

췌장의 악성 종양 진단에 대한 PET/CT의 유용성

성균관대학교 의과대학 내과학교실, 영상의학교실*, 혈의학교실[†]

박신실 · 이규택 · 이광혁 · 이종균 · 김성현* · 최준영[†] · 이종철

Diagnostic Usefulness of PET/CT for Pancreatic Malignancy

Sin Sil Park, M.D., Kyu Taek Lee, M.D., Kwang Hyuck Lee, M.D., Jong Kyun Lee, M.D., Seong Hyun Kim, M.D.* , Jun Young Choi, M.D.[†], and Jong Chul Rhee, M.D.

Departments of Medicine, Radiology and Nuclear Medicine[†], Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea*

Background/Aims: The purpose of this study was to evaluate the diagnostic usefulness of PET/CT for pancreatic malignancy. **Methods:** We retrospectively analyzed medical records of 115 patients with pathologically diagnosed pancreatic cancer between January 2003 to August 2008 who underwent abdominal CT and PET/CT examination before histological confirmation. CT and PET/CT images were reviewed in single-blinded status and diagnostic ability on primary pancreatic lesion, regional lymph node metastasis, and distant metastasis was evaluated. **Results:** 99 patients (86%) had malignant diseases including 91 cases of adenocarcinoma, and 16 patients (14%) benign diseases. Only CA 19-9 value and SUV were significantly different between PET/CT positive and negative groups ($p=0.001$, $p<0.001$). Sensitivity, specificity and positive predictive values (PPV) of both modality for pancreatic lesion were same (94%, 62%, and 95%, respectively), and negative predictive values (NPV) were 67% on CT and 57% on PET/CT. PET/CT correctly diagnosed 8 cases (6.9%) of falsely diagnosed pancreatic lesion on CT. Nine cases (15.7%) of misdiagnosed lymph node metastasis on CT were correctly diagnosed on PET/CT. But, there was no significant difference in the diagnosis of regional lymph node metastasis. 3 out of 29 cases of distant metastasis, except 2 cases of supraclavicular lymph node metastasis, were additionally diagnosed by PET/CT. But, overall sensitivity of distant metastasis was significantly higher in CT (83% vs 69%, $p=0.045$). **Conclusions:** Although PET/CT provided additional correct diagnoses in many cases, it showed fair diagnostic power for primary pancreatic lesion and lymph node metastasis, and lower sensitivity for distant metastasis. Therefore, PET/CT should be used as an supplementary modality of CT in diagnosing pancreatic malignancy. (**Korean J Gastroenterol 2009; 54:235-242**)

Key Words: PET/CT; Pancreatic neoplasm

접수: 2009년 2월 3일, 승인: 2009년 4월 5일
연락처: 이규택, 135-710, 서울시 강남구 일원동 50번지
성균관대학교 의과대학 내과학교실
Tel: (02) 3410-3409, Fax: (02) 3410-6983
E-mail: ktcool.lee@samsung.com

Correspondence to: Kyu Taek Lee, M.D.
Department of Medicine, Sungkyunkwan University School of Medicine, 50, Irwon-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-710, Korea
Tel: +82-2-3410-3409, Fax: +82-2-3410-6983
E-mail: ktcool.lee@samsung.com

서 론

췌장암은 우리나라에서 암으로 인한 사망 원인 중 5번째를 차지하고 있다. 이는 발견 당시 근치 절제 가능성이 아주 낮고 재발률이 높아 초기 진단과 치료가 매우 중요한 질환 중 하나이다.^{1,2} 췌장암의 영상 진단에는 초음파, 초음파내시경, 전산화단층촬영(computed tomography, CT) 및 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI) 등이 사용된다. 그러나 이러한 해부학적인 영상은 종양에 의한 형태 변화에 의존하고 있으며 이는 악성 종양만의 특성이 아니므로 종양과 주변 조직 간의 대조도가 낮은 경우 진단이 어렵다.³ 한편 양전자 방출 단층 촬영(positron emission tomography, PET)은 악성 종양세포에서 포도당 대사가 정상세포에 비해 현저히 증가되는 점을 이용한 검사 방법으로 일종의 기능 영상이라 할 수 있다. 췌장암의 진단에 있어 PET의 민감도는 71-92%, 특이도는 64-94%이며⁴⁻⁶ 진단, 병기결정 및 추적관찰에 매우 유용하다는 보고들이 있다.^{7,9} 그러나 PET 영상은 해부학 및 구조적인 정보가 매우 제한적이라는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 기능적인 영상인 PET에 CT를 이용한 해부학적인 영상을 접목시켜 더 정확하게 병변을 국소화 할 수 있는 PET/CT가 점차 널리 사용되고 있다. CT와 PET/CT의 췌장암 진단율에 대한 비교 결과는 매우 다양하다. Lemke 등은 CT와 PET/CT의 민감도를 각각 76.6%와 89.1%로, 특이도를 63.9%와 63.9%로 보고하였고,¹⁰ Heinrich 등은 민감도를 93%와 89%로, 특이도를 21%와 69%로 각각 보고하였다.⁸ 경우에 따라서는 CT의 민감도와 특이도를 97%와 80%로 높게 보고한 연구도 있었다.¹¹

그러나 국내에서는 췌장 악성 종양에서의 PET/CT의 진단율에 대한 연구가 없는 실정이다. 이에 본 연구자들은 CT와 PET/CT의 진단율 비교를 통해 췌장암 진단에 대한 PET/CT의 유용성에 대해 알아보기자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

이번 연구는 2003년 1월부터 2008년 8월 사이에 삼성서울병원에서 췌장에 악성 종양이 의심되어 복부 CT와 PET/CT를 촬영한 환자 중, 수술이나 생검을 통해 조직학적으로 진단이 확진된 환자를 대상으로 하였다. 이 중 총담관암, 팽대부암 및 십이지장암의 췌장 침범은 제외하였다. 해당 환자의 자료 수집과 분석은 후향 의무기록 검토를 통해 이루어졌다.

2. 방법

환자의 임상 특성에는 나이, 성별, 체질량지수, 종상 유무, 당뇨 유무 및 CT와 PET/CT 검사의 시간 간격이 포함되었다. 생화학 검사 중에서는 총 빌리루빈, 아밀라아제, 리파아제, CA 19-9 및 PET/CT 검사 당시 혈당치를 분석하였다. CT는 췌담도 분야의 영상의학과 전문의 한 명이 수술 결과나 PET/CT 검사 결과를 모르는 상태에서 모든 대상 환자에 대해 재판독하였고, 췌장 병변의 악성 정도, 국소 림프절 전이 및 원격전이 유무에 대해 평가하였다. 특히 췌장 병변의 악성 정도는 1에서 5까지 등급을 매기도록 하였고, 1은 양성일 가능성이 매우 높은 경우(benign), 2는 양성으로 추정되는 경우(probably benign), 3은 양성 혹은 악성의 진단이 애매한 경우(uncertain), 4는 악성으로 추정되는 경우(suspicious malignancy), 5는 악성의 가능성이 매우 높은 경우(malignancy)로 정의하였다.¹² 림프절 전이나 원격 전이의 경우 모두 조직학적으로 증명된 경우만 전이로 인정하였으며, 상쇄골림프절 전이나 폐상부 전이 등 복부 CT에서 포함되지 않는 부분의 전이는 진단율 비교 시 제외되었다.

PET/CT도 한 명의 핵의학과 전문의가 맹검 상태에서 재판독하였으며 표준섭취계수(standardized uptake value, SUV)에 따른 악성 여부와 림프절 전이 및 원격전이 유무에 대해 평가하였다. PET/CT 촬영에는 GEMS Discovery LS (Waukesha, WI)가 사용되었고 검사 방법은 다음과 같다. 8-10시간의 금식 후 촬영 60분 전에 혈당 검사를 하고, 체중당 0.2 mCi의 ¹⁸F-FDG를 주사한 후 60분이 지나면 조영 증강 없이 나선형 CT (3.75 mm slices)를 머리부터 대퇴부까지 3-4분간 촬영하고, 약 20분간 PET 검사를 시행하였다.

3. 통계분석

PET/CT 양성군과 악성군의 임상 특성 비교에는 Pearson

Table 1. Patients Characteristics

	Patients (n=115)
Mean age (range)	58 years (35-81)
Sex	
Female (%)	42 (36)
Male (%)	73 (64)
Mean BMI (range)	22 (15-30)
Symptomatic patients (%)	98 (85)
History of diabetes mellitus (%)	36 (31)
Mean time interval between CT and PET/CT (range)	11 days (0-60)

BMI, body mass index; CT, computed tomography; PET, positron emission tomography.

Chi-Square test와 Mann-Whitney test를 이용하였고, CT와 PET/CT 간의 진단율 비교에는 McNemar test를 이용하였다. p값은 0.05 이하인 경우에 유의하다고 판정하였다.

결 과

1. 대상 환자의 임상 특성과 병리 소견

대상 환자들은 모두 115명이었으며 평균 연령은 58세(범위 35-81)였고, 여자가 42명(36%), 남자가 73명(64%)이었다. 평균 체질량지수는 22(범위 15-30)였고, 복통, 황달 등의 증상이 있는 환자의 비율은 85%였다. 당뇨 환자의 비율은 31%였으며, CT와 PET/CT 검사 시간 간격은 평균 11일(0-60일)이었다(Table 1). 조직검사로 확진된 환자는 42명이었고 수술로 확진된 환자는 73명이었다. 병리 소견에서 악성 병

변은 췌장 선암종이 91예(77.7%)로 대부분을 차지했고 그 밖에 악성 내분비암 7예(6%)와 PNET (primitive neuroectodermal tumor)가 1예 있었다. 양성 병변은 장액낭선종 3예와 만성 췌장염을 포함한 염증 6예를 포함하여 16예(14%)가 있었다(Table 2).

Table 3. Clinical Characteristics and Laboratory Findings according to the PET Results

	PET benign (n=15)	PET malignant (n=100)	p-value
Age (range)	59 years (43-68)	58 years (35-77)	0.957
Female (%)	6 (40%)	36 (36%)	0.764*
BMI \pm SD	22 \pm 2.7	23 \pm 2.8	0.340
Symptomatic patients (%)	11 (73%)	87 (87%)	0.164*
History of diabetes mellitus (%)	4 (27%)	32 (32%)	0.678*
Glucose level (mg/dL) \pm SD	96 \pm 25	113 \pm 36	0.084
Total bilirubin (mg/dL) \pm SD	1.1 \pm 1.6	3 \pm 4.5	0.062
Amylase (U/L) \pm SD	72 \pm 37	130 \pm 84	0.668
Lipase (U/L) \pm SD	132 \pm 340	174 \pm 345	0.172
Median CA 19-9 (U/mL), range	13 (2-45)	135 (0.5-84,110)	0.002
Size (cm) \pm SD	3.2 \pm 1.4	3.7 \pm 2	0.709
Mean SUV \pm SD	2.2 \pm 1.4	7.5 \pm 5.7	<0.001

Table 2. Histopathologic Results

Results	n (%)
Malignant	99 (86)
Adenocarcinoma	91
Endocrine carcinoma	7
PNET*	1
Benign	16 (14)
Serous cystadenoma	3
SPEN†	1
PanIN‡	2
Endocrine tumor	2
Desmoid tumor	1
Inflammation§	7

* Primitive neuroectodermal tumor.

† Solid pseudopapillary tumor.

‡ Pancreatic intraepithelial lesion 1.

§ Chronic pancreatitis, reactive lymph node.

PET, positron emission tomography; SD, standard deviation; SUV, standardized uptake value.

* Pearson Chi-Square test.

Mann-Whitney test to the other parameters.

Table 4. Diagnostic Factors of CT and PET/CT

	Pancreas lesion* (n=99/112)			LN metastasis† (n=37/57)			Distant metastasis† (n=29/87)		
	CT	PET/CT	p	CT	PET/CT	p	CT	PET/CT	p
Sensitivity (%)	94	94	NS	41	22	0.070	83	69	0.045
Specificity (%)	62	62	NS	55	75	0.102	93	91	NS
PPV (%)	95	95	NS	63	62	NS	86	80	NS
NPV (%)	67	57	NS	33	34	NS	92	85	0.051
Accuracy (%)	92	90	NS	46	40	NS	90	84	NS

NS, not significant; PPV, positive predictive value; NPV, negative predictive value; CT, computed tomography; LN, lymph node.

* Exclude CT score 3 (n=3).

† Malignancy cases underwent surgery.

‡ Include liver, ovary, stomach, peritonium, lung base; exclude SCN metastasis (2 cases).

2. PET/CT와 CT 재판독 결과 비교

환자를 PET/CT 양성군과 악성군으로 나누어 비교한 결과는 Table 3과 같다. PET/CT 양성군은 15명, 악성군은 100명이었다. 이들 두 군의 임상 특징을 비교해 보면 나이, 성비, 체질량지수, 증상 유무, 당뇨 유무, 공복 혈당치, 빌리루빈, 아밀라아제 및 리파아제 값에서는 통계적으로 차이가 없었

으며, CA 19-9 ($p=0.002$)과 SUV ($p<0.001$)에서만 유의한 차이가 있었다.

CT와 PET/CT의 췌장 병변, 림프절 전이 및 원격전이에 대한 진단율은 Table 4와 같다. 췌장 병변에 대한 CT와 PET/CT의 민감도, 특이도, 양성예측도는 94%, 62%, 95%로 동일하였으며, 음성예측도 및 정확도는 각각 67%, 92% 및 57%, 90%로 큰 차이가 없었다. 림프절 전이의 진단은 병리

Table 5. Patients with Falsely Diagnosed Cases in CT

No.	Age/Sex	Symptom	CA 19-9	SUV	CT score	Pathology	PET/CT
False negative							
1	63/M	+	77	6.4	1	Adenocarcinoma	Malignant
2	68/M	+	708	6.3	1	Adenocarcinoma	Malignant
3	50/M	+	241	5	2	Adenocarcinoma	Malignant
4	60/M	+	84	3.5	2	Adenocarcinoma	Malignant
False positive							
1	66/M	+	5	0	4	Desmoid tumor	Benign
2	68/M	+	3	0	4	Pseudocyst	Benign
3	62/M	-	6	5.8	4	Pseudocyst	Malignant
4	45/M	+	8	2.2	5	PanIN 1	Benign
5	63/M	+	1,133	5.8	5	Reactive LN	Malignant
CT score 3							
1	43/F	-	17	3.9	3	SPEN	Benign
2	68/F	+	31	4.4	3	PanIN 1	Malignant
3	57/F	-	0.5	43	3	Endocrine tumor	Malignant

M, male; F, female; SUV, standardized uptake value; CT, computed tomography; SPEN, solitary pseudopapillary tumor.

Table 6. Patients with Falsely Diagnosed Cases in PET/CT

No.	Age/Sex	Symptom	CA 19-9	SUV	PET/CT	Pathology	CT score
False negative							
1	81/M	-	65	.	Benign	Adenocarcinoma	4
2	61/M	+	429	4	Benign	Adenocarcinoma*	5
3	59/M	+	45	3	Benign	Adenocarcinoma*	5
4	56/M	+	10	3	Benign	Adenocarcinoma	5
5	68/F	+	30	.	Benign	Adenocarcinoma*	5
6	55/M	+	7.7	.	Benign	Adenocarcinoma	5
False positive							
1	68/F	+	31	4.4	Malignant	PanIN 1	3
2	57/F	-	0.5	43	Malignant	Endocrine tumor	3
3	45/M	+	254	4.8	Malignant	Chronic pancreatitis	1
4	69/M	+	56	4.5	Malignant	Autoimmune pancreatitis	1
5	69/M	-	267	4.4	Malignant	Autoimmune pancreatitis	2
6	62/M	-	6.2	5.8	Malignant	Chronic pancreatitis	4
7	63/M	+	1,133	5.8	Malignant	Chronic pancreatitis	5

M, male; F, female; SUV, standardized uptake value; PET, positron emission tomography; CT, computed tomography; PanIN, pancreatic intraepithelial neoplasm.

* Inoperable cases due to LN metastasis and local invasion or liver metastasis;

In three cases of outside PET/CT images, SUV was uncheckable.

Table 7. Additional Findings of CT and PET/CT

	CT (n)	PET/CT (n)
Pancreas lesion	9	8
LN metastasis	12	9
Distant metastasis	8	5*
Double primary ca.	0	2†
Total	29	24

CT, computed tomography; PET, positron emission tomography; LN, lymph node; ca, cancer; SCN, supraclavicular lymph node.

* Including 2 cases of SCN metastasis.

† 2 cases of thyroid cancer.

검사에서 악성으로 진단된 환자 중 수술로 림프절 전이가 확진된 환자 57명을 대상으로 분석하였다. 전체적인 림프절 전이 진단율은 CT나 PET/CT 모두 낮았다. 그중 민감도는 CT가 더 높았고, 특이도는 PET/CT가 더 높았으나 유의한 차이는 없었다. 병리 결과 악성으로 진단된 환자 중 전이 유무가 불확실한 경우를 제외한 87명을 분석한 결과, 전반적으로 PET/CT보다 CT의 원격전이 진단율이 더 높았고, 특히 민감도는 유의한 차이를 보였다.

CT에서 췌장 병변을 오진하거나 진단이 애매했던 경우는 12예였고(Table 5), PET/CT에서 오진한 경우는 13예였다(Table 6). CT 위음성은 4예로 PET/CT에서는 이들 모두에 대해 악성으로 진단하였다. CT 위양성은 5예였는데 이 중 3예는 PET/CT에서 양성 병변으로 진단하였고, 2예는 악성으로 진단하였다. CT 등급 3으로 양성과 악성의 구분이 애매한 경우는 3예 있었고 병리 결과 모두 양성 병변이었다. 이에 대해 PET/CT는 1예를 양성 병변으로, 2예를 악성 병변으로 판독하였다(Table 5). PET/CT 결과 위음성은 6예였고 이들 모두 CT에서는 악성으로 판독되었다. 더욱이 이들 중 3예는 림프절 전이와 원격전이로 완전 절제가 불가능할 정도로 진행된 상태였다. PET/CT에서 위양성은 7예였으며 이 중 2예는 양성 내분비 종양과 췌장상피 내 형성이상이었고 이들의 CT 등급은 모두 3이었다. 나머지 5예는 병리 결과 모두 췌장염이었으며 이 중 2예는 CT에서도 악성이었으나, 3예는 양성으로 올바르게 진단하였다(Table 6).

Table 7은 CT와 PET/CT가 상대 진단방법에 비해 더 정확하게 진단한 건수를 나타낸다. 췌장 병변의 진단에 있어 CT는 PET/CT에서 오진한 9예에 대해 올바르게 진단하였고 PET/CT는 CT에서 오진했거나 애매한 결과를 보였던 8예에 대해 올바른 진단을 내렸다. PET/CT를 통해 올바르게 진단된 원격전이는 2예의 상쇄골림프절 전이를 포함한 5예였으며, 2예의 갑상선암이 PET/CT에서 추가로 진단되었다.

췌장 악성 종양(n=99) 환자 중 분화도를 알 수 없는 34명을 제외하면 고분화형이 11예, 중등도 분화형이 34예, 저분

화형이 20예였고 각각의 SUV 중위수는 5.6, 5.5, 6.7로 세 군 간에 유의한 차이는 없었다($p=0.788$, Kruskal Wallis test). 상관관계 분석에서도 분화도와 SUV 간에는 상관성이 없는 것으로 나왔다(Spearman's rho, 상관계수=0.076, $p=0.583$)

고 찰

PET/CT는 병변을 기능, 해부학적으로 평가함으로써, 좀 더 작은 병변을 발견하고, 수술 절제의 범위를 더 정확하게 평가하는 데 도움이 된다. 또한 CT에서 포함되지 않는 부위의 원격 전이를 진단하여 불필요한 수술을 피하도록 하는데 추가적인 이득을 얻을 수 있다. 췌장 종괴의 감별 진단에 있어 PET/CT는 비침습적이고 민감도가 높은 검사이다. 그러나 종괴를 형성하는 만성 췌장염이 있거나 CRP가 높은 경우 위양성이 나올 수 있고, PET/CT 검사 전 혈당이 높은 경우(>130 mg/dL) 혹은 2 cm 이하의 작은 암의 경우에는 위음성이 나올 수 있다.¹³⁻¹⁶

이번 연구에서도 PET/CT 위양성 환자 7예 중 5예에서 췌장염 소견을 보여 췌장염이 있는 경우 위양성률이 높아짐을 알 수 있었다. 위음성 환자의 경우, 6명 중 한 명은 공복 혈당치가 149 mg/dL로 높아서 위음성이 나올 수 있었으나 나머지 5명은 공복 혈당치가 130 mg/dL 이하였다. 더구나 이들 중 세 환자의 수술 소견이 림프절 전이와 국소 침윤으로 완전 절제가 불가능한 상태였음에도 불구하고 PET/CT에서 음성으로 판독된 점은 주목할 만하다. 즉, PET/CT의 양성예측도가 95%로 매우 높은 것에 비해 음성예측도는 57%로 매우 낮아 PET/CT 소견만을 가지고 췌장암을 배제하기는 어려울 것으로 보인다.⁸

조직의 포도당 섭취는 SUV에 의해 정량적으로 측정할 수 있고, 이 SUV값에 기초하여 양성과 악성 병변을 감별한다. 췌장 악성 병변 감별의 SUV 경계값에 대하여는 다양한 보고들이 있다. Lemke 등¹⁰은 경계값을 3.5로 보고한 반면 Koyama 등¹⁷은 2.1로 보고하였다. 그러나 Zimny 등¹⁵은 악성 병변을 6.4 ± 3.6 , 양성 병변은 3.4 ± 1.7 로 보고하였고, Berberat 등¹⁸은 악성의 경우 평균 3.09, 염증은 0.87로 보고하였다. 그 외 여러 연구들에서 경계값은 1.53-3.5, 즉, 2 부근으로 보고되고 있다.^{6,19,20} 이처럼 악성과 양성 병변의 경계값을 명확하게 정하지 못하는 이유는 췌장의 염증과 악성 변화가 실제로 겹쳐서 일어나는 경우가 있고, 기관마다 검사 방법이 다르기 때문이다.¹⁰ 이번 연구에서는 양성 병변의 SUV 중위수가 3.6, 악성 병변의 SUV 중위수가 6.1로 양성과 악성 간 SUV에 유의한 차이가 있었다($p<0.001$, Mann-Whitney test). SUV의 ROC 분석에서는 악성과 양성의 경계값이 4.85일 때 민감도 73.8%, 특이도 82.2%로 가장 이상적이었다. 이번 연구에서는 SUV가 4.85 이하였으나 악성 병변으로 판독했던

경우가 23예 있었고, 이 중 19예는 병리 검사에서도 악성이었다. SUV가 4.85 이상인 경우에는 모두 악성으로 진단하였고 이 중 3예는 병리 검사에서 양성이었다. 이렇듯 특정한 경계값을 기준으로 악성과 양성을 판단하지 않고, SUV 및 판독자의 주관에 따라 진단한 결과, 이번 연구에서 췌장 병변에 대한 PET/CT의 민감도는 94%, 특이도는 62%였다.

조직 분화도에 따른 SUV 분석에서는 세 군 간에 유의한 차이는 없었다($p=0.893$). 총 6예의 위음성 중, 2예는 중등도 분화도를 보인 선암종이었고 1예는 미분화 선암종이었으며 나머지 3예는 조직형을 알 수 없었다. Koyama 등도 분화도에 따라 SUV에 차이가 없는 것으로 보고하였다.¹⁷ 한편 SUV가 조직 분화도와는 관련이 없지만, 두경부 종양에서 증식능(proliferative index)과 연관이 있다는 보고도 있었다.²¹

일반적으로 림프절 전이 진단에 있어 PET/CT나 CT 모두 진단율이 낮은 것으로 알려져 있으며 이번 연구에서도 역시 낮은 진단율을 보였다. PET과 CT의 림프절 전이 민감도를 비교한 연구에서는, N1 림프절에 대해서는 CT가 PET보다 예민하고 특이도는 PET이 더 높은 경향을 보인다고 보고하였다.^{3,22} Lemke 등은 국소 전이와 원격 전이를 포함해서 PET/CT의 림프절 전이 진단의 민감도를 32.3%, 특이도를 75%, 양성·음성 예측률을 각각 71.4%와 36.4%로 보고하였다. 이를 CT 및 PET과 비교했을 때 진단율에 유의한 차이는 없었으나, PET/CT를 통해 림프절 전이 2예를 추가로 진단할 수 있었다.¹⁰ 국소 림프절 전이의 경우 CT와 PET/CT의 민감도, 특이도는 각각 41%, 55% 및 22%, 75%로, 민감도에서는 CT가, 특이도에서는 PET/CT가 좀 더 우월했으나 모두 통계적으로 유의하지는 않았다. 이처럼 림프절 전이의 진단율이 낮은 이유는 대부분의 국소 림프절 전이가 췌장 주변에 위치해서 췌장 종양과의 감별이 어렵고, 특히 크기가 작은 경우는 양성과 악성의 감별이 어렵기 때문이다.¹⁰

Heinrich 등은 췌장암의 원격전이에 대한 PET/CT의 민감도, 특이도를 각각 81%, 100%로 보고하였으며 이는 CT를 포함한 기존 방법의 진단율에 비해 높았다.⁸ Saif 등도 원격 전이에 대한 민감도와 특이도를 PET/CT 100%, 80% 및 CT 92%, 25%로 보고하였다.²³ 이번 연구에서도 PET/CT를 통해 5건의 원격전이와 2건의 갑상선암이 추가로 진단되었으나 추가로 진단된 원격전이 중 2건은 복부 CT에서 포함할 수 없는 상쇄골림프절 전이였으며 이를 포함한다 하더라도 전체적인 원격전이 진단율은 기존의 보고들과는 달리 CT가 더 높았다.

이번 연구에서 PET/CT와 CT 간 악성 병변의 주변 조직 및 혈관 침범에 대한 비교를 시행하지 않은 이유는 PET/CT 검사 시 조영 증강을 하지 않아서 해부학적인 구조에 대한 정보가 부족했기 때문이다. Michl 등도 조영 증강을 하지 않는 경우 PET/CT가 다른 검사에 비해 이점이 없어서 원발암

의 병기결정에는 비용 대비 효과가 적다고 주장했다.¹³ 최근 한 연구에서는 30명의 암 환자들을 대상으로 PET/CT에 조영제를 사용하여 영상을 얻은 결과 진단율이 상당 부분 향상된 것을 보고하였다.^{24,25} 이러한 점에서 조영 증강 CT와 PET을 결합시킨 검사가 검사 시간과 비용을 단축시키고, 여러 가지 검사에 따른 번거로움을 줄이는 한편, 더 높은 진단율을 얻을 수 있는 방법으로 기대를 모으고 있다.²⁶

이번 연구의 제한점은 첫째, 조직학적으로 확진된 환자만을 대상으로 분석하였기 때문에 상대적으로 양성병변 예가 적었던 점, 둘째, 후향 연구이므로 환자들의 CT 프로토콜이나 CT와 PET/CT 시행 간격 등이 통제되지 않은 점, 셋째, 원격 전이를 평가할 때 조직학적으로 확진된 경우만 포함하고 영상으로 추적관찰한 경우는 제외하였으며, 전이가 의심되는 병소별로 평가하지 않고 전체적인 전이 유무만을 평가하여 원격전이에 대한 평가가 다소 불충분했다는 점이다.

결론으로, 이번 연구에서 PET/CT는 췌장 병변의 악성 여부 감별, 국소림프절 전이 및 원격전이의 진단에 있어 일부 경우에 추가적인 이득이 있었으나, CT에 비해 통계적으로 우월한 점이 없었고 비슷한 진단율을 보였다. 따라서 PET/CT는 췌장암의 진단에 보조적인 진단 방법으로 사용하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 그러나 상기 제한점들로 인해 PET/CT의 유용성을 충분히 평가하는 데에는 한계가 있어서 향후 대규모의 전향 연구가 필요할 것으로 생각한다.

요약

목적: 이번 연구에서는 췌장 악성 종양의 진단에 있어 최근 그 사용이 증가되고 있는 PET/CT의 유용성에 대해 알아보자 하였다. **대상 및 방법:** 2003년 1월부터 2008년 8월 까지 췌장의 악성종양이 의심되어 수술 혹은 조직검사를 받은 환자 중 그 전에 췌장 CT와 PET/CT를 촬영한 115명의 환자를 후향 분석하였다. CT와 PET/CT를 맹검 상태에서 재판독하였고, 췌장 병변의 악성 여부, 림프절 전이 및 원격 전이에 대한 진단율을 비교하였다. **결과:** 전체 115명 중, 병리 검사 악성은 선암 91명을 포함하여 99명(86%)이었고, 양성은 16명이었다. PET/CT 양성군과 악성군의 비교에서는 CA 19-9와 SUV만 양 군 간에 유의한 차이를 보였다 ($p=0.001$, $p<0.001$). CT와 PET/CT의 췌장암 진단에 대한 민감도, 특이도, 양성예측도는 94%, 62%, 95%로 같았고, 음성예측도는 CT가 67%, PET/CT가 57%였다. PET/CT가 췌장 병변의 진단에 추가로 도움을 준 경우는 8예(6.9%)였다. 림프절 전이 진단에 있어서는 CT에서 오진한 림프절 전이 9예(15.7%)를 PET/CT에서 정확하게 진단하였다. 그러나 림프절 전이의 민감도와 특이도는(n=57) 두 진단 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 원격전이 진단에 있어

PET/CT는 2예의 상쇄골립프절 전이를 제외한 3예의 원격전이를 추가로 진단하였으나 전체적인 민감도는 PET/CT 69%, CT 83%로 CT가 유의하게 높았다($p=0.045$). 결론: PET/CT의 진단이 CT보다 정확한 경우가 상당수 있었으나, 췌장 병변의 악성 여부 감별과 국소 림프절 전이 진단에 있어서는 CT와 비슷한 진단율을 보였고, 원격 전이의 민감도에 있어서는 CT보다 낮은 성적을 보였다. 따라서 PET/CT는 췌장의 악성 병변 진단에 있어 CT의 보조적인 진단 방법으로 사용하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

색인단어: PET/CT, 췌장종양

참고문헌

1. Kim CY. Digestive disease. 2nd ed. Seoul: Iljogak, 2005: 1007-1023.
2. Tann M, Sandrasegaran K, Jennings SG, Skandarajah A, McHenry L, Schmidt CM. Positron-emission tomography and computed tomography of cystic pancreatic masses. Clin Radiol 2007;62:745-751.
3. Yun M. Roles of F-18 FDG PET or PET/CT for the evaluation of gastrointestinal malignancies. Korean J Gastroenterol 2006;48:378-387.
4. Sendler A, Avril N, Helmberger H, et al. Preoperative evaluation of pancreatic masses with positron emission tomography using 18F-fluorodeoxyglucose: diagnostic limitations. World J Surg 2000;24:1121-1129.
5. Rose DM, Delbeke D, Beauchamp RD, et al. 18Fluorodeoxyglucose-positron emission tomography in the management of patients with suspected pancreatic cancer. Ann Surg 1999;229:729-737.
6. Friess H, Langhans J, Ebert M, et al. Diagnosis of pancreatic cancer by 2[18F]-fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography. Gut 1995;36:771-777.
7. Orlando LA, Kulasingam SL, Matchar DB. Meta-analysis: the detection of pancreatic malignancy with positron emission tomography. Aliment Pharmacol Ther 2004;20:1063-1070.
8. Heinrich S, Goerres GW, Schafer M, et al. Positron emission tomography/computed tomography influences on the management of resectable pancreatic cancer and its cost-effectiveness. Ann Surg 2005;242:235-243.
9. Ruf J, Lopez Hanninen E, Oettle H, et al. Detection of recurrent pancreatic cancer: comparison of FDG-PET with CT/MRI. Pancreatology 2005;5:266-272.
10. Lemke AJ, Niehues SM, Hosten N, et al. Retrospective digital image fusion of multidetector CT and 18F-FDG PET: clinical value in pancreatic lesions--a prospective study with 104 patients. J Nucl Med 2004;45:1279-1286.
11. Catalano C, Laghi A, Fraioli F, et al. Pancreatic carcinoma: the role of high-resolution multislice spiral CT in the diagnosis and assessment of resectability. Eur Radiol 2003;13: 149-156.
12. Mansour JC, Schwartz L, Pandit-Taskar N, et al. The utility of F-18 fluorodeoxyglucose whole body PET imaging for determining malignancy in cystic lesions of the pancreas. J Gastrointest Surg 2006;10:1354-1360.
13. Michl P, Pauls S, Gress TM. Evidence-based diagnosis and staging of pancreatic cancer. Best Pract Res Clin Gastroenterol 2006;20:227-251.
14. Diederichs CG, Staib L, Glatting G, Beger HG, Reske SN. FDG PET: elevated plasma glucose reduces both uptake and detection rate of pancreatic malignancies. J Nucl Med 1998;39:1030-1033.
15. Zimny M, Bares R, Fass J, et al. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the differential diagnosis of pancreatic carcinoma: a report of 106 cases. Eur J Nucl Med 1997;24:678-682.
16. Lindholm P, Minn H, Leskinen-Kallio S, Bergman J, Ruotsalainen U, Joensuu H. Influence of the blood glucose concentration on FDG uptake in cancer--a PET study. J Nucl Med 1993;34:1-6.
17. Koyama K, Okamura T, Kawabe J, et al. Diagnostic usefulness of FDG PET for pancreatic mass lesions. Ann Nucl Med 2001;15:217-224.
18. Berberat P, Friess H, Kashiwagi M, Beger HG, Buchler MW. Diagnosis and staging of pancreatic cancer by positron emission tomography. World J Surg 1999;23:882-887.
19. Stollfuss JC, Glatting G, Friess H, Kocher F, Berger HG, Reske SN. 2-(fluorine-18)-fluoro-2-deoxy-D-glucose PET in detection of pancreatic cancer: value of quantitative image interpretation. Radiology 1995;195:339-344.
20. Bares R, Klever P, Hauptmann S, et al. F-18 fluorodeoxyglucose PET in vivo evaluation of pancreatic glucose metabolism for detection of pancreatic cancer. Radiology 1994;192: 79-86.
21. Reisser C, Haberkorn U, Strauss LG. The relevance of positron emission tomography for the diagnosis and treatment of head and neck tumors. J Otolaryngol 1993;22:231-238.
22. Yun M, Lim JS, Noh SH, et al. Lymph node staging of gastric cancer using (18)F-FDG PET: a comparison study with CT. J Nucl Med 2005;46:1582-1588.
23. Saif MW, Cornfeld D, Modarresifar H, Ojha B. 18F-FDG positron emission tomography CT (FDG PET-CT) in the

- management of pancreatic cancer: initial experience in 12 patients. *J Gastrointestin Liver Dis* 2008;17:173-178.
24. Antoch G, Freudenberg LS, Stattaus J, et al. Whole-body positron emission tomography-CT: optimized CT using oral and IV contrast materials. *AJR Am J Roentgenol* 2002;179: 1555-1560.
25. Antoch G, Freudenberg LS, Egelhof T, et al. Focal tracer uptake: a potential artifact in contrast-enhanced dual-modality PET/CT scans. *J Nucl Med* 2002;43:1339-1342.
26. Messa C, Bettinardi V, Picchio M, et al. PET/CT in diagnostic oncology. *Q J Nucl Med Mol Imaging* 2004;48:66-75.