

폐암의 병기결정에 있어서 컴퓨터 단층촬영(CT)과 감마 카메라를 이용한 양전자방출 단층촬영(PET)의 민감도와 특이도의 비교연구

아주대학교 의과대학 흉부외과학교실 및 ¹핵의학교실

문광덕 · 이철주 · 김영진 · 최 호 · 김정태
강준규 · 홍준화 · 박찬희¹ · 윤석남¹

Comparative Study on the Sensitivities and Specificities of CT and Camera Based PET Scan in Determination of Lung Cancer Staging

Kwang Deok Moon, Cheol Joo Lee, Young Jin Kim, Ho Choi
Jung Tae Kim, Joon Kyu Kang, Joon Hwa Hong
Chan Hee Park¹ and Seok Nam Yoon¹

Departments of Thoracic and Cardiovascular Surgery and ¹Nuclear Medicine,
Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

A retrospective study was undertaken to compare sensitivities and specificities of computed tomography (CT) scan and radiolabeled glucose analog ¹⁸F-fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG) camera based positron emission tomography (PET).

Nine patients with lung cancer who underwent preoperative CT and ¹⁸F-FDG coincidence PET scanning were evaluated retrospectively. Imaging studies were read prospectively and blinded to the surgical and pathologic data. The final diagnosis was established by histopathologic examination at thoracotomy.

CT was accurate in 7 patients (77.8%), with understaging in 1 patient and overstaging in 1 patient. In detection of locally advanced disease (N2/N3), the sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value were 50%, 85.7%, 50% and 85.7%, respectively. On the other hand, ¹⁸F-FDG-PET was accurate in 8 patients (88.9%), with overstaging in 1 patient and without any understaging. In detection of locally advanced disease (N2/N3), the sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value were 100%, 85.7%, 66.7% and 100%, respectively.

¹⁸F-FDG-PET was significantly more accurate than CT in lymph node staging of lung cancer. The high negative predictive value of FDG-PET could reduce a need for invasive surgical staging (ISS). (Ajou Med J 1999; 4(1): 52~57)

Key Word: Positron emission tomography (PET)

서 론

폐암 치료에 있어서 수술전 병기결정은 절제의 범위를 결정하기 때문에 매우 중요하다. 이를 위해 흉부컴퓨터 단층촬영(computed tomography), 기관지 내시경(bronchofiberscopy), 자기공명 영상진단법(magnetic resonance imaging) 등의 여러가지 방법을 사용하지만 어떤 검사도 정확하고 충분한 정보를 제공하지는 못한다. 또한 폐암 환자에서 림프절의 침습여부는 중요한 예후인자로 알려져 있다. 전이 림프절이 없는(N0) 환자나 단지 폐내 림프절이나 폐문림프절(N1)에만 침범이 있는 환자는 폐절제술을 우선적으로 고려해야하고, 동측 종격동림프절(N2)이나 반대측 종격동림프절(N3)에 전이가 있는 환자는 국소적 또는 광범위하게 진행된 폐암이 있는 것으로 판단하여 신중하게 폐절제술을 고려해야한다.

컴퓨터 단층촬영은 인체를 통과하는 X선 감쇠의 분포를 영상화하는 것이며 현재 가장 많이 사용하고있는 비침습적인 병기결정 방법¹⁻³이나 침습적 병기 결정법(invasive surgical staging, ISS)보다 정확도가 낮으므로 만족도가 떨어져 왔다.^{4,5} 한편, 양전자방출 단층촬영(positron emission tomography)은 핵의학 분야에서 최근에 급속히 발전하고 있는 기능 영상기술로서, 양전자를 방출하는 방사선 의약품을 환자에게 정맥주사 또는 흡입으로 주입한 후 양전자방출 단층촬영을 이용하여 그물질의 분포를 영상화 하는 것이다. 즉, Glucose 대사를 이용하여 생물학적인 영상을 만듦으로써 고해상도의 영상(image)를 얻어 종양의 진단과 병기결정의 정확도를 높일 수 있다. 흉부 컴퓨터 단층촬영이나 자기공명 영상 진단법에서 해부학적인 정보만을 얻는 것과는 달리 양전자방출 단층촬영은 인체 각 장기내의 생리 또는 화학반응에대한 정량분석이 가능하다. 또한 대부분의 질병에서 화학적인 변화가 해부학적인 변화보다 먼저 일어나므로 양전자방출 단층촬영은 해부학적 변화가 생기기 이전에 기능적인 이상을 찾아낼 수 있다. 즉, 양전자방출 단층촬영으로 나타나는 이상 소견은 현미경적인 변화와 관련되는 반면 흉부컴퓨터 단층촬영이나 자기공명 영상 진단법에서 이상이 나타날때면 이미 육안적인 변화가 생긴 이후인 것이다. 이미 전 세계적으로 폐암환자의 병기결정에 있어서 흉부컴퓨터 단층촬영보다 양전자방출 단층촬영이 우수한 역할을 하는 것으로 보고되고 있으나 설치와 운영에 많은 비용이 소모되고 환자의 부담도 크므로 임상에서의 활용은 미미하였다.⁸ 그러나 최근에 변경된 이중 검출기(modified dual detector)로서 SPECT camera를 동시 발생 형태(coincidence mode)로 이용하는 방법이 개발되어 저렴한

비용으로 양전자방출 단층촬영의 영상을 얻게 되었다. 이에 폐암 환자의 병기 결정에 있어서 흉부컴퓨터 단층촬영과 감마 카메라를 이용한 ¹⁸F-FDG-PET의 정확도를 침습적 병기결정법(Invasive Surgical Staging, ISS)을 기준으로하여 후향적으로 비교하고자 하였다.

대상 및 방법

1998년 3월부터 1998년 11월까지 9개월동안 폐암으로 절제가 가능했던 환자 중 수술전 흉부컴퓨터 단층촬영과 감마 카메라를 이용하여 양전자방출 단층촬영을 한 환자 9명을 대상으로 하였고 모든 환자들은 6시간에서 12시간 이상 금식한 상태에서 검사를 시행하였다. F-18-FDG 3~10 mCi (185~370 MBq)를 정맥주사후 약 1시간 경과 후에 동시발생 형태(coincidence module)을 가진 이중헤드 감마 카메라(VariCam[®], Elscint, Haifa, Israel)를 사용하여 흉부를 중심으로 FDG (¹⁸F-fluoro-2-deoxy-D-glucose)영상을 얻었다. 납, 주석, 구리로 된 고에너지 필터(high energy filter)와 고에너지 격벽(high energy septa)을 장착하였고 이것은 환자의 중심 축과 수직이 되게 하였다. 단일방향 회전 이중헤드로 3분간 한번 회전하여 물리적 붕괴를 교정하였고, 한 부위당 10회전을 실시하여 30분간 영상을 획득하였다. 리스트 모드로 데이터를 얻은 후 180 projection 모드로 변환(rebinning)하였다. 영상 재구성시 Butterworth filter (cutoff frequency, 0.35~0.45 cycles per pixel; order of 4)와 spatial smoothing을 사용했으며, 감쇠 교정은 하지 않았다. 데이터는 횡단면, 시상면, 관상면을 0.6~1.2 cm간격으로 구성하였다. 영상에서 림프절에 국소 섭취가 증가하였으면 양성으로 판독하였다. 흉부컴퓨터 단층촬영시 사용한 기기는 General Electric사의 "CT HiSpeed Advantage" 이었고 조영제로는 Ultravist[®], Iopamiro[®], Imagopaque[®] 중 한가지를 사용하였으며 조영제 50 cc에 생리 식염수 70 cc를 섞어서 희석하여 1~2 cc/Kg의 용량으로 주입기(injector)를 이용하여 3 cc/sec의 속도로 정맥에 주입하였다. 조영제 주입전의 촬영은 1 cm의 두께, 1 cm의 간격으로 하였고 조영제 주입후의 촬영은 간격없이 1 cm의 두께로 나선형 법(helical method)로 하였다. 이렇게 얻은 흉부컴퓨터 단층촬영의 영상 분석은 림프절의 크기가 1 cm 이상시 양성으로 판독하였다. 2명의 판독자가 영상판독을 하였고 술전에 시행하였으므로 수술 소견은 모르는 상태로 판독하여 객관성이 있었다. 흉부컴퓨터 단층촬영과 감마 카메라를 이용한 양전자방출 단층촬영의 결과를 수술후 절제된 림프절의 병리조직학적인 소견과 비교하여 정확도, 민감도, 특이도, 양성 예

Table 1. LN staging with CT and PET

Staging	N0 (n=6)	N1 (n=1)	N2 (n=2)	N3 (n=0)	All stages (n=9)
CT					
correct	6	0	1	0	7/9
understage	0	0	1	0	1/9
overstage	0	1	0	0	1/9
PET					
correct	6	0	2	0	8/9
understage	0	0	0	0	0/9
overstage	0	1	0	0	1/9

Table 2. Results of CT and PET in determination of the nodal stage

Nodal Stage	Surgical pathologic nodal stage			
	pN0 (n=6)	pN1 (n=1)	pN2 (n=2)	pN3 (n=0)
on CT				
N0	6	0	1	0
N1	0	0	0	0
N2	0	1	1	0
N3	0	0	0	0
on PET				
N0	6	0	0	0
N1	0	0	0	0
N2	0	0	2	0
N3	0	1	0	0

측도 및 음성 예측도를 얻었다.

결 과

CT와 PET의 림프절 병기결정과 병리조직학적 진단에 의한 병기결정의 결과는 다음과 같다(Table 1, 2). 술전에 흉부컴퓨터 단층촬영상 림프절 병기결정(nodal staging)은 9명중 7명에서 정확한 병기 결정을 하여 정확도는 77.8%이었고 1명에서 N2 림프절 병기를 N0로 과소평가하였다(11.1%). 또한 1명에서 N1 림프절 병기를 N2로 과대평가하였다(11.1%). 감마 카메라를 이용한 양전자방출 단층촬영상 림프절 병기결정(nodal staging)은 9명중 8명에서 정확한 병기 결정을 하여 정확도는 88.9%이었고 1명에서 N1림프절 병기를 N3로 과대평가 하였으나(11.1%) 과소평가한 경우는 없었다.

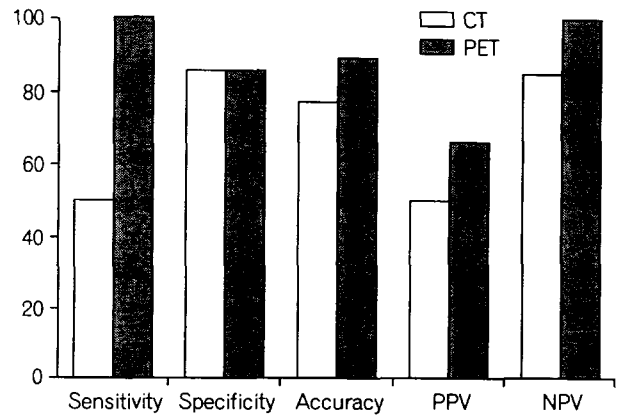


Fig. 1. Performance of CT and PET scans in detection of LN Lung cancer patients. PPV: Positive predictive value, NPV: Negative predictive value

또한 흉부컴퓨터 단층촬영은 국소 또는 광범위하게 진행된 N2, N3병변을 진단하는데 있어서 민감도는 50%(1/2), 특이도는 85.7%(6/7), 정확도는 77.8%(7/9), 양성 예측도는 50%(7/9)(1/2) 그리고 음성 예측도는 85.7%(6/7)이었다. 감마 카메라를 이용한 양전자방출 단층촬영은 국소 또는 광범위하게 진행된 N2, N3 병변을 포착하는데 있어서 민감도는 100%(2/2), 특이도는 85.7%(6/7), 정확도는 88.9%(8/9), 양성 예측도는 66.7%(2/3) 그리고 음성예측도는 100%(6/6)이었다(Fig. 1).

이러한 결과로 감마 카메라를 이용한 양전자방출 단층촬영은 폐암 환자의 수술전 병기결정에 있어서 흉부 컴퓨터 단층촬영보다 더욱 정확하고 또한, 음성 예측도가 높으므로 더욱 우수한 진단법이라는 것을 알 수 있다.

고찰 및 결론

양전자방출 단층촬영술은 핵의학 분야에서 최근에 급속히 발전하고있는 새로운 영상기술이다. 양전자(positron)는 전자와 무게가 같으면서 양전하를 가진 입자이다. 양전자는 ¹¹C나 ¹⁸F와 같은 핵종에서 방출되며 방출후 1 mm 정도도 못가서 중위의 전자를 만나며 이들은 서로 결합하자마자 511 keV의 에너지를 가지고 정반대(180°)방향으로 방사되는 2개의 광자(photon)로 변형되면서 사라진다. 이반응을 소멸 방사능(annihilation radiation)이라고 하며, 이때 방출되는 2개의 광자를 한쌍의 검출기를 통해 검출하는 것이 양전자방출 단층촬영술의 기본원리이다. 즉, 인체내의 여러 기본 대사물질에 양전자를 방출하는 방사성 동위원소를 표지하여 인체에 투여한 후 양전자와 물질간의 상호작용으로 발생하는 소멸방사선을 체외에서 전산화 단층촬영과 유

사한 방법으로 검출하여 단층촬영 영상을 얻는 특수기법이다.⁶ 이 원리를 이용하여 1974년 Ter-Pogossian 등이 양전자방출 단층촬영술을 개발하였는데 현재, 인체내 각장기의 기능과 생화학적 및 생리적인 반응을 정량화할 수 있는 특수한 검사방법으로 사용되고 있다. 컴퓨터 단층촬영(CT)은 인체를 통과하는 X선 감쇠의 분포를 영상화 하는 것이며 자기공명 영상진단법(MRI)은 수소의 국소분포와 핵 이완지표(nuclear relaxation parameter)를 이용해 영상을 얻는 것으로 이들로써 해부학적 정보만을 얻을 수 있다. 이에 반해 양전자방출 단층촬영술은 인체내 각 장기내 생리 또는 화학 반응에 대한 정량분석이 가능하다.^{7,8} 대부분의 질병에서 화학적 변화가 해부학적인 변화보다 먼저 일어난다. 그러므로 양전자방출 단층촬영술은 해부학적 변화가 생기기 이전에 기능적인 이상을 찾아낼 수가 있다. 양전자방출 단층촬영술로 나타나는 이상 소견은 현미경적인 변화와 관련되는 반면, 컴퓨터 단층촬영이나 자기공명 영상진단법에서 이상소견이 나타날 때면 대개 이미 육안적 변화가 생긴 후이다. 그러므로 양전자방출 단층촬영술은 각종 질병을 조기에 진단하고 미세한 변화를 알 수 있는 장점이 있다고 할 수 있다.

따라서 양전자방출 단층촬영술은 질병 과정에 대한 독특하고도 중요한 정보를 제공할 수 있으며 환자의 임상 평가과정에서 질병의 병인 연구, 진단, 예후 판정, 그리고 치료방침 설정 등에 유용하게 이용될 수 있다. 양전자방출 단층촬영에 사용되는 양전자방출 핵종은 어떤 대사물질이나 수용체 결합물질 등에 표지하여도 그 화학적 성질이 전혀 변하지 않거나 변해도 생리적 활성을 그대로 유지하는 경우가 많다. 따라서 양전자방출 단층촬영을 이용하면 지금까지 할 수 없었던 여러 가지 대사물질과 수용체의 영상을 얻을 수 있다.

¹⁸F-fluorodeoxyglucose (FDG)는 현재, 가장 널리 사용되는 방사성 의약품으로 포도당을 많이 소모하는 조직 즉 중추 신경계, 심장, 종양 등에 섭취된 다음 그 화학적 구조의 특이성으로 인해 대사되지 못하고 세포내부에 축적되므로 생물학적인 영상을 만듦으로써 고해상도의 영상을 얻을 수 있다.^{6,8} ¹⁸F-FDG가 암세포에 섭취되는 기전에 대한 몇 가지 연구가 진행되고 있다. 세포막에서 포도당의 이동에 관여하는 운반체(glucose transporter) I과 III의 농도가 악성종양에서 증가하고 특히 ras, src 암유전자의 존재와 상관관계가 있다고 밝혀져 있다.⁸ 악성 종양시는 여러 방사성 의약품중에서 ¹⁸F-FDG를 가장 흔히 사용하고 있다.^{4,9} 암세포의 특징은 산소의 존재하에서 해당작용(glycolysis)이 매우 항진되어 있다는 점이다. 정상적인 인체의 세포내에는 포도당을 분해하는 해당 작용과 포도당을 합성하는 작용(gluconeogenesis)이 균형을 이루고 있으나 암세포로 변환되면 gluconeogenesis에 관여하는 세포내효소가 없어지고 해당 작용에 관여하는 효소가 증가하게 된다. 특히 hexokinase, phosphofructokinase, pyruvate dehydrogenase가 세포내에서 상당량 증가하게 된다.^{10,11} 반대로 glucose-6-phosphatase와 fluorodeoxyglucose-6-phosphatase는 암세포에서 감소되어 있다. 따라서 포도당 유도체인 ¹⁸F-FDG를 인체에 주입하면 정상세포에 비해서 암세포 내에서의 섭취가 증가하게 된다. 특히 요즈음은 전신 양전자방출 단층촬영법이 보편화되어 전신 각부위에 퍼진 암의 진단에 유용하게 쓰인다. 양전자방출 단층촬영술은 이러한 대사이용을 영상화하고 정량적으로 분석하여 뇌신경 질환, 심장 질환, 악성 종양 등에 임상적으로 이용되고 있다.

양전자방출 단층촬영술의 대표적인 임상 이용으로는 1) 암의 검출 및 병기 결정, 2) 악성도 평가, 3) 치료효과 판정, 4) 암의 재발 판정 등이 있다.

1. 암의 검출 및 병기 결정

폐에 단일 결절이 있는 경우 ¹⁸F-FDG-PET로 악성 여부를 감별 진단할 수 있다. 악성 종양에서는 포도당 대사가 항진되어 있어서 Standardized Uptake Ratio (SUR)가 6.5 ± 2.9 로 양성 질환 1.7 ± 1.2 보다 유의하게 증가되어 있다. 미국의 한 연구기관에서는 악성 종양을 예민도 89%, 특이도 100%로 감별진단 할 수 있다고 보고하고 있다.¹²

활성도가 있는 폐결핵에서도 ¹⁸F-FDG의 섭취가 증가되어 있어 위양성을 일으키는 원인이 된다. 폐결핵에 있는 활성화된 대식 세포(macrophage)에서 포도당대사가 항진되어 있기 때문인 것으로 생각한다. 그러나 음성 예측도는 높아 진단에 도움을 준다. ¹⁸F-FDG주입후 시간 방사능 곡선을 얻으면 악성 종양에서는 시간이 지남에 따라 ¹⁸F-FDG섭취가 증가되나 염증 결절에서는 처음에는 섭취가 증가되어 있으나 점차 감소하는 것을 볼 수 있다.⁸

폐암에서 종격동 림프절전이를 흉부컴퓨터 단층촬영과 양전자방출 단층촬영술로 진단하고 병리조직학적 소견과 비교한 한 연구에서 민감도와 특이도가 흉부컴퓨터 단층촬영은 57%, 94%이고 양전자방출 단층촬영술은 89%, 99%라 하였고,¹ 또 다른 연구에서는 민감도와 특이도가 흉부컴퓨터 단층촬영은 50%, 75%이고 양전자방출 단층촬영술은 80%, 100%라 하여 대사 영상법이 림프절의 크기만 측정하는 해부학적 영상법보다 우수하다고 하였다.¹³ 그 외 몇몇 연구에서도 양전자방출 단층촬영술이 폐종양의 진단에서 양성률, 악성을 구

분하는데 있어 흉부컴퓨터 단층촬영보다 더욱 정확하다는 것을 보고하고 있다.^{14,15}

또한 전이성 종양에서 원발부위를 찾아내는 데도 전신 양전자방출 단층촬영술이 쓰인다.¹⁶

2. 악성도 평가

¹⁸F-FDG섭취가 많은 암세포는 대사가 항진되어 있고 따라서 암의 악성도도 증가되어 있을 가능성이 많다. 그러나 여러 보고에서 병리학적 악성에 따라 유의한 ¹⁸F-FDG섭취의 차이는 없으나 ¹⁸F-FDG축적이 증가함에 따라 예후는 나쁘다고 알려져 있다.⁸

3. 치료효과와 판정

방사선이나 항암제 치료시 ¹⁸F-FDG-PET를 이용하면 치료에 대한 반응을 초기에 예측할 수 있다. 즉 종양에서 포도당 대사가 떨어져 ¹⁸F-FDG의 섭취가 감소하기 시작하면 치료 효과가 있다는 증거가 된다.⁸

4. 암의 재발판정

지금까지 흔히 쓰이고 있는 흉부컴퓨터 단층촬영이나 자기공명 영상진단법으로는 많은 경우에 감별진단이 어려우나 ¹⁸F-FDG섭취로 이러한 경우를 쉽게 감별진단할 수 있다.

즉, ¹⁸F-FDG-PET로 다른 어떠한 검사법보다 조기에 재발암을 영상화할 수 있다.⁸

그러므로 폐암 환자의 병기결정에 있어서 흉부컴퓨터 단층촬영보다 민감도와 특이도가 우수한 ¹⁸F-FDG-PET이 중요한 역할을 하고 있음이 전 세계적으로 보고되고 있다.

단지 스캐너와 싸이크로톤을 포함하여 500만불을 호가하는 비싼 가격 때문에 설치와 운영에 많은 비용이 소모되고 환자의 부담도 크므로 우리나라 의학계에서 아직은 널리 사용되지 못하고 있다. 그러나 현재 전 세계적으로 약 200여개의 양전자방출 단층촬영 센터가 운영되고 있으며 우리 나라에서도 여러 병원에서 양전자방출 단층촬영술을 사용하고 있다. 한편으로는 현재 국내에서도 많이 이용되고 있는 SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)는 Anger가 개발한 감마 카메라의 변형으로 역시 단층 촬영이 가능하는데 이는 2개의 광자를 내는 양전자 방출 핵종이 아닌 단일광자 방출 핵종을 이용한다. 이에 비해 양전자방출 단층촬영술은 3~10배나 높은 민감도 및 해상도를 갖고 있으며 생화학적 변화를 더욱 잘 반영하고 정량 분석에 더 유

용하다는 장점이 있다.

그래서 본 연구자들은 1998년도부터 modified dual-detector SPECT camera를 coincidence mode로 이용하여 양전자방출 단층촬영의 영상을 얻을 수 있는 coincidence ¹⁸F-FDG-PET가 가능한 기기를 이용하여 저렴한 비용으로 양전자방출 단층촬영의 영상을 얻을 수 있었다.

이를 이용하여 폐암환자의 병기결정에 있어서 감마 카메라를 이용한 양전자방출 단층촬영의 역할을 알고자 흉부 컴퓨터 단층촬영과 비교하여본 결과 뒤지지 않는 우수한 결과를 얻었고 앞으로도 계속적으로 증례를 모아 감마 카메라를 이용한 양전자방출 단층촬영술의 우수성을 검증해 보고자 한다.

참 고 문 헌

1. Hans C Steinert, Markus Hauser, Florin Allemann, Hermann Engel, Thomas Berthold, Gustv K, von Schiltess and Walter Weder: Non-small cell lung cancer: Nodal staging with FDG PET versus CT with correlative lymph node mapping and sampling. Radiology 202: 441-446, 1997
2. McCloud TC, Bourgouin PM and Greenberg RW: Bronchogenic carcinoma: analysis of staging in the mediastinum with CT by corelative lymph node mapping and sampling. Radiology 182: 319-323, 1992
3. Webb WR, Sarin M, Zerhouni EA, Heelan RT, Glazer GM and Gastonis C: Interobserver variability in CT and MR staging of lung cancer. J Comput Assist Tomogr 17: 841-846, 1993
4. Webb WR, Zerhouni EA and Gastonis C: CT and MR imaging in staging non-small cell bronchogenic carcinoma: report of the Radiologic Diagnostic Oncology Group. Radiology 178: 705-713, 1991
5. Johan F, Vansteenkiste, Sigrid G, Stroobants, Paul R, De Leyn, Patrik J, Dupont, Jan Bogaert, Alex Maes and Georges J: Lymph node staging in non-small-cell lung cancer with FDG-PET scan: A prospective study on 690 lymph node stations from 68 patients. J Clin Oncol 16: 2142-49, 1998
6. 이명철 및 고창순: 양전자 방출 단층촬영(positron emission tomography: PET)의 최신 동향. 중앙의학 52(4): 365, 1987
7. 고창순: 핵의학 1995년
8. 고창순: PET의 임상이용. 대한핵의학회지 31(3): 291-298, 1997
9. Wahl R, Hutchins G and Bushsboam D: F-18 fluorodeoxyglucose uptake into human tumor xenografts. Cancer 67: 1544-50, 1991
10. Nolop KB, Rhodes CG and Brudin LH: Glucose utilization in vivo by human pulmonary neoplasms. Cancer 60: 2682-89, 1987
11. Nelson CA, Wang JQ and Leav I: The interaction among glucose transport, hexokinase, and glucose-6-phosphatase with respect to 3H-2-deoxyglucose retention in murine tumor

- models. Nucl Med Biol 23: 553-541, 1996
12. Edward F, Patz, Jr, Val J, Lowe, John M, Hoffman, Susan S, Paine, Paul Burrowes and R Edward Coleman Philip C: Goodman: Focal pulmonary abnormalities: Evaluation with F-18 fluorodeoxyglucose PET scanning. Radiology 188: 487-490, 1993
 13. Albrecht Guhlmann, Martin Storck, Jorg Kotzerke, Florian Ludger, Sunder-Plassman and Sven N Reske: Lymph node staging in non-small cell lung cancer: evaluation by [¹⁸F] FDG positron emission tomography(PET). Thorax 52: 438-441, 1997
 14. Dewan N, Gupta N and Redepenning L: Diagnostic efficiency of PET-FDG imaging in solitary pulmonary nodules. Chest 109: 997-1002, 1993
 15. Knight SB, Delbeke D and Stewart JR: Evaluation of pulmonary lesions with FDG-PET. Comparison of findings in patients with and without a history of prior malignancy. Chest 108: 441-446, 1995
 16. Rege SD, Hoh CK and Glaspy JA: Imaging of pulmonary mass lesions with whole-body positron emission tomography and fluorodeoxyglucose. Cancer 72: 82-90, 1993
 17. Johan F, Vansteenkiste, Sigrid G, Stroobants, Paul R, De Leyn, Patrick J, Dupont, Johnny A, Verschakelen and Kris L: Nackaerts; Mediastinal lymph node staging with FDG-PET scan in patients with potentially operable non-small cell lung cancer. Chest 112: 1480-86, 1997
-