

비소세포폐암의 림프절 병기 결정에서 Coincidence PET의 역할

아주대학교 의과대학 호흡기내과학교실, 핵의학교실¹

이선민, 최영화, 정성철, 오윤정, 박광주, 황성철, 이이형, 박찬희¹, 한명호

= Abstract =

The Role of Camera-Based Coincidence Positron Emission Tomography in Nodal Staging of Non-Small Cell Lung Cancer

Sun Min Lee, M.D., Young Hwa Choi, M.D., Yoon Jung Oh, M.D.,
Seong Cheoll Cheong, M.D., Kwang Joo Park, M.D., Sung Chul Hwang, M.D.,
Yi Hyeong Lee, M.D., Chan H Park, M.D.¹, Myung Ho Hahn, M.D.

*Departments of Pulmonology and Critical Care Medicine, and Nuclear Medicine,
Ajou University, School of Medicine, Suwon, Korea*

Background : It is very important to determine an accurate staging of the non-small cell lung cancer (NSCLC) for an assessment of operability and it's prognosis. However, it is difficult to evaluate tumor involvement of mediastinal lymph nodes accurately utilizing noninvasive imaging modalities. PET is one of the sensitive and specific imaging modality. Unfortunately PET is limited use because of prohibitive cost involved with it's operation. Recently hybrid SPECT/PET (single photon emission computed tomography/positron emission tomography) camera based PET imaging was introduced with relatively low cost. We evaluated the usefulness of coincidence detection (CoDe) PET in the detection of metastasis to the mediastinal lymph nodes in patients with NSCLC.

Methods : Twenty one patients with NSCLC were evaluated by CT or MRI and they were considered operable. CoDe PET was performed in all 21 patients prior to surgery. Tomographic slices of axial, coronal and sagittal planes were visually analysed. At surgery, mediastinal lymph nodes were removed and histological di-

Address for correspondence :

Sun Min Lee, M.D.

Departments of Pulmonology and Critical Care Medicine, Ajou University.

San 5, Wonchon-dong, Paldal-gu, Suwon, 442-749, Korea

Phone : 0331-219-5120 Fax : 0331-219-5124 E-mail : yhwa1805@madang.ajou.ac.kr

agnosis was performed. CoDe PET findings were correlated with histological findings.

Results : Twenty of 21 primary tumor masses were detected by the CoDe PET. Thirteen of 21 patients was correctly diagnosed mediastinal lymph node metastasis by the CoDe PET. Pathological N0 was 14 cases and the specificity of N0 of CoDe PET was 64.3%. Sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and accuracy of N1 node was 83.3%, 73.3%, 55.6%, 91.7%, and 76.2% respectively. Sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and accuracy of N2 node was 60.0%, 87.5%, 60.0%, 87.5%, and 90.0% respectively. There were 3 false negative cases but the size of the 3 nodes were less than 1cm. The size of true positive nodes were 1.1cm, 1.0cm, 0.5cm respectively. There were 1 false positive among the 12 lymph nodes which were larger than 1cm. False positive cases consisted of 1 tuberculosis case, 1 pneumoconiosis case and 1 anthracosis case.

Conclusion : CoDe PET has relatively high negative predictive value in the enlarged lymph node in staging of mediastinal nodes in patients with NSCLC. Therefore CoDe PET is useful in ruling out metastasis of enlarged N3 nodes. However, further study is needed including more number of patients in the future. (Tuberculosis and Respiratory Diseases 1999, 47 : 642-649)

Key words : Non-small cell lung cancer, staging, coincidence PET.

서 론

비소세포폐암의 치료 및 예후에 있어 정확한 병기와 수술 가능 여부의 결정이 매우 중요하다. 그러나 비소세포폐암의 병기 결정에 흔히 이용되는 전산화단층촬영이나 자기 공명영상은 원발성 병변의 병기 결정에는 유용하게 사용될 수 있으나 림프절의 병기 결정에는 그 민감도와 특이도가 50-85% 정도에 불과하다¹. 최근에는 악성 세포의 대사적 특징을 이용한 양전자방출단층촬영(positron emission tomography; PET)이 비소세포폐암의 림프절의 병기 결정에 있어 그 정확도가 80-95% 정도로 전산화단층촬영보다 더 정확하다는 많은 보고들이 있다^{2,3}. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 실제로 임상에서 PET를 사용하기에는 어려운 점들이 있다. 첫째, 기계 값이 매우 비싸고, 둘째 동위원소 발생 기기를 갖추고 있어야 하며, 셋째, 유지비가 매우 비싼 점 등이 보다 널리 이용되는데 제한점으로 작용하여 국내의 경우 소수의 병원에서만 PET가 이용되고 있을 뿐이다.

최근에는 기존의 단일광자방출전산화단층촬영(single photon emission computed tomography;

SPECT)에 사용되는 기기를 이용하여 두 개의 감마(gamma) 카메라검출기로 511keV의 고에너지를 검출하여 기존의 PET 영상을 얻을수 있는 방법(Coincidence Detection PET; CoDe PET)이 개발되었다^{4,5}. CoDe PET은 기존의 PET보다는 해상력이 좀 떨어지나 악성 질환의 진단에 유용하게 사용될 수 있다고 보고되었다⁶⁻⁸. CoDe PET는 폐병변의 악성 여부의 감별 진단에 사용될 수 있을 뿐만 아니라 암세포의 림프절 침범이 있는 경우 크기가 1.3cm 이상의 경우에 국소 섭취를 보여 폐암의 병기 결정에도 사용될 수 있는 가능성이 제시되었다⁹.

이에 저자들은 비소세포폐암 중 수술을 시행하여 병리학적 병기 결정이 가능하였던 환자들에서 병리학적 림프절 병기와 CoDe PET의 림프절 병기를 비교하고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대상 환자

1998년 2월부터 1999년 6월까지 아주대학교병원에

내원하여 원발성 비소세포폐암으로 진단되어 수술적 치료를 시행하였던 환자들을 대상으로 하였다. 환자들은 수술 전에 조직학적 검사를 통하여 비소세포폐암으로 진단 받은 후 수술전 폐암의 병기 결정을 위하여 흉부 전산화단층촬영, 복부 초음파검사, 전신 골주사 촬영 등을 시행하였고 필요한 경우 흉부 자기공명영상, 뇌 전산화단층촬영 등을 추가로 시행하였다. 수술이 결정된 환자 21예에서 수술전에 CoDe PET를 시행하였다.

2. 방 법

대상 환자들의 수술후 병리학적 병기를 기준으로 하여서 CoDe PET로 결정된 병기 결정의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도, 정확도를 분석하였다. 전산화단층촬영과 CoDe PET의 두 방법 중 한 방법에서만 N3 병기가 의심되는 경우에는 중격동경을 이용한 조직 검사를 하여서 림프절의 악성 세포 유무를 수술전에 확인하였다.

3. 흉부 전산화단층촬영

쇄골 상부에서부터 부신까지 전산화단층촬영(General Electric, "CT HiSpeed Advantage")을 하였고 조영제 주입 전에는 1cm 간격으로, 주입 후에는 0.5cm에서 1cm 사이의 간격으로 나선형법(helical method)으로 영상을 얻었다.

림프절의 최소 지름이 1cm 이상인 경우에 폐암의 전이가 있는 것으로 판단하였으며, 판독은 수술전에 이루어져서 최종 병기에 대하여서는 모르는 상태에서 방사선과 전문의에 의해서 판독되었다.

4. CoDe PET

18-fluoro-2-deoxy-D-glucose(^{18}F FDG)는 약 60Km 거리의 외부 기관(원자력 병원)에서 검사 당일 공급 받아서 사용하였다. 모든 환자들은 4시간 이상 금식

한 후에 검사를 시행받았다. ^{18}F FDG 4-6 mCi (148-222 MBq)를 정맥 주사한 후 약 1시간 후에 동시 발생 형태(coincidence module)를 가진 이중 헤드 감마 카메라(VariCam[®], Elscint, Haifa, Israel)를 사용하여 PET 영상을 얻었다. 단일 방향 회전 이중 헤드 3분간 한번 회전하여 물리적 붕괴를 교정하였고, 한 부위 당 10회전을 실시하여 30분간 영상을 획득하였다. 영상은 횡단면, 시상면, 관상면을 0.6-1.2cm 간격으로 구성하였다. 감쇄보정과 최신 영상재구성법은 시행하지 않았다.

영상은 1명 이상의 핵의학과 전문의가 판독하였다. 시각적 분석(visual analysis)으로 ^{18}F FDG 섭취 정도를 경도(mild), 중등도(moderate), 중중도(marked)의 3단계로 구분하여, 경도의 섭취가 있는 경우는 양성으로, 중등도 이상의 섭취가 있는 경우에는 악성으로 판독하였다.

결 과

1. 대상 환자들의 특징

대상 기간중 수술전에 CoDe PET를 시행하고 비소세포폐암으로 수술 받은 환자는 21예이었다. 이들의 평균 연령은 60 ± 8 세(39-71세)이었고 남녀비는 13 : 8 이었다. 조직학적 분류별로는 선암 9예, 편평상피세포암 9예, 세기관지폐포암 1예, adenosquamous cell carcinoma 1예 이었다.

2. 원발암에 대한 CoDe PET의 결과

총 21예의 원발 종양 병소에 대하여 CoDe PET은 20예에서 국소 섭취 소견을 보였다. 원발 종양의 크기는 4.4 ± 1.8 (1.5-9)cm 이었다. 음성 소견을 보인 1예는 1.5cm 크기의 분화가 좋은 편평상피세포암으로 병변 부위에 경도의 ^{18}F FDG 섭취가 있어서 음성으로 판독되었었다.

Table 1. Summary of pathologic and imaging nodal stages of the 21 NSCLC patients.

patient No	Lymph node staging		
	pathology	CoDe PET	CT
1	2	2	2
2	0	0	2
3	0	0	1
4	2	1	0
5	0	2	0
6	0	1	0
7	0	0	0
8	0	0	2
9	0	0	3
10	0	1	0
11	0	3	2
12	0	0	0
13	2	2	2
14	2	0	2
15	0	0	0
16	1	0	0
17	0	0	0
18	0	1	0
19	1	1	2
20	0	0	0
21	2	2	2

3. CoDe PET에 의한 림프절 병기

수술후 확진된 병리학적 병기와 CoDe PET으로 수술 전에 시행한 병기를 비교 분석하였다(Table 1).

병리학적 N0는 14명이었으며 CoDe PET의 N0에 대한 특이도는 64.3%(9/14)이었다. N1 림프절에 대한 민감도는 83.3%(5/6), 특이도는 73.3%(11/15), 양성 예측도는 55.6%(5/9), 음성 예측도는 91.7%(11/12), 정확도는 76.2%(16/21)이었다. N2 림프절에 대한 민감도는 60.0%(3/5), 특이도는 87.5%(14/16), 양성 예측도는 60.0%(3/5), 음성 예측도는 87.5%(14/16), 정확도는 90.0%(17/21)이었다(Table 2).

림프절 병기에 있어 전체 21예중 13예(61.9%)에서는 병리학적 병기와 일치하였으며, 3예는 하향 조정, 5예에서는 상향 조정되었다.

전산화단층촬영에 의한 림프절 병기와 비교해 보았을 때 5예에서 림프절 병기를 바르게 정정 할수 있었다(Fig. 1).

병리학적으로 그 크기가 측정된 림프절군은 총 29개이었다. 이중 병리학적으로 암세포의 침윤이 있었던 림프절은 6개이었으며 이중 3개의 림프절은 CoDe PET에서 국소 섭취를 보였다. 위음성으로 나타난 3개의 림프절은 그 크기가 각각 0.6cm, 0.8cm, 1.0cm으로 모두 1cm이하였으며, 양성으로 나타난 림프절의 크기는 각각 1.1cm, 1.0cm, 0.5cm이었다.

크기가 1cm이상이나 암세포의 침윤이 없었던 12개의 림프절중 1예에서만 위양성으로 나타났다.

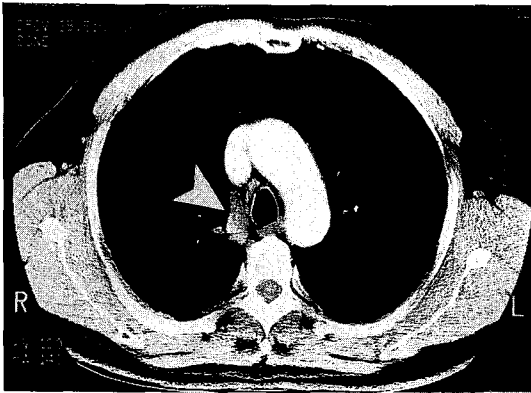
4. 기타 양성 병변

5예에서는 암세포의 침윤이 없는 양성 림프절에 CoDe PET가 섭취되어 위양성 소견을 보였다. 이중 1예는 폐암과 동반되어 폐결핵이 있었던 경우로 림프

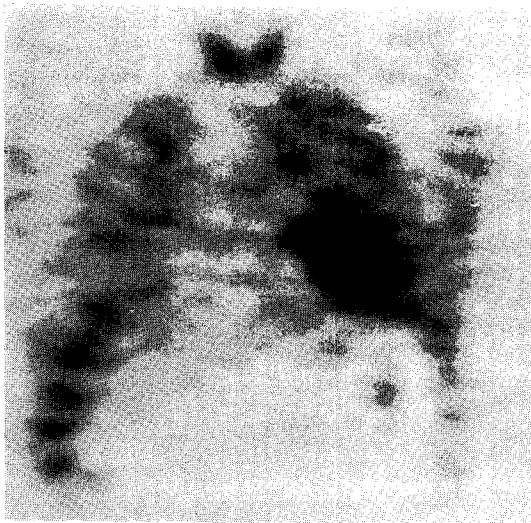
Table 2. Sensitivity, specificity, PPV, NPV and accuracy of the CoDe PET according to the lymph node stage.

	sensitivity (%)	specificity (%)	PPV (%)	NPV (%)	accuracy (%)
N1	5/6(83.3)	11/15(73.3)	5/9(55.6)	11/12(91.7)	16/21(76.2)
N2	3/5(60.0)	14/16(87.5)	3/5(60.0)	14/16(87.5)	17/21(90.0)

PPV; positive predictive value, NPV:negative predictive value.



A



B

Fig. 1. Chest CT and CoDe PET images in the patient with NSCLC(pT2N0M0). A; Chest CT showed enlarged right paratracheal lymph node(arrow head). B; CoDe PET showed hot uptake on the primary mass on left lower lobe but not on the right paratracheal area.

절의 병리학적 소견상 육아종을 관찰할 수 있었으며, 1예에서는 pneumoconiosis, 1예에서는 anthracosis 소견을 보였다.

2예에서 폐암과 활동성 결핵이 동반되어 있었으며 이중 1예에서는 림프절에만 ^{18}F FDG 섭취가 있었고 다른 1예에서는 폐실질과 2cm 크기의 림프절 모두에서 ^{18}F FDG 섭취를 보이지 않았다.

고 찰

비소세포폐암의 치료 및 예후 결정에 있어 수술 가능 여부를 결정하는 것이 가장 중요하다. 일반적으로 단순 흉부촬영, 전산화단층촬영, 자기공명영상 등이 폐암의 림프절 병기 결정에 이용되지만 이들은 모두 림프절의 크기를 기준으로 하여서 악성 여부를 판단하기 때문에 그 정확도에는 한계가 있다.

이러한 단점을 보완하고자 악성 세포가 주로 탄수화물을 그 에너지원으로 사용하는 점을 이용하여서 ^{18}F FDG PET가 개발되었다. ^{18}F FDG PET는 림프절의 악성 세포 전이 여부를 판단하는 기준으로서 크기보다는 대사 정도를 가지고 결정하기 때문에 비소세포폐암의 림프절 병기 결정에 있어 기존에 사용되던 방법들보다 더 우수한 것으로 보고되고 있다¹⁰⁻¹³. Vansteenkiste¹⁴등은 68명의 비소세포폐암 환자의 690개의 림프절을 병리학적으로 분석하여 전산화단층촬영과 ^{18}F FDG PET를 동시에 시행한 경우 N2/N3 림프절에 대한 민감도는 93%, 특이도는 95%, 정확도는 94%라고 보고하였다. Bury¹⁵등은 전산화단층촬영과 같은 일반적인 방사선적 방법에 ^{18}F FDG PET를 추가로 시행하여 33%(66명중 22명)의 환자의 림프절 병기를 올바르게 결정할 수 있었다고 하였다.

국내의 결과를 보면, 고¹⁶는 폐결절의 진단에 있어서 PET는 악성 종양을 100% 예민하게 찾아낼수 있으나 활동성 폐결핵에도 양성 소견을 보일수 있어 위양성이 27례중 5례에서 있었다고 하였다. 천¹⁷등은 37명의 비소세포폐암 환자에서 수술전에 PET를 시행하여 종격동 림프절 전이 진단의 민감도, 특이도, 정확도, 양성 예측도, 음성 예측도를 각각 42.9%, 100%, 89.2%, 100%, 88.2%라고 보고하였다. 그러나 실제로 PET를 임상에 적용하기에는 많은 제약이 있어 국

내에서는 소수의 환자에서만 그 적용이 가능하고 또한 경제적으로 환자에게 많은 부담이 되고 있는 실정이다.

최근에는 PET의 이러한 단점을 보완하고자 기존의 SPECT 기기에 고에너지를 검출할 수 있는 두 개의 감마 카메라검출기를 부착하여 기존의 PET 영상을 얻을 수 있는 CoDe PET이 개발되었다. 해상력이 기존의 PET보다는 좀 떨어지지만 병변의 악성 여부를 감별하는데 유용하게 사용될 수 있으며 특히 폐병변의 감별 진단에 적용될 수 있는 가능성이 보고되었다¹⁸.

이에 저자들은 기존의 방사선 검사로 수술이 가능한 21예의 비소세포폐암 환자에서 수술전에 CoDe PET를 시행하고 그 결과를 병리학적 림프절 병기와 비교하였다.

원발 종괴에서는 21예중 20예에서 국소 섭취 소견을 보였다. 위음성 소견을 보인 1예는 1.5cm 크기의 분화가 좋은 편평상피세포암으로 병변 부위에 정도의 ¹⁸F-DG 섭취가 있어서 음성으로 판독되었었다. 이 병변은 흉부 전산화단층촬영에서도 뚜렷한 종괴를 발견할수 없었으며 기관지내시경 검사에서 좌상엽기관지 점막에 불규칙한 점막 변화가 있어 암(carcinoma in situ)으로 진단되었던 경우이다.

CoDe PET에 의한 림프절 병기 결정은 21예중 13예에서 병리학적 병기와 일치하였다. 이를 좀더 자세히 살펴보면 N0 림프절은 14예중 9예에서 일치하였으며 N1/N2 림프절은 7예중 4예에서 일치하였다. 전반적으로 보면 림프절 병기 결정의 정확도가 높지 않지만 이는 PET과 비교해 볼 때 CoDe PET의 해상력이 아직 낮아서 크기가 작은 악성 병변에 대한 검출율이 낮기 때문으로 추정된다.

위음성이 3례 있었는데 이들의 림프절의 크기는 모두 1cm 이하로 크기가 매우 작았던 경우이다. Shreve¹⁹등은 PET와 CoDe PET의 악성 병변 진단율을 31명의 환자에서 비교하였는데 31개의 림프절이 PET에 검출되었으나 CoDe PET에서는 20개만이 검출되었다고 하였다. 그러나 이들을 림프절의 크기에 따라서 세분하여 비교해 보면 단경이 0.6-1.

3cm 사이의 림프절은 15개중 5개만이 검출된 반면 단경이 1.5-3.5cm 사이의 림프절은 16개중 15개가 검출되어서 민감도가 림프절의 크기에 따라서 영향을 받는다고 하였다. 즉 크기가 비교적 큰 림프절에 대한 민감도는 PET과 거의 비슷하다고 할 수 있을 것이다.

본 연구에서 위양성은 5예 있었으며 이들중 3예에서는 각각 결핵, pneumoconiosis, anthracosis로 진단되었다. 이는 ¹⁸F-DG가 염증 반응이 활발한 병변에도 섭취 될 수 있어서 이러한 결과가 나왔으리라 생각된다.

우리 나라에서 비소세포폐암의 림프절의 병기 결정에서 특히 어려운 점의 하나는 결핵에 의해 크기가 커진 림프절의 악성 세포 전이 여부를 판단하는 것이다. 본 연구에서는 21례중 2례에서 활동성 결핵이 동반되어 있었다. 이처럼 과거에 결핵을 앓았던 기왕력이 없는 경우에도 결핵 병변으로 추정되는 폐병변이 관찰되는 경우가 흔하고, 폐암의 진단시에 활동성 결핵이 동반되어 있지만 수술 전에는 암 병변으로 오인되었다가 수술 후 병리학적 검사로 결핵이 진단되는 경우가 드물지 않다. N3 위치의 림프절이 커진 경우에 그 원인이 결핵으로 인한 것인지 악성 세포의 전이에 의한 것인지 정확하게 판단하는 방법은 조직 검사를 시행하여 병리학적으로 판단하는 수밖에 없다. 하지만 실제 임상에서 전이가 의심되는 림프절의 조직 검사를 시행하는 것이 쉬운 일은 아니다. 때로는 종격동경이나 종격동절개술로 접근하기 어려운 위치에 림프절이 있는 경우, 2차례에 걸친 수술(종격동경으로 먼저 악성 세포의 유무를 확인한 후 본 수술을 시행)에 따르는 마취 시간의 장기화, 치료 목적이 아닌 진단(병기 결정) 목적의 수술에 대한 환자의 이해 부족 등의 어려움이 있다. 이러한 이유들로 수술이 가능한 경우에도 수술을 시행하지 못하고 항암제 치료나 방사선 치료에 의존하게 됨으로써 완치의 기회를 잃게 되는 경우가 있을 수 있다. CoDe PET는 이러한 경우에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서 림프절이 1cm 이상인 경우에 위음성은 없었으며, 큰 림프절

의 경우에는 음성 예측도가 비교적 높은 것으로 보고 되고 있어 N3 림프절의 확대가 있는 비소세포폐암에서 CoDe PET를 시행하여 국소 섭취가 없는 경우에는 수술적 치료를 고려해 볼수 있으리라 생각된다.

또한 CoDe PET는 아직 개발 단계에 있고, 본 연구에서는 시행되지 않았으나 향후에는 감쇄보정이 가능하며 최근에 소개된 영상 재구성법을 사용하면 더 좋은 결과를 기대할수 있을 것으로 사료된다.

요 약

연구배경 :

비소세포폐암의 림프절의 병기 결정은 치료 및 예후 결정에 매우 중요하나 정확한 병기 결정에는 많은 어려움이 있다. 이에 저자들은 최근에 개발된 CoDe PET의 림프절 병기 결정에 대한 유용성을 알아보고자 하였다.

방 법 :

1998년 2월부터 1999년 6월까지 아주대학교병원에 내원하여 원발성 비소세포폐암으로 진단되어 수술적 치료를 시행하였던 환자 21예를 대상으로 하였다. 수술전 폐암의 병기 결정을 위하여 흉부 전산화단층촬영, 복부 초음파검사, 전신 골주사 촬영, CoDe PET를 시행하였다. 대상 환자들의 수술후 병리학적 병기를 기준으로 하여서 CoDe PET로 결정된 림프절 병기의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도, 정확도를 분석하였다.

결 과 :

21예의 비소세포폐암중 20예에서 원발 종괴에 ¹⁸F-FDG가 섭취되었으며 위음성이 1예가 있었다.

림프절 병기에 있어 전체 21예중 13예에서는 병리학적 병기와 일치하였다. 병리학적 N0는 14예이었으며 CoDe PET의 N0에 대한 특이도는 64.3%이었다. N1 림프절에 대한 민감도는 83.3%, 특이도는 73.3%, 양성 예측도는 55.6%, 음성 예측도는 91.7%, 정확도는 76.2%이었다. N2 림프절에 대한 민감도는 60.0%, 특이도는 87.5%, 양성 예측도는 60.0%

%, 음성 예측도는 87.5%, 정확도는 90.0%이었다.

병리학적으로 그 크기가 측정된 림프절 29개중 암세포의 침윤이 있었던 림프절은 6개이었으며 이중 3개의 림프절은 CoDe PET에 국소 섭취로 나타났다. 위음성으로 나타난 3개의 림프절은 그 크기가 모두 1cm이하였으며, 양성으로 나타난 림프절의 크기는 각각 1.1cm, 1.0cm, 0.5cm이었다. 크기가 1cm이상이나 암세포의 침윤이 없었던 12개의 림프절중 1예에서만 위양성으로 나타났다.

5예에서는 위양성 소견을 보였는데 이중 1예는 폐결핵에 의한 육아종을 관찰할 수 있었으며, 1예는 pneumoconiosis, 1예는 anthracosis이었다.

결 론 :

CoDe PET는 크기가 1.5cm 이상의 림프절에 대한 음성 예측도가 비교적 높기 때문에 N3 림프절의 확대가 있는 비소세포폐암에서 CoDe PET를 시행하여 국소 섭취가 없는 경우에는 수술적 치료를 고려해 볼 수 있으리라 생각된다. 또한 CoDe PET는 아직 개발 단계에 있어서 향후 보다 더 발전된 영상을 얻을수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Shaffer K. Imaging and medical staging of lung cancer. *Hema/Onco clin nor Am* 1997;11:197-209
2. Conti PS, Lilien DL, Hawley K, Keppler J, Grafton ST, Bading JR. PET and (18F)-FDG in oncology: A clinical update. *Nucl Med Biol* 1996; 23:717-735
3. Hoh CK, Schiepers C, Seltzer MA, Gambhir SS, Silverman DHS, Czernin J, et al. PET in oncology: Will it replace the other modalities? *Seminars in Nucl Med* 1997;27:94-106
4. 배문선, 박찬희, 조철우, 윤석남, 양승대, 임상무. 종양 환자에서 초고에너지(511KeV) 조준기를 이용한 전신 F-18-FDG 평면 영상: Coinci-

- dence 감마카메라 단층 촬영 영상과의 비교. 대한핵의학학회지 1999;33:65-75
5. Jarritt PH, Acton PD. PET imaging using gamma camera systems:A review. Nucl Med Communi 1996;17:758-766
 6. Henkin RE. Gamma camera coincidence imaging:an update. Applied Radiology 1998;9-13
 7. Abdel-Dayem HM, Bonfils E, Teitgin P, El-Zeftawy HA, Luo S, Naddaf M et al:Dual-head coincidence imaging(DHIC) of F-18 FDG in primary lung nodules(PLN). J Nucl Med 1998;39(suppl):109P
 8. Abdel-Dayem HM, Radin AI, Luo JQ, Marans HY, Wong S, Naddaf SY, et al. Fluorine-18-Fluorodeoxyglucose dual-head gamma camera coincidence imaging of recurrent colorectal carcinoma. J Nucl Med 1998;39: 654-656
 9. Shreve P, Steventon RS, Deters E, Gross MD, Wahl RL:Lesion detection in oncologic diagnosis:comparison of dual-head coincidence with dedicated PET FDG imaging. J Nucl Med 1998;39(suppl):109P
 10. Guhlmann A, Storck M, Kotzerke J, Moog F, Sunder-Plassmann L, Reske SN. Lymph node staging in non-small cell lung cancer: evaluation by (¹⁸F)FDG positron emission tomography(PET) Thorax 1997;52:438-441
 11. Sazon DAD, Santiago SM, SooHoo GW, Khonsary A, Brown C, Mandelkern M, et al. Fluorodeoxyglucose-positron emission tomography in the detection and staging of lung cancer Am J Respir Crit Care Med 1996; 153:417-421
 12. Steinert HC, Hauser M, Allemann F, Engel H, Berthold T, von Schulthess GK, Weder W. Non-small cell lung cancer:Nodal staging with FDG PET versus CT with correlative lymph node mapping and sampling. Radiology 1997;202:441-446
 13. Hughes JMB. ¹⁸F-Fluorodeoxyglucose PET scans in lung cancer. Thorax;51(suppl 2): S16-S22
 14. Vansteenkiste JF, Stroobants SG, De Leyn PR, Dupont PJ, Bogaert J, Maes A, et al. 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 1998;16:2142-2149
 15. Bury Th, Dowlati A, Paulus P, Corhay JL, Hustinx R, Ghaye B, et al. Whole-body ¹⁸ FDG positron emission tomography in the staging of non-small cell lung cancer. Eur Respir J 1997;10:2529-2534
 16. 고창순. PET의 임상이용. 대한핵의학학회지. 1997;31:291-298
 17. 천은미, 김호철, 정만표, 김호중, 최동철, 권오정 등. 비소세포폐암의 종격동 임파절 병기 결정에 있어서 CT와 FDG-PET의 진단적 유용성에 관한 연구. 결핵 및 호흡기질환 1996;43(suppl 2):97
 18. Alazraki N, Galt J. FDG imaging without PET. Diagnostic imaging 1998;74-77
 19. Shreve PD, Steventon RS, Deters EC, Kison PV, Gross MD, Wahl RL. Oncologic diagnosis with 2-(fluorine-18)fluoro-2-deoxy-D-glucose imaging: dual-head coincidence gamma camera versus positron emission tomographic scanner. Radiology 1998;207:431-437