단 검사에 관한 연구

안산1대학 임상병리과

김 종 규

### A Study on the PET/CT Fusion Imaging

Kim, Jong Gyu

*Department of Clinical Laboratory Science, Ansan College*

PET/CT combines the functional information from a positron emission tomography (PET) exam with the anatomical information from a computed tomography (CT) exam into one single exam. A CT scan uses a combination of x-rays and computers to give the radiologist a non-invasive way to see inside your body. One advantage of CT is its ability to rapidly acquire two-dimensional pictures of your anatomy. Using a computer these 2-D images can be presented in 3-D for in-depth clinical evaluation. A PET scan detects changes in the cellular function - how your cells are utilizing nutrients like sugar and oxygen. Since these functional changes take place before physical changes occur, PET can provide information that enables your physician to make an early diagnosis. The PET exam pinpoints metabolic activity in cells and the CT exam provides an anatomical reference. When these two scans are fused together, your physician can view metabolic changes in the proper anatomical context of your body. PET/CT offers significant advantages including more accurate localization of functional abnormalities, and the distinction of pathological from normal physiological uptake, and improvements in monitoring treatment. A PET/CT scan allows physicians to measure the body's abnormal molecular cell activity to detect cancer (such as breast cancer, lung cancer, colorectal cancer, lymphoma, melanoma and other skin cancers), brain disorders (such as Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and epilepsy), and heart disease (such as coronary artery disease).

**Key Words** : PET/CT, PET/CT Fusion Imaging

### I. 서 론

현대의학에서 질병진단에 가장 중요한 요소의 하나가 영상진단이다. 모든 병의 진단 및 수술가능 여부판정 등은 조직검사를 시행하는 것이 이상적이나 다발성이라든 지 조직검사가 힘든 부위 등 여러 가지 현실적인 제약이 있어 영상진단은 이러한 제한을 극복하는 훌륭한 의학적

역할을 한다.

영상진단을 발전단계에 따라 세단계로 나누면 컴퓨터 단층촬영(computer tomography, CT), 핵자기공명촬영(magnetic resonance imaging, MRI)과 같은 인체내부의 형태 변화를 진단하는 1세대 형태적 영상진단법, 양전자 방출단층촬영(positron emission tomography, PET)과 같은 인체내부 조직의 기능 변화를 진단하는 2세대 기능적 영상진단법이라 한다면(Wahl, 1997), PET와 CT를 동시에 촬영하여 PET의 생화학적, 기능적 영상정보와 CT의 해부학적, 구조적 정보를 결합시킨 PET/CT는 1세대 영상진

교신저자 : 김종규, (우)425-701 경기도 안산시 상록구 일동 752  
안산1대학 임상병리과  
Tel : 031-400-6937  
E-mail : jkkim@ansan.ac.kr

단 및 2세대 영상진단의 결합체로 새로운 제3세대의 형태-기능적 영상진단법은 형태적 영상과 기능적 영상을 동시에 획득하는 것으로 2세대 기능적 영상진단법의 단점을 보완한 것이다(Diederichs 등, 1998; Eubank 등, 1998).

PET와 CT의 연구를 비교한 논문에서 살펴보면, Dwamena 등(1999)은 폐암환자의 림프절 전이에 대해서 PET와 CT의 성적을 비교한 분석에서 PET에서는 514명의 폐암환자, CT에서는 2,226명의 폐암환자의 림프절 전이를 검사하여 PET와 CT는 민감도가 79% 대 60%, 특이도가 91% 대 77%로 PET가 CT에 비해서 민감도와 특이도 모두 훨씬 더 높았다고 보고하였고, 림프종(Jerusalem, 1999), 결장(직장)암(Valk 등, 1999), 유방암(Vranjesevic 등, 2002), 많은 다른 악성 종양을 가진 환자에서도 Dwamena 등(1999)의 성적과 비슷한 성적을 얻을 수 있었다.

PET, CT 각각의 대한 연구와 PET와 CT를 결합한 영상진단기기의 연구에서, Chin 등(1995)은 폐암의 림프절 전이를 측정된 30명의 환자에게서 PET와 CT를 결합한 경우에 90%로 훨씬 더 높은 진단적 정확성이 있었다고 하였고, Weng 등(2000)은 폐암의 병기에 대해서 PET나 CT를 단독으로 사용할 때 보다 PET와 CT를 결합하여 사용할 때 진단적 정확성이 훨씬 더 높았다고 하였으며, Magnani 등(1999)은 CT와 PET 단독 사용시에 28명의 폐암 환자에게서 각각 21명, 22명의 병기를 결정하였는데 비해, PET와CT를 결합하여 사용하였을 때에는 28명의 폐암 환자에서 25명의 병기를 결정하였다고 보고하였다.

PET의 종양학의학 분야에서의 역할은 악성종양의 진단, 병기판정, 재발판정, 치료에 대한 반응 등이다(Kubota, 2001). PET의 대사영상은 병소의 정확한 위치를 파악하기 어려워 MRI와 CT 등 해부학적 영상을 병행하여야 하는 경우가 많으며 따라서 두 영상검사는 서로 경쟁관계가 아니라 상호 보완 관계이다(Vansteenkiste 등, 1997).

현재 가장 많이 이용하는 PET 양전자 방출 추적자는 포도당 유도체인 F-18 fluorodeoxyglucose(FDG)로 악성 종양세포에서 포도당 이용률이 증가하는 것을 이용하며 (Strauss와 Conti, 1991; Gambhir 등, 2001), F-18 FDG PET는 포도당 대사능의 전신 영상을 얻음으로써 형태학적 변화 이전단계의 생화학적 대사능을 영상화하여 악성 종양을 진단한다.

PET/CT는 두 가지 다른 영상을 같은 시간, 같은 장소에서 얻음으로써 병변의 진단과 병변 주변에 대한 위치

감별등 기존의 방법으로는 어려움이 많은 진단을 가능하게 한다(Beyer 등, 2000).

따라서 국내 뿐만 아니라 세계적으로 PET/CT 검사에 대한 관심과 필요성이 점차 증가하고 있으며 PET/CT 기기도입과 이용도 활발하게 진행 중에 있다.

본 논문에서는 PET/CT 검사의 원리, PET/CT 검사의 영상, PET/CT 검사의 임상 적용 질환, PET/CT 검사전 실시사항, PET/CT 검사의 장점에 대해서 설명하고자 한다.

## II. 본 론

### 1. PET/CT 검사의 원리

암세포는 활발히 증식하는 특징을 가지며 이를 위해 많은 포도당을 사용한다.

PET/CT의 검사원리는 양전자 방출체를 추적자로 표시한 포도당 유사체를 이용하며, 인체내에 주사된 포도당 유사체는 암세포에 집적되고 방출된 양전자(+)는 주변의 전자(-)를 만나서 소멸반응을 일으킨 후 서로 반대 방향을 가지는 511KeV 에너지의 두개의 감마선으로 변환된다.

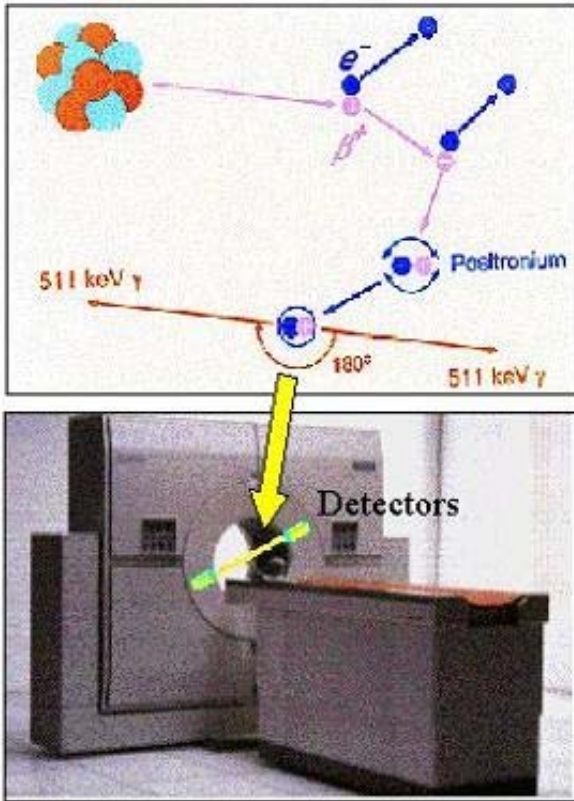
이 감마선들은 PET/CT의 원형스캐너에서 검출되어서 컴퓨터에 위치정보를 전달하게 되고 컴퓨터에서는 인체내에 어느 곳에 이상이 있는지를 영상으로 표현해준다.

원형스캐너는 양전자가 소멸되어 방출되는 감마선을 검출하는 검출기와 신호처리시스템, 동시계수회로(coincidence circuit) 등으로 구성되어 있으며, PET/CT의 제어, 영상재구성, 분석, 표현은 컴퓨터를 사용하여 시행한다(이, 1997)(Fig. 1).

현재 PET/CT검사에 주로 쓰이는 방사성 의약품은 반감기 110분의 포도당 유사체인 F-18 fluorodeoxyglucose(FDG)로서 F-18 FDG를 주사한 후 뇌, 심장, 근육 등에서 포도당 대사가 이루어지는 것을 영상화하면 정상인 암 조직은 비정상적으로 훨씬 많은 양의 포도당을 소모하므로 검사 결과 포도당 소비량이 아주 높은 곳은 암 조직일 가능성을 제시한다.

### 2. PET/CT 검사의 영상

PET/CT의 원형(prototype)은 피츠버그 대학의료원(university of Pittsburgh medical center) 방사선과 교수



**Fig. 1.** The radiotracer metabolizes throughout the body and emits signals that are imaged by the PET/CT scanner.

Townsend가 CTI, Siemens와 함께 제작한 것이다(Beyer 등, 2000; Townsend 등, 2000)(Fig. 2).

이 장비는 크리스탈을 절약하기 위하여 회전하는 BGO(bismuth germanium oxide) 결정으로 구성된 PET와



**Fig. 3.** The PET/CT system combines highest-performance PET and high-performance CT technology in a single, combined gantry.

단일 검출기 나선형 CT로 구성되어 있고, 최근의 상품화된 PET/CT는 대부분 원형으로 구성된 PET와 다중검출기 나선형 CT로 구성된다(Charron 등, 1999; Beyer 등, 2001; Klutz 등, 2001)(Fig. 3). PET 회전부 앞에 CT의 회전부를 붙여 하나의 갠트리로 만든 형태로 CT 촬영시 발생하는 X-선 펄스는 PET 데이터에 영향을 줄 수가 있어 두 회전부 사이에 60cm의 간격을 두고 CT와 PET를 동시에 촬영하지 않고 순차적으로 촬영한다.

프로토타입에서의 일반적인 촬영방법은 다음과 같다. 260MBq의 FDG를 환자에게 주사하고 60분뒤 먼저 CT를 촬영한다. CT영상은 정찰(scout scan)을 하여 촬영할 길이를 정하고 각 분절당 40초간 촬영한다. 환자는 촬영 중 숨을 깊게 들이 쉬뒤 40초간 참아야 하며, CT촬영에는



**A**

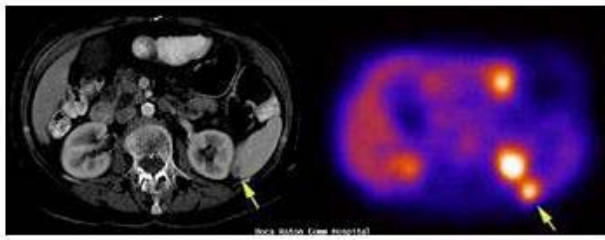


**B**



**C**

**Fig. 2.** Prototype PET/CT scanner. (A) combined PET/CT scanner, (B) CT component, (C) PET component.



A



B

**Fig. 4.** The PET/CT fusion image (A) CT data (left) and PET data (right), (B) PET/CT fusion image.

대략 5~10분 정도 소요된다. CT촬영이 끝나면 바로 침대를 PET촬영 위치로 옮겨서 분절 당 6~10분 동안 방출촬영을 하며 전체 방출영상을 얻는 데는 45~60분 정도 걸린다.

그러나 FDG 방사능이 CT 영상에 영향을 주지 않아 투과영상을 교정할 필요는 없었다. CT 촬영시 발생하는 X선 펄스는 PET 데이터에 영향을 줄 수 있어 CT와 PET를 순차적으로 촬영하였다. 그리고 CT 영상을 획득하는 데 걸리는 시간은 PET 영상 획득 시간의 6~8% 정도로 CT와 PET 영상을 동시에 획득하는 것에 비하여 큰 차이는 없었다.

PET/CT 검사의 영상은 기존 PET가 방사선 영상인 CT 또는 MRI와 비교시 해부학적인 해상력이 떨어져 병변부위에 대한 정확한 해부학적 위치를 규명하지 못하였던 단점을 보완하기 위하여 PET에 CT를 접목시켜 CT 영상을 밑그림으로 이용하고 그 위에 생화학적인 PET 영상을 겹쳐 PET에서 발견된 병변의 위치와 크기에 대한 정확한 판단을 가능하게 한다(Fig. 4).

### 3. PET/CT 검사의 임상적용질환

PET/CT는 여러 질환에서 이용되는데 임상적으로 PET/CT 검사가 적용이 되는 질환들은 다음과 같다(이,

1997).

종양진단에 있어서 각종 암의 조기진단, 악성여부판단, 병기결정, 치료효과 판정, 암의 재발 여부판정, 원발병소 진단, 예후여부, 전이여부 평가 등, 종양환자에 다양한 목적으로 가장 많이 이용되고 있다. 특히 악성종양의 치료 중 완치율이 가장 높은 것이 근치적 수술이어서 PET/CT에 의한 암의 조기발견이 매우 중요하다.

뇌신경 질환의 진단에 있어서는 뇌종양 병변의 중증도 평가와 치료 후 재발진단, 수술이 예정된 간질 병변의 국소화, 알츠하이머형 치매 등 치매의 조기진단 및 감별진단에 유용하다.

심장질환에 있어서는 관상동맥질환의 발견 및 심한 정도의 평가, 혈관성형술, 회로이식술, 심장이식 또는 내과적 치료를 위한 조직생존력의 평가, 관상동맥질환 진단 시 심근의 생존능 평가에 주로 이용되고 있다.

국내 PET의 임상이용 현황을 보면, 초기에는 이용분야가 뇌신경 분야가 주이던 것이 시간이 흐름에 따라 종양 질환의 진단 및 평가를 위한 상대적, 절대적 활용건수가 늘어나고 있다. 또한 PET/CT의 이용이 가장 활발한 미국에서는 폐암, 대장암, 림프종, 두경부암, 식도암, 흑색종 등의 암 진단과 추적관찰 시, 유방암의 전이 병변을 찾아 재병기결정 시에 PET/CT 검사를 실시하고 있으며, 유럽에서 가장 활발히 PET/CT를 이용하고 있는 독일의 경우는 갑상선암, 식도암, 췌장암, 대장암, 유방암, 난소암, 두경부암 및 원인불명암, 폐암, 악성 림프종, 악성 흑색종, 골격암, 뇌종양 등의 진료에 적용하고 있다.

### 4. PET/CT 검사 전 실시사항

1. 검사 전 6시간 이상 금식하여야 한다.
2. 검사 전 500ml 이상의 수분을 섭취하여야 한다.
3. 전문의 상담 시 당뇨, 고혈압, 수술력 등 과거병력의 특이한 사항을 이야기하여야 한다.
4. 당뇨병 환자들은 검사 전 혈당을 철저히 조절하여 검사 오류를 방지해야 한다.
5. 대장조영술, 위투시, CT 촬영 같은 조영제를 사용한 다른 검사는 PET/CT 검사에 영향을 주므로 며칠 간격을 두고 검사를 하거나, 같은 날에 할 경우는 PET/CT 검사를 먼저 한다.
6. 촬영 전 주사실 화장실에서 소변을 보고 방광을 완전히 비워야한다.
7. 검사직전 과격한 운동을 피해야 한다.

8. 방사선의약품을 투여 받은 후 대기하는 동안 눈을 감고 편안히 쉰다.
9. 촬영중 호흡은 정상시처럼 고르고 편안하게 한다.
10. 검사에 사용되는 시약은 반감기가 짧아 예약일 이후에는 사용할 수가 없으므로 부득이한 사유로 예약 변경 시에는 최소 4일전에 알려야 한다.

### 5. PET/CT 검사의 장점

PET/CT는 기존 PET에서 가능한 암의 조기 발견, 전이여부의 판별, 악성 여부 판정 및 치료방법이 가능할 뿐만 아니라 PET의 관독에서 쉽지 않았던 암세포의 정확한 위치까지 파악할 수 있다. 암세포의 정확한 위치의 판별은 암치료에 있어서 어떠한 방법으로 암을 치료하는 것이 효율적인지를 결정할 수 있어 임상적인 가치가 매우 높다.

PET/CT에서는 CT scan 방식을 사용하며, 기존의 PET 검사 시 시행하던 전도(transmission) scan을 CT scan으로 교체하여 10분 이상 소요되던 전도 scan을 30초의 CT scan으로 대신하여 검사시간을 최대 40% 절약함으로써 불편한 환자의 불편을 감소시키고 병원의 생산성도 높인다.

기존 암 검사는 흉부 X-ray로부터 흉부 CT, PET 또는 감마카메라, 조직검사, 다시 CT등 복잡한 과정을 가지고 있어 환자가 암세포가 있더라도 이를 검사하는 데 많은 시간과 단계를 거쳐야 하였다. 그러나 PET/CT로는 한번의 검사로 암세포의 진단과 전이정도의 파악이 가능하여 PET/CT 검사결과를 바로 치료에 사용할 수 있어 검사의 과정을 간소화시킬 수 있다.

## III. 결 론

PET/CT는 PET의 대사영상에 CT의 해부학적 영상을 결합하여 기능과 구조를 함께 평가할 수 있는 새로운 영상진단장비이다.

CT는 인체의 해부학적 변화를 정확하게 반영하여 병소의 위치와 형태를 관찰하는데 좋지만 병소의 특성 평가와 조기 진단이 어렵고, 치료 후 병소 변화에 대한 평가도 어려운 점이 있다.

PET는 해부학적 변화가 일어나기 전 단계인 대사 이상을 정확하게 찾아내므로 CT에 비해 종양의 조기 진단이

가능하며, 질환의 병기 결정, 종양의 악성여부 판정 및 효율적인 치료방법 결정, 치료 후 재발여부 판정에 좋은 검사 방법이다. 그러나 PET는 CT보다 해상도가 낮아 병소의 정확한 위치나 주위 장기와의 관계 등을 정확하게 파악하는 데 어려운 점이 있다.

이러한 PET의 단점을 보완하고 CT의 장점을 결합하여 등장한 것이 PET/CT이다.

PET/CT는 조직검사나 수술, 방사선치료를 위한 정확한 해부학적 위치를 찾을 수 있으며, 작은 병변과 움직이는 장기의 병변을 찾을 수 있어 조기진단 및 정확한 진단이 가능하며 정상장기와 구분이 쉬워 위양성이나 위음성을 줄일 것으로 예상되며, 검사시간의 단축으로 환자의 편의 증진 및 검사수익이 증대되는 장점이 있다.

PET/CT는 유방암, 폐암, 결장(직장)암, 림프종, 흑색종과 다른 피부암 등의 악성종양, 알츠하이머병, 파킨슨병, 간질 등의 뇌신경계 질환, 관상동맥질환 등의 심장질환의 임상분야에서 이용되고 있다.

## 참 고 문 헌

1. Beyer T, Townsend DW, Brun T, Kinahan PE, Charron M, Roddy R, et al. A combined PET/CT scanner for clinical oncology. *J Nucl Med* 41: 1369-1379, 2000
2. Beyer T, Watson CC, Meltzer CC, Townsend DW, Nutt R. A premium dual-modality PET/CT tomography for clinical oncology. *Electromedica* 69:120-126, 2001
3. Charron M, et al. Whole-body FDG PET and CT imaging of malignancies using a combined PET/CT scanner. *J Nucl Med* 40(5): 256, 1999
4. Chin R Jr, Ward R, Keyes JW, et al. Mediastinal staging of non-small-cell lung cancer with positron emission tomography. *Am J Respir Crit Care Med* 152(6 Pt 1):2090-2096, 1995
5. Diederichs CG, et al. Prospective comparison of FDG-PET of pancreatic tumors with high end spiral CT and MRI. *J Nucl Med* 39(5): 81, 1998
6. Dwamena B, Sonnad SS, Angobaldo JO, Wahl RL. Metastases from non-small cell lung cancer: Mediastinal staging in the 1990s<Meta-analytic comparison

- of PET and CT. *Radiology* 213:530-536, 1999
7. Eubank WB, et al. Imaging of oncologic patients: Benefit of combined CT and FDG PET in the diagnosis of malignancy. *American Journal of Radiology* 171:1103-1110, 1998
  8. Gambhir S, Czernin J, Schwimmer J, et al. A tabulated summary of the FDG-PET literature. *J Nucl Med* 42(5 suppl):1S-71S, 2001
  9. Jerusalem G, et al. Whole-body 18F-FDG PET for the evaluation of patients with Hodgkin's disease and non-Hodgkin's lymphoma. *Nucl Med Commun* 20(1): 13-20, 1999
  10. Klutz PG, et al. Combined PET/CT imaging in oncology: Impact on patient management. *Clinical Positron Imaging* 3(3):1-8, 2001
  11. Kubota K. From tumor biology to clinical PET: A review of positron emission tomography(PET) in oncology. *Ann Nucl Med* 15:471-486, 2001
  12. Magnani P, Carretta A, Rizzo G, et al. FDG/PET and spiral CT image fusion for mediastinal lymph node assessment of non-small cell lung cancer patients. *J Cardiovasc Surg* 40:741-748, 1999
  13. Strauss LG, Conti PS. The application of PET in clinical oncology. *J Nucl Med* 32:623-648, 1991
  14. Townsend DW, et al. A combined PET/CT scanner for clinical oncology. *Electromedica* 68:49-54, 2000
  15. Valk PE, Abella-Columna E, Haseman MK, et al. Whole-body PET imaging with [18F]-fluorodeoxyglucose in management of recurrent colorectal cancer. *Arch Surg* 134:503-511, 1999
  16. Vansteenkiste JF, Stroobants SG, De Leyn PR, Dupont PJ, Verschakelen JA, Nachaerts KL, et al. Mediastinal lymph node staging with FDG-PET scan in patients with potentially operable non-small cell lung cancer: A prospective analysis of 50 cases. *Chest* 112:1480-1486, 1997
  17. Vranjesevic D, Filmont JE, Meta J, et al. Whole-body (18) F-FDG PET and conventional imaging for predicting the outcome in previously treated breast cancer patients. *J Nucl Med* 43:325-329, 2002
  18. Wahl RL. Clinical oncology update: The emerging role of positron emission tomography: Part I. PRO Updates *Principles and Practice of Oncology* 11(1): 1-18, 1997
  19. Weng E, Tran L, Rege S. Accuracy and clinical impact of mediastinal lymph node staging with FDG-PET imaging in potentially resectable lung cancer. *Am J Clin Oncol* 23:47-52, 2000
  20. 이명철. 핵의학입문 제1판. p35-46, 고려의학, 서울, 1997