

고립성폐결절에서 FDG-PET의 진단적 유용성

서울대학교 의과대학 내과학교실 및 의학연구원 폐연구소

김우진, 임재준, 유철규, 김영환, 심영수, 한성구

= Abstract =

Diagnostic Efficacy of FDG-PET in Solitary Pulmonary Nodule

Woo Jin Kim, M.D., Jae-Joon Yim, M.D., Chul Gyu Yoo, M.D.,
Young Whan Kim, M.D., Sung Koo Han, M.D., Young-Soo Shim, M.D.

*Department of Internal Medicine, College of Medicine and Lung Institute,
Medical Research Center, Seoul National University, Seoul, Korea*

Background : Differentiation of malignancy and benignity is crucial for management of solitary pulmonary nodule (SPN). Clinical parameters such as patient's age, nodule size, smoking history, doubling time, typical calcification in X-ray and CT findings have been reported as helpful in this purpose. However, in most cases, these parameters are not conclusive.

Glucose metabolism is increased in cancer tissues including lung cancer tissues. After uptake of 2-[F-18]-fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG), the glucose analogue, by cancer cell, FDG is trapped in the cell without further metabolism after phosphorylation. Thus, hypermetabolic focus in FDG-positron emission tomography (PET) imaging suggest malignancy.

We evaluated the diagnostic efficacy of FDG-PET imaging in distinguishing malignant and benign SPN.

Methods : We evaluated 28 patients with SPN from Jan. 1995 to Jan. 1997. CT scan of chest and whole-body FDG-PET imaging were performed in all patients. Histologic diagnosis was confirmed by transthoracic fine needle aspiration and biopsy, bronchoscopic biopsy and open thoracotomy.

Results :

Of the 28 SPN's, 22 nodules were malignant and 6 nodules were benign.

FDG-PET imaging diagnosed all malignant nodules correctly as positive, and diagnosed 4 of 6 benign nodules correctly as negative.

*본 연구의 요지는 1996년도 제48차 대한내과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

*본 연구는 1995년도 보건 의료기술 연구개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임.

One tuberculous granuloma and one aspergilloma showed hypermetabolic focus and were diagnosed falsely positive with FDG-PET imaging.

In the diagnosis of SPN with FDG-PET, sensitivity and specificity were 100% and 66.7%, positive predictive value and negative predictive value were 92% and 100%.

Conclusion : FDG-PET imaging is highly useful noninvasive diagnostic tool in distinguishing between malignant SPN and benign SPN.

Key words : Solitary pulmonary nodule, FDG-PET

서 론

고립성폐결절은 정상 폐결절에 의해 둘러싸여 있고 폐 문부 증대, 무기폐나 늑막삼출을 동반하지 않는 3cm 내지 6cm이하의 단일 결절이다^{1~4)}. 그 원인은 원발성 폐암 및 전이성 폐암 등의 악성 질환과 결핵을 포함한 육아종성 질환 및 양성 종양 등의 양성 질환으로 나눌 수 있다¹⁾.

고립성폐결절에서 악성결절의 경우 수술이 가능한 시기를 놓치지 않아야 하고, 양성결절의 경우 불필요한 수술에 의한 이환율, 사망률을 줄여야 하므로 악성결절과 양성결절의 감별은 매우 중요하다. 임상적으로 방사선 소견상 전형적인 석회화 소견이 있거나 과거 2년간 크기의 변화가 없는 경우, 35세 이하인 경우에 양성결절일 가능성이 많고²⁾, 악성 종양의 병력이나 흡연력이 있고 결절의 크기가 클수록 악성종양일 가능성이 많다³⁾.

흉부 전산화단층촬영으로 동정맥주, 진균증, 무기폐 등의 진단이 가능하고 석회화 양상을 더 예민하게 관찰할 수 있는 등 악성결절과 양성결절의 감별에 도움을 주나⁵⁾, 아직까지 비침습적인 진단수기로 양성결절과 악성결절을 확실하게 감별할 수는 없다.

대부분의 고립성폐결절 환자에서 침습적 진단방법인 경기관지 폐생검이나 경피적 폐조직검사 등을 이용하여 조직학적 진단을 시행하게되며 이 경우 기흉 등의 합병증을 동반하게 된다. 여기서도 진단이 확실하지 않은 경우 진단적 목적을 포함하여 외과적 절제술을 시행하게 되며 수술에 따른 합병증 및 사망이 가능

하다⁶⁾.

한편, 암조직에서 당대사가 활발하다는 것이 알려져 있다. 포도당의 유사물(analogue)인 2-[F-18]-fluoro-2-deoxy-D-glucose(FDG)를 주입하면 포도당대사가 많은 암세포내로 유입되며, 포도당과 달리 FDG는 인산화(phosphorylation)된 후 더 이상의 대사과정을 거치지 못하고 세포내에 축적된다. 이를 방사성동위원소를 이용한 스캔으로 영상화한 것이 FDG-PET이다. 인체내 폐암에서도 FDG의 유입이 정상세포에 비해 매우 높다는 것이 밝혀졌고⁶⁾ 폐암의 진단에 FDG-PET의 이용이 시도 되었다.

기존의 변수들이 영상적 소견에 근거한 반면 FDG-PET는 대사성 특성을 보는 검사로, 본 연구는 뇌암 등에서 악성종양의 감별에 좋은 성적을 얻고 있는 비침습적인 진단 방법인 FDG-PET가 고립성폐결절에서 악성결절과 양성결절의 감별진단에 얼마나 유용한지를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

대상 환자는 1995년 1월부터 1997년 1월까지 6cm 이하의 고립성폐결절에 대한 진단을 위해 내원한 환자로 전신 FDG-PET 스캔을 시행한 28명이었고 남자가 17명, 여자가 11명이었다. 이들의 연령은 35세에서 76세였다.

모든 환자에서 흉부 전산화 단층 촬영을 시행하였고 전신 FDG-PET 영상을 얻었다. PET의 촬영은 Siemens사의 ECAT EXACT 47 PET 스캐너를 사

용하였고 12시간이상 금식후 방사성 동위원소로 표지한 FDG 10mCi를 정맥주사하고 30분 후 스캐너로 영상을 얻었다.

반정량적 수치인 표준섭취계수(standardized uptake value, SUV)를 구하였는데 이는 주입된 FDG의 양, 조직에서의 FDG의 활동도, 환자의 체중으로 계산한 값으로 단위 부피당 유입된 양을 나타내며 이 값이 3.0이상인 경우 PET 양성으로 악성결절을 시사하는 것으로 판정하였고 3.0미만인 경우 PET 음성으로 양성결절을 시사하는 것으로 판정하였다.

$$SUV = \frac{FDG \text{ activity/g of tissue}}{\text{Injected dose(mCi)/body weight (g)}}$$

모든 환자에서 경피적 폐생검이나 경기관지 폐생검, 또는 개흉술로 조직학적 진단을 얻었고 이 결과를 FDG-PET의 결과와 비교하였다.

결 과

대상 환자 28명중 악성결절로 판명된 경우가 22명이었고, 양성결절로 판명된 경우가 6명이었다. 폐결절의 크기는 1cm이상 2cm미만이 9례, 2cm이상 3cm미만이 12례, 3cm이상 4cm미만이 4례, 4cm이상 3례였다(Table 1).

악성 종양으로 판명된 22례는 모두 SUV 값이 3.0이상의 대사항진 병소(hypermetsabolic focus)의 소견을 보였다. 이들 중 원발성 폐암이 17례로 이중 선암이 7례, 편평세포암 6례, 대세포암 1례, 소세포암 1례, 세기관지 폐포암 1례, 칼시노이드 1례이었고, 전이성 폐암이 5례로 악성 흑색종 1례, 신세포암 1례, 전이성 직장암 1례, 융모막암종(choriocarcinoma) 1례, 림프종 1례였다. 이외에도 결절의 크기 때문에 대상에서 제외되었지만 12cm 크기의 활막육종(synovial sarcoma)과 8.6cm 크기의 호지킨씨 림프종에서도 대사항진 병소를 보였다.

양성 결절로 진단된 6례중 4례는 PET 소견상 음성으로 진단되었고, 결핵종으로 진단된 1례와 국균종

Table 1. Characteristics of enrolled patients

	Malignant	Benign	Total
Number	22	6	28
Male : Female	13 : 9	4 : 2	17 : 11
Age(year)	35-76	45-65	35-76
Size(cm)			
<2	6	3	9
<3	9	3	12
<4	4	0	4
4≤	3	0	3

(aspergilloma)으로 진단된 1례는 각각 SUV 5.7 및 4.1로 위양성을 나타내었다(Table 2).

FDG-PET를 이용한 악성결절의 진단율은 민감도 100%, 특이도 66.7%, 양성예측치 92%, 음성예측치 100% 였다(Table 3). 정확도는 92.9% 였다.

고 찰

고립성폐결절의 치료방침을 결정하는 데 있어 악성결절과 양성결절의 감별이 가장 중요하다. 국내에서도 결절의 크기, 나이, 흡연력, 용적배가 기간, 석회화 양상 등의 임상적 특징으로 진단의 도움을 얻으려는 노력이 있었다^{7~9)}. 그러나 최근 일부 임상적 특징들은 악성결절과 양성결절의 감별에 도움이 되지 않는다는 보고가 있었고¹⁰⁾ 보다 적극적인 진단적 접근이 필요하다고 하겠다.

PET가 임상에 도입된 이래 새로운 비침습적인 진단 방법인 FDG-PET를 이용하여 여러 장기에서 악성과 양성질환의 감별에 도움을 준다는 보고들이 있다. 본 연구에서는 고립성폐결절에서 FDG-PET를 이용하여 악성 종양을 진단하는데 민감도 100%, 특이도 66.7%, 양성예측치 92%, 음성예측치 100%의 결과를 얻어 비침습적인 방법으로 고립성폐결절의 진단과 치료방침의 결정에 중요한 역할을 할 수 있을 것을 시사하였으며 이는 외국의 보고들과 일치하는 소견이다.

Table 2. FDG-PET results and chest CT finding, histologic diagnosis

sex/age	diameter/ location	SUV	PET	Histologic diagnosis	diagnostic tool
Benign nodule					
F/64	2.0cm LLL	0	-	chr granulomatous inflammation	thoracotomy
M/58	1.1cm LLL	0	-	tuberculoma	thoracotomy
M/45	1.3cm LUL	5.7	+	tuberculoma	thoracotomy
M/49	2.2cm RUL	4.1	+	aspergilloma	thoracotomy
M/65	2.0cm RLL	0	-	hamartoma	PCNA
F/50	1.5cm RLL	0	-	hamartoma	thoracotomy
Malignant nodule					
F/62	2.5cm LUL	8.1	+	adenocarcinoma	thoracotomy
M/67	3.6cm LUL	19.4	+	adenocarcinoma	thoracotomy
F/52	1.4cm RML	15.0	+	adenocarcinoma	thoracotomy
M/71	2.5cm RUL	15.0	+	adenocarcinoma	PCNBx
M/59	2.5cm RLL	6.5	+	adenocarcinoma	PCNBx
F/45	1.3cm LUL	8.9	+	adenocarcinoma	thoracotomy
F/42	2.1cm RLL	6.3	+	adenocarcinoma	PCNBx
M/69	5.0cm RLL	12.2	+	squamous cell carcinoma	PCNBx
M/76	4.2cm LLL	15.0	+	squamous cell carcinoma	PCNA
M/67	2.1cm LLL	8.9	+	squamous cell carcinoma	broncho bx
F/66	2.6cm LUL	6.6	+	squamous cell carcinoma	thoracotomy
M/64	2.0cm RML	3.4	+	squamous cell carcinoma	broncho bx
F/40	3.5cm RML	24.7	+	squamous cell carcinoma	PCNA
M/65	2.2cm RML	7.7	+	large cell carcinoma	thoracotomy
F/58	1.8cm LUL	16.2	+	small cell lung carcinoma	thoracotomy
M/65	3.0cm RUL	8.6	+	bronchioloalveolar carcinoma	thoracotomy
M/65	3.8cm RUL	9.9	+	atypical carcinoid	PCNBx
M/59	2.0cm RLL	4.5	+	malignant melanoma	thoracotomy
M/57	1.5cm RLL	3.0	+	renal cell carcinoma	thoracotomy
F/42	1.7cm RML	7.0	+	rectal cancer	thoracotomy
F/35	1.7cm LLL	3.2	+	choriocarcinoma	thoracotomy
M/58	4.2cm LLL	23.0	+	lymphoma	PCNBx

(PCNA ; percutaneous needle aspiration, PCNBx ; percutaneous needle biopsy, broncho bx ; bronchoscopic biopsy)

Table 3. Comparison of FDG-PET results with histologic diagnosis

	FDG-PET Imaging		Total
	+	-	
Histology			
Malignant	22	0	22
Benign	2	4	6
Total	26	4	28

외국의 연구 결과에서는 선암, 편평세포암, 지방육종, 칼시노이드 등에서 위음성을 보인 경우가 있으나¹¹⁻¹³, 악성 종양의 진단에서 민감도 100%를 보인 경우가 많았다¹⁴⁻¹⁷.

국내의 다른 연구 결과에서는 2cm미만의 세기관지 폐포암 3례에서 위음성을 나타내었지만¹⁸ 본 연구에서는 위음성은 없었다. 위 보고에서 위음성을 보였던 세기관지 폐포암은 간유리형태인데 비해 본 연구에 포함된 세기관지 폐포암은 3cm의 비교적 큰 결절이었고 FDG-PET 결과는 양성이었다.

본 연구에서는 위양성의 결과가 2례 있었는데, 이중 1례는 흉부 전산화 단층 촬영상 1.3cm 크기의 결절로 개흉술을 시행하여 조직을 얻었고 병리학적 소견상 건락성 괴사를 동반한 만성 육아종성 염증으로 결핵종에 해당하였다. 결핵의 활동성에 따른 대사의 차이로 인해 PET 결과에 차이가 있을 수 있다는 가정하에 위양성의 결핵종과 FDG-PET 결과 음성이었던 결핵종의 임상적 또는 조직학적 소견을 비교하였으나 차이점을 발견할 수 없었다. 또다른 위양성 1례는 개흉술을 시행하여 진단한 국균종이었다.

대사가 활발한 염증의 경우 PET 양성의 결과를 얻을 수 있다고 알려져 있다. 실제로 결핵종, 국균종, 유육종증(sarcoidosis), 콕시디오미세스진균증(coccidioidomycosis), 히스토플라스마증(histoplasmosis), 탄분규폐 결절(anthraco-silicotic nodule)

등에서 위양성이 보고되고 있다^{11,12,14,15,17}. FDG의 섭취되는 양상이나 방사능이 지속적으로 증가해 있는지 여부 등으로 위양성을 줄이려는 노력이 있으나, 시간이 오래 걸리는 단점이 있고 아직 모두가 동의하지는 않은 상태이다. 염증의 정도가 당대사의 증가, 즉 FDG 섭취와 관련이 있다고 생각할 수 있으나 같은 결핵종의 경우 위양성과 음성사이의 조직학적인 차이는 발견할 수 없었다. 종양과 연관된 대식세포에서 FDG의 유입이 관찰되었다는 보고가 있고¹⁹ 결핵에서 활성화된 대식세포가 포도당을 유입하여 위양성의 결과가 나올 가능성이 있으나 좀 더 연구가 필요할 것이다.

암조직에서 포도당대사가 증가하는 기전은 아직 명확하게 밝혀져 있지는 않다. 일부 암조직에서 포도당 운반단백(glucose transport protein) 1형과 3형의 리보핵산(RNA)이 발견되어²⁰ 이들의 발현과 관련이 있을 것으로 보이나 아직 더 연구가 필요하다.

FDG-PET로 진단할 수 있는 결절의 크기는 아직 논란이 있다. 본 연구에서는 1.3cm의 선암이 최소의 악성 종양이었고 PET 양성이었고 1.1cm의 결핵종은 음성을 나타내었다.

결론적으로, 수술의 위험인자를 가진 환자나 수술을 꺼리는 경우 FDG-PET상 양성 소견을 보인 경우 악성종양에 대한 이론적 근거를 제시하여 개흉술에 좀 더 동의할 수 있게 하고, FDG-PET상 음성 소견을 보이는 경우 양성 결절을 강력히 시사하여 불필요한 침습적 검사와 개흉술을 피하여 침습적 검사에 의한 위험성을 줄일 수 있고 적응증을 잘 정할 경우 비용절감의 효과도 거둘 수 있을 것이다²¹.

뿐만아니라 림프절 및 원격 장기의 전이를 진단하여 병기 판정에 도움을 주고²²⁻²⁴, 치료 효과의 판정과²⁵ 전산화 단층 촬영에서 섬유화와 종양의 감별이 어려운 경우 재발의 조기 발견에서도²⁶⁻²⁸ 도움을 줄 것으로 기대되고 있다.

요 약

연구배경 :

고립성폐결절에서 악성과 양성의 감별은 중요하다. 환자의 나이, 결절의 크기, 흡연력, 중앙배가시간, 방사선소견상 특징적인 석회화 양상 등으로 악성과 양성의 감별에 도움을 준다고 알려져 있고, 전산화 단층 촬영으로 동정맥류, 진균증 등의 진단을 가능하게 한다. 그러나 비침습적인 진단 방법으로 악성과 양성결절을 명확하게 감별할 수 있는 방법은 없다.

폐암을 포함하여 악성 종양에서는 당대사가 증가되어 있다. 포도당의 유사물인 FDG는 악성 세포내로 유입된다. FDG는 인산화된 후 더 이상의 당대사를 거치지 못하고 세포내에 축적된다. 그러므로 FDG-PET 영상으로 대사항진 병소는 악성을 시사한다. 이를 근거로하여 고립성폐결절에서 FDG-PET의 진단적 유용성에 대해 알아보려고 하였다.

방 법 :

1995년 1월에서 1997년 1월까지 28명의 고립성폐결절 환자를 대상으로 하였다. 모든 환자에서 흉부 전산화 단층 촬영과 전신 FDG-PET 영상을 얻었다. 경피적 세침 폐흡인술 및 조직검사, 기관지내시경적 조직검사, 개흉술로 조직학적 진단을 얻어 비교하였다.

결 과 :

28명의 고립성폐결절 환자중 22명이 악성 결절, 6명이 양성 결절이었다.

FDG-PET 영상으로 모든 악성결절은 양성으로 진단되었고, 6명의 양성결절 환자중 4명은 음성으로 진단되었다.

결핵종 1례와 국균종 1례에서 FDG-PET 상 과다 대사 병소를 보여 위양성의 결과를 얻었다.

FDG-PET를 이용한 고립성폐결절의 진단은 민감도 100%, 특이도 66.7%, 양성예측치 92%, 음성예측치 100%의 결과를 얻었다.

결 론 :

FDG-PET는 악성결절과 양성결절의 감별에 매우 유

용한 비침습적 진단 방법이다. 그러나 결핵종과 국균종의 위양성이 고려되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Midthun DE, Swensen SJ, Jett JR : Clinical strategies for solitary pulmonary nodule. *Annu Rev Med* 43 : 195, 1992
2. Lillington GA, Caskey CI : Evaluation and management of solitary an multiple pulmonary nodules. *Clin Chest Med* 14 : 111, 1993
3. Midthun DE, Swensen SJ, Jett JR : Approach to the solitary pulmonary nodule. *Mayo Clin Proc* 68 : 378, 1993
4. Lillington GA : Management of solitary pulmonary nodules. *Dis Mon* 37 : 271, 1991
5. Webb WR : Radiologic evaluation of the solitary pulmonary nodule. *AJR* 154 : 701, 1990
6. Nolz KB, Rhodes CG, Brudin LH, Beaney RP, Krausz T, Jones T, Hughes JMB : Glucose utilization in vivo by human pulmonary neoplasms. *Cancer* 60 : 2682, 1987
7. 권삼, 조용근, 이원식, 정태훈, 허주희, 이중기 : 고립성폐결절의 임상적 관찰. 결핵 및 호흡기질환 36 : 63, 1989
8. 김중영, 김세규, 장상호, 김병일, 홍성표, 장준, 김성규, 이원영 : 고립성폐결절의 임상고찰. 결핵 및 호흡기질환 36 : 320, 1989
9. 이종인, 이상수, 원구태, 안강현, 이성우, 백순구, 김슬름, 용석중, 신계철, 정순희, 성기준 : 고립성폐결절에 관한 임상적 고찰 44 : 163, 1993
10. 고원중, 김철현, 장승훈, 이재호, 유철규, 정희순, 김영환, 한성구, 심영수 : 고립성 폐결절에 대한 진단적 접근. 결핵 및 호흡기질환 43 : 500, 1996
11. Dewan NA, Gupta NC, Redepenning LS, Phalen

- JJ, Frick MP : Diagnostic efficacy of PET-FDG imaging in solitary pulmonary nodules. *Chest* 104 : 997, 1993
12. Kubota K, Matsuzawa T, Fujiwara T, Ito M, Hatazawa J, Ishiwata K, Iwata R, Ido T : Differential diagnosis of lung tumor with positron emission tomography. *J Nucl Med* 31 : 1927, 1990
 13. Rege SD, Hoh CK, Glaspy JA, Aberle DR, Dahlbom M, Razavi MK, Phelps ME, Hawkins RA : Imaging of pulmonary mass lesions with whole-body positron emission tomography and fluorodeoxyglucose. *Cancer* 72 : 82, 1993
 14. Sazon DAD, Santiago SM, HooGWS, Khonsary A, Brown C, Mandelkern M, Bland W, Williams AJ : Fluorodeoxyglucose-positron emission tomography in the detection and staging of lung cancer. *Am J Respir Crit Care Med* 153 : 417, 1996
 15. Bury T, Dowlati A, Paulus P, Corhay JL, Benoit T, Kayembe JM, Limet R, Rigo P, Radermecker M : Evaluation of the solitary pulmonary nodule by positron emission tomography imaging. *Eur respir J* 9 : 410, 1996
 16. Gupta NC, Frank AR, Dewan NA, Redepenning LS, Rothberg ML, Mailliard JA, Phalen JJ, Sunderland JJ, Frick MP : Solitary pulmonary nodule : Detection of malignancy with PET with 2-[F-18]-Fluoro-2-deoxy-D-glucose. *Radiology* 184 : 441, 1992
 17. Patz EF, Lowe VJ, Hoffman JM, Paine SS, Burrowes P, Coleman PC : Focal pulmonary abnormalities : Evaluation with F-18 fluorodeoxyglucose PET scanning. *Radiology* 188 : 487, 1993
 18. 천은미, 김병태, 권오정, 김호중, 정만표, 이종현, 한용철, 이경수, 심영목, 김진국, 한정호 : 고립성폐결절의 진단시 FDG-PET의 임상적 유용성에 관한 연구. *결핵 및 호흡기 질환* 43 : 882, 1996
 19. Kubota R, Kubota K, Yamada S, Tada M, Ido T, Tamahashi N : Microautoradiographic study for the differentiation of intratumoral macrophages, granulation tissues and cancer cells by the dynamics of fluorine-18-fluorodeoxyglucose uptake. *J Nucl Med* 35 : 104, 1994
 20. Yamamoto T, Seino Y, Fukumoto H, Koh G, Yano H, Inagaki N, Yamada Y, Inoue K, Manabe T, Imura H : Over-expression of facilitative glucose transporter genes in human cancer. *Biochem Biophys Res Commun* 170 : 223, 1990
 21. Gambhir SS, Hoh CK, Phelps ME, Madar I, Maddahi J : Decision tree sensitivity analysis for cost-effectiveness of FDG-PET in the staging and management of non-small-cell lung carcinoma. *J Nucl Med* 37 : 1428, 1996
 22. Valk PE, Pounds TR, Hopkins DM, Haseman MK, Hofer GA, Greiss HB, Myers RW, Lutrin CL : Staging non-small cell lung cancer by whole-body positron emission tomographic imaging. *Ann Thorac Surg* 60 : 1573, 1995
 23. Scott WJ, Schwabe JL, Gupta NC, Dewan NA, Reeb SD, Sugimoto JT : Positron emission tomography of lung tumors and mediastinal lymph nodes using fluorodeoxyglucose. *Ann Thorac Surg* 58 : 698, 1994
 24. Wahl RL, Quint LE, Greenough RL, Meyer CR, White RI, Orringer MB : Staging of mediastinal non-small cell lung cancer with FDG PET, CT, and fusion images. *Radiology* 191 : 371, 1994
 25. Abe Y, Matsuzawa T, Fujiwara T, Itoh M, Fukuda H, Yamaguchi K, Kubota K, Hatazawa J, Tada M, Ido T, Watanuki S : Clinical assessment of therapeutic effects on cancer using F-

- 2-Fluoro-2-deoxy-D-glucose and positron emission tomography. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 19 : 1005, 1990
26. Inoue T, Kim EE, Komaki R, Wong FCL, Bassa P, Wong W, Yang DJ, Endo K, Podoloff DA : Detecting recurrent or residual lung cancer with FDG-PET. *J Nucl Med* 36 : 788, 1995
27. Frank A, Lefkowitz D, Jaeger A, Gobar L, Sunderland J, Gupta N, Scott W, Mailliard J, Lynch H, Bishop J, Thorpe P, Dewan N : Decision logic for retreatment of asymptomatic lung cancer recurrence based on positron emission tomography findings. *Int J Radiation Oncology Biol Phys.* 32 : 1495, 1995
28. Patz EF, Lowe VJ, Hoffman JM, Paine SS, Harris LK, Goodman PC : Persistent or Recurrent Bronchogenic Carcinoma : Detection with PET and 2-[F-18]-2-Deoxy-D-glucose. *Radiology* 191 : 379, 1994