

소화기 암에서 PET의 임상적 의의

원자력병원 핵의학과
최창운

Clinical Application of PET in Abdominal Cancers

Chang Woon Choi, M.D. & Ph.D.,
Department of Nuclear Medicine,
Korea Cancer Center Hospital, Seoul, Korea

Abstract

Clinical application of positron emission tomography (PET) is rapidly increasing for the detection and staging of cancer at whole-body studies performed with the glucose analogue tracer 2-[fluorine-18]fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG). Although FDG PET cannot match the anatomic resolution of conventional imaging techniques in the liver and the other abdominal organs, it is particularly useful for identification and characterization of the entire body simultaneously. FDG PET can show foci of metastatic disease that may not be apparent at conventional anatomic imaging and can aid in the characterizing of indeterminate soft-tissue masses. Most abdominal cancer requires surgical management. FDG PET can improve the selection of patients for surgical treatment and thereby reduce the morbidity and mortality associated with inappropriate surgery. FDG PET is also useful for the early detection of recurrence and the monitoring of therapeutic effect. The abdominal cancers, such as gastroesophageal cancer, colorectal cancer, liver cancer and pancreatic cancer, are common malignancies in Korea, and PET is one of the most promising and useful methodologies for the management of abdominal cancers. (Korean J Nucl Med 2002;36:39-45)

key words : abdominal cancers, PET

서 론

양전자 방출 단층촬영 (positron emission tomography, 이하 PET로 약함)은 역사적으로 1990년 전 까지 뇌와 심장의 대사 연구가 주로 시행되었으나, 1990년 이후 PET로 전신영상 획득이 용이하

게 되어 이후 종양 연구가 급속히 증가되었다.^{1,2)} 정상 세포에서 암세포로 변화되는 과정에서 많은 세포의 대사과정이 변화되며 특히 DNA합성 증가, 단백질 합성 증가 및 아미노산 이용 증가, 포도당 대사 증가가 특징적으로 관찰된다. 이러한 대사 변화는 적절한 양전자 방출 동위원소 표지화합물을 이용하여 정상세포 (조직)와 암세포의 섭취정도 차이를 비교 측정할 수 있다. 종양에서 PET는 종양의 치료 전이나 치료 후 환자의 정확한 상태를 평가하기에 유용하다. 기본적으로 PET는 종양의 악성도 평가, 예후 평가, 병기 결정 및 치료 방침 결정, 치료 효과 조기 판정, 재발 여부 평가 등에 이용되고 있

Received Feb. 19, 2002; accepted Feb. 19, 2002
Corresponding author : Chang Woon Choi M.D. & Ph.D.,
Laboratory of Cyclotron Application, Korea Cancer Center
Hospital, 215-4 Gongleung-Dong, Nowon-Gu, Seoul,
139-706, Korea
Tel : 02-970-1341, Fax : 02-970-1341
E-mail : cwchoi@kcchsun.kcch.re.kr

다.³⁻⁵⁾

임상 종양학 분야에서 가장 널리 쓰이는 양전자 방출 동위원소 표지화합물은 [F-18]-fluorodeoxyglucose (FDG)이며, FDG는 핵의학 분야에서 '20세기에 발견된 최고의 물질' (molecule of the century)로 평가받고 있다. FDG이외에 C-11-methionine, C-11-leucine 등 아미노산과 thymidine 등 핵산 유도체가 이용되거나 아직 연구용으로 이용되며, 임상에서 널리 이용되지는 못하고 있다.

소화기 암에 대한 PET 연구는 국가나 지역 별로 빈발하는 암의 종류에 따라 연구 대상이 크게 다른 점이 특징적이다. 미국과 유럽의 경우 대장암을 중심으로 많은 연구가 진행되고 상대적으로 위암이나 간암의 경우는 연구가 많이 진행되지 못하였다. 이에 반하여 우리 나라의 경우 1994년 PET가 도입된 이후 종양학 분야에 FDG-PET이 가장 많이 이용되고 있으며, 위암과 간암이 많으므로 이에 관한 연구가 진행되고 있다. 이 글에서는 소화기 암에 대한 FDG-PET를 중심으로 임상적 의의와 국내에서 진행하였던 연구를 기술하였다.

간 암

여러 가지 간 병변에 대한 PET 연구는 국내외를 막론하고 아직 많이 보고되고 있지 않은 실정이다. Delbecke 등⁶⁾은 각종 양성 및 악성 간 병변에 대한 PET 영상을 분석하여 양자 간에 어떤 차이가 있는지, 그리고 어떤 종류의 간종양에서 PET가 병기 결정, 재발 포착, 치료 반응 평가에 도움이 되는지를 연구하였다. 110명의 환자를 분석한 결과 간의 전이암 환자 전원(66명) 및 담관세포암 환자 전원(8명)에서 섭취 증가 소견을 보였으며, 병변 대 정상간 방사능 비 (lesion-to-normal liver background (L/B) ratio of radioactivity)는 2 이상이었다. 간세포암 환자는 70%(16/23)에서 섭취 증가 소견을 보였으며, 30%(7/23)는 섭취가 좋지 않았다. 선종(adenoma)이나 섬유결절형 과증식(fibronodular hyperplasia)은 섭취가 좋지 않았지만, 간농양 3예 중 1예는 현저한 섭취를 보였다. 따라서 PET는 양성 종양과 악성 종양을 감별하는 데 유용하며, PET 영상에서 높은 FDG 섭취 소견을 보이는 병변이 악성병변이라고

가정할 경우 간농양은 위양성을 초래할 수 있고, 일부 간세포암은 위음성을 초래할 수 있다고 하였다. 그리고 PET는 전이성간암, 담관세포암, 상당수의 간세포암에서 병기 결정, 재발 병변의 포착, 치료반응의 평가 수단으로 유용하다고 하였다.

Goldberg 등⁷⁾은 각종 복부 종양의 PET 영상을 분석하였는데, 간의 전이암 19예, 원발성간암 2예를 대상으로 하였다. 간의 전이암들은 PET 영상에서 매우 두드러지게 나타난 반면, 분화가 좋은 원발성간암 2예는 FDG 섭취가 두드러지지 않았다. PET는 치료후 반응을 평가하는 데 유용하며, 분화가 좋은 간암을 찾아내지 못할 수 있고, 염증성 병변들이 FDG 섭취의 증가 소견을 보일 수 있다고 보고하고 있다.

Trojan 등⁸⁾은 간세포암에 대한 PET 영상을 분석하였는데, 간세포암 환자 14명을 대상으로 하였다. 7명(50%)에서는 섭취 증가 소견을 보였고, 나머지 환자에서는 주변 간과 구분이 되지 않았다. 병변이 크고 alpha-fetoprotein 치가 높을수록 FDG 섭취가 높은 경향이 있으며, 분화도가 나쁜 암에서 섭취 증가 소견이 잘 나타나는 반면(88%; 7/8), 분화도가 좋은 암에서는 섭취가 별로 없었다(0%; 0/6). 따라서 간세포암의 진단에 있어 PET의 예민도는 높지 않지만, 분화도가 나쁜 암이나, 5 cm 이상으로 크기가 큰 경우, alpha-fetoprotein 치가 높은 경우는 예민도가 높아진다고 보고하고 있다.

간의 전이암에 대한 FDG-PET의 보고로서 Yasuda 등⁹⁾은 대장암의 간전이에 대한 PET 소견을 연구하였으며, 8명의 환자에서 11개의 간전이 병변을 분석하여 병변의 포착율은 초음파검사가 73%(8/11), CT가 73%(8/11), PET가 81%(9/11)로서 PET의 진단능이 우수하다고 하였다. 그러나 미세한 간전이 병변은 PET에서 발견되지 않는다고 하였다. Frolich 등¹⁰⁾은 췌장암의 간전이 PET 소견을 분석하였는데, PET의 예민도는 68%(15/22)이며, 특히 1 cm 이상의 크기일 경우 예민도는 97%(28/29), 1 cm 이하에서는 43%(16/37)로 차이가 난다고 하였다. 특이도는 95%(138/146)으로 우수하였다. 그리고 위양성이 나타난 8예 중 6예는 간내 담즙 울체 때문이었고, 1예는 간농양, 1예는 폐전이 병변 때문이라고

보고하였다.

한 등¹¹⁾은 간병변이 있는 환자 53명의 PET 영상을 비교분석 하였다. 대상 환자의 질병 분포는 간세포암 13명, 담관세포암 8명, 전이암 20명, 간혈관종 5명, 간농양 7명(간 캔디다증 1명 포함)이었다. 간세포암은 다양한 FDG 섭취조건을 보여 13예 중 7예에서 주변 간 섭취보다 표준섭취계수가 2배 이상인 현저한 FDG 섭취 조건을 보임으로써(54%) 간세포암의 진단에는 상대적으로 PET의 효용성이 떨어짐을 알 수 있었다. 반면 담관세포암(100%), 전이암(95%), 간농양(100%)에서는 거의 대부분 현저한 FDG 섭취 조건이 관찰되어 이들 질환의 진단에 PET가 매우 유용함을 알 수 있었다(Table 1). 특히 담관세포암 및 전이암은 뚜렷한 PET 영상을 보이는 경우가 많아 재발 병변의 발견이나 치료 후 효과 관정에 PET가 유용한 도구로 사용될 수 있음을 알 수 있었다. 전이암 중 CT에서 보이는 병변이 PET에서 발견되지 않은 경우는 전립선암 환자 1예뿐이었다. 간농양 및 간 캔디다증과 같은 양성 병변에서도 PET 영상이 뚜렷하게 나타나, PET에서 진한 영상으로 보이는 병변이라고 해서 반드시 악성병변은 아님을 알 수 있었다. 혈관종은 동적영상에서 초기에는 결손 병변으로 나타났다가 시간이 경과하면서 섭취가 증가하여 결국 주변 간과 비슷해지는 특징을 보였는데, 이러한 조건은 간혈관종의 진단에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단된다. 최근 간암

치료 후 효과를 PET로 판정하려는 연구가 진행 중이다(Fig 1).

기존 보고를 종합하면 FDG-PET는 간세포암의 진단 능력은 다소 떨어지지만, 간의 전이암이나 담관세포암에 대해서는 진단 능력이 우수하며, PET 영상에서 높은 FDG 섭취조건을 보이는 병변이 악성병변이라고 가정할 경우 간농양이 위양성을, 그리고 일부 간세포암이 위음성을 초래할 수 있다. 그리고 전이성간암, 담관세포암, 상당수의 간세포암에서 병기 결정, 재발 병변의 포착, 치료반응의 평가 수단으로 유용한 것으로 보고되어 있다.

대장암

대장암은 미국 등 유럽 여러 나라에 많은 암으로 FDG-PET의 유용성에 관한 연구가 진행되었다. 특히 대장암 환자의 경우 병기 평가와 수술 후 재발을 조기 진단하기 위하여 유용하다고 보고되었다. FDG-PET는 종양 포도당 대사를 평가하므로 다른 해부학적 변화보다 조기에 병소를 찾을 수 있으며, 전신을 검사할 수 있어 다른 검사로 진단하지 못한 병변을 찾을 수 있다. 수술 전에 시행한 FDG-PET 검사에서 25% 이상의 환자에서 예상 밖의 부위에서 전이가 발견되어 치료 방법이 변한 것으로 보고되었다.^{12,13)} 또한 대장암으로 진단된 환자의 70%는 완치를 위하여 수술이 시행되나 약 1/3의 환자는 2년 이내에 재발한다. 재발 진단을 위하여 많은 검사법

Table 1. Assessment of FDG Uptake in Various Liver Lesions

	No	SUV (mean ± SD)	L/B (mean ± SD)
Malignancy	41	8.5 ± 7.7	4.1 ± 3.2
HCC	13	3.1 ± 1.0	2.1 ± 1.0
CC	8	9.7 ± 3.7	4.4 ± 2.5
Metastasis	20	10.2 ± 9.4	4.8 ± 3.9
Benign	12	5.6 ± 3.1	3.1 ± 1.6
Hemangioma	5	2.6 ± 0.6	1.4 ± 0.2
Abscess	7	7.7 ± 2.2	4.2 ± 1.1

† p < 0.05 compared with L/B of hemangioma

* L/B (Lesion to background ratio) = SUV of the lesion / SUV of background

* SUV: Standardized uptake value

* HCC, hepatocellular carcinoma; CC, cholangiocellular carcinoma

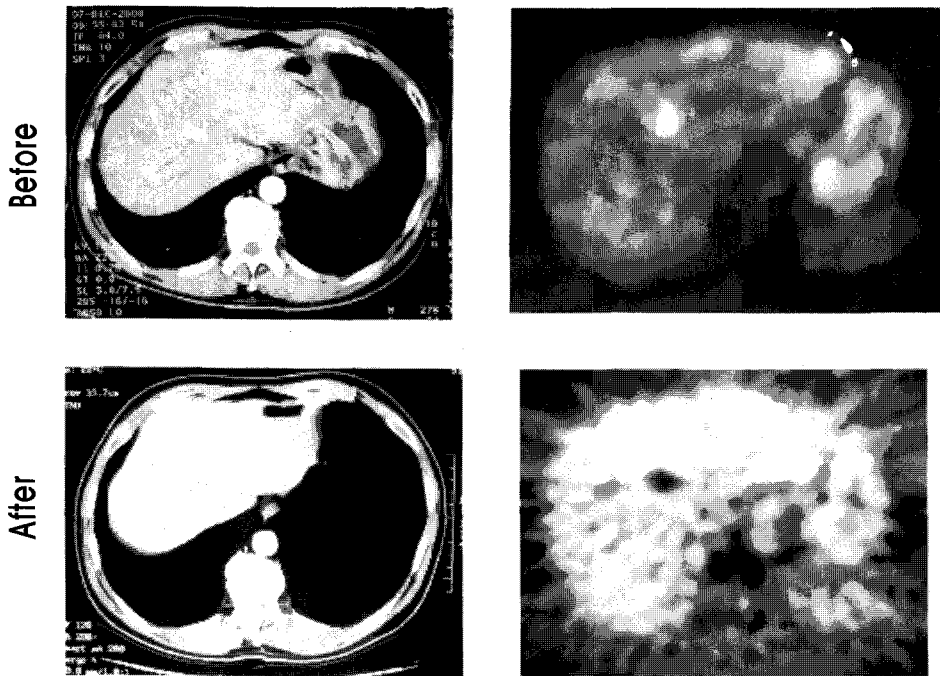


Fig.1. A hepatocellular carcinoma patient was treated with radiofrequency ablation. High metabolic uptake in PET images was changed to metabolic defect after treatment in PET images.

이 있으며, 한 가지 방법으로 만족스런 결과를 보이지 않았다. 즉 암태아성항원 (carcinoembryonic antigen) 등 종양표지자는 대장암 재발에 59%의 예민도와 84%의 특이도를 보이나 재발 부위를 알 수 없으며, 바륨 검사는 국소 재발에 80% 정도의 정확도를 보이나 전이 여부를 판정할 수 없다. CT는 재발 진단을 위하여 많이 사용되고 있으나 정확도는 25%에서 73% 까지 다양하게 보고되고 있으며, 복막, 장간막, 후복막의 림프절 전이는 진단하기 어려운 경우도 있다.^{14,15)} FDG-PET의 재발을 진단하는 예민도는 93%, 특이도 99%로 보고되었으며, CT의 경우 각각 69%, 96%와 비교하여 우수하였다. 특히 수술 후 암태아성항원이 증가된 대장암 환자의 경우 FDG-PET는 90% 이상의 정확도를 보였으며, CT에서 발견하지 못한 환자 가운데 2/3의 환자에서 전이 병소를 찾을 수 있었다.¹⁶⁾ 따라서 미국의 경우 암태아성항원이 증가된 대장암 환자의 재발을 진단하기 위한 FDG-PET검사를 보험에서 인정하고 있다.

위암, 식도암

식도암과 위암의 진단은 내시경과 의심되는 병변의 조직 검사로 확인할 수 있다. 국내에서 연구한 식도암과 위암에 대한 FDG-PET연구에 의하면 조기암 특히 조기 위암의 경우는 FDG-PET로 진단이 불가능하며 따라서 내시경 검사를 대치할 수 없다고 보고되었다. 그러나 식도암과 위암 환자의 병기 결정과 재발의 조기 발견, 치료 효과 판정에 FDG-PET가 유용하다.

위암 일차병소의 진단은 내시경 검사를 통하여 높은 진단율을 보고하고 있지만 영역 림프절의 진단은 복부 CT에서 52 ~ 73%의 예민도와 69 ~ 98%의 특이도로 보고되고 있어,¹⁷⁻¹⁹⁾ 진단을 향상을 위하여 Spiral CT, MRI를 이용한 시도가 시도되었으나 뚜렷한 진단율의 향상을 보고하지는 못하였다^{20,21)}

위암 환자에서 PET의 진단율은 김 등²²⁾의 보고에서 수술 전 일차병소의 예민도는 83.3%, 문합부위

재발의 예민도는 100%이었다. 위암에서 상대적으로 낮은 정확도를 보인 것은 일차병소가 3차원적으로 성장하지 않고 주로 평면적인 2차원적인 성장을 하여 부분용적효과(partial volume effect)의 영향을 많이 받을 수 있고, 복강 내에 고정되어 있지 않으면서 연동운동을 하는 점들이 예민도에 영향을 주었다고 생각된다. 또한 Nunez 등²³⁾과 Kato 등²⁴⁾은 위에서 비특이적인 FDG 섭취를 보고하였으며, 섭취 정도가 간질질 정도의 섭취 증가를 보일 수 있다. 위암의 FDG 섭취 정도는 매우 다양하여 국소화가 불가능한 경우부터 소뇌와 같은 정도의 섭취 분포를 보였다. 따라서 위암 진단에서 FDG-PET의 역할은 보조적인 수 밖에 없을 것이다.²⁵⁾ 정확한 병기를 평가하기 위한 림프절 전이 여부 평가는 위 주위 림프절의 예민도가 8.9%로 영역 림프절의 예민도 58.3%에 비하여 낮았는데, 이것은 CT의 예민도가 역시 9.9%여서 위 주위 림프절들의 크기가 영역 림프절들에 비하여 상대적으로 작았고 따라서 PET가 정확한 병기를 평가하기에 미흡할 것으로 보고되었다. 반면에 수술 후 종양표지자가 증가되어 재발이 의심되었던 환자 11예 중 8예에서 재발 병소를 찾을 수 있어, PET는 종양표지자가 증가된 환자에서 임상적으로 유용할 것으로 보고되었다. PET는 전신을 평가할 수 있는 장점이 있으므로, 위암의 진단에서 원격전이 진단과, 수술 후 종양표지자가 높은 환자에서 유용하다고 생각된다.

식도암의 경우도 위암의 경우와 유사하여, PET로 원발부위의 정확한 침습정도를 평가할 수는 없으나 림프절 전이 진단에 CT에 비하여 높은 예민도를 보여 (PET: 51.9%, CT: 14.8%) 수술전 병기 평가에 유용할 것으로 보고하였다. 또한 식도암의 경우 림프절 전이에 대한 예민도와 특이도는 92%, 88%이며 절제 가능성 평가의 경우 88%의 정확도를 보고하였다.²⁶⁾

췌장암

췌장암의 경우 원발 병소의 진단 정확도는 85%-95%로 보고되었다. 그러나 췌장암의 경우 FDG섭취 정도가 매우 다양하여 표준섭취계수가 1.0에서 10.5까지 보고되며 다양한 췌장의 양성 질

화와 중복되어 FDG-PET 만으로 완전히 악성종양을 배제할 수 없어 병리학적 확진이 필요하다. 이러한 제한점을 보완하기 위하여 췌장암 환자의 혈당을 조절하고 지연영상을 획득하는 것이 제안되었다.²⁷⁾ 췌장질환 중에서 FDG-PET 위양성은 대부분의 경우 후복막섬유증 (retroperitoneal fibrosis)과 췌장염에 기인한다. Bares등은 원발 췌장암의 진단 예민도는 CT나 초음파에 비하여 높으나 특이도는 낮다고 보고하였다. 그러나 림프절 전이의 예민도는 76%이며, CT나 초음파의 예민도 17%와 7%에 비하여 현저하게 높았다. 따라서 PET는 CT와 상호 보완적인 역할을 할 수 있으며, 예상하지 못한 부위의 원격전이를 찾아 낼 수 있는 장점이 있다.²⁸⁾ Nakata 등은 FDG 섭취정도가 췌장암의 악성도를 판정할 수 있는 지표로 보고하였다. 표준섭취계수가 높은 (3.0이상) 환자의 평균 생존기간이 5개월이었으며, 낮은 경우는 14개월로 예후를 예측할 수 있다고 보고하였다.²⁹⁾

결론

위암, 간암을 비롯한 소화기 암은 우리나라에 발생 빈도가 높은 암으로 많은 진단 및 치료법이 개발되었다. 내시경 검사와 조직검사가 비교적 쉽고 CT와 초음파 검사 등 기존의 검사에 대한 임상적 유용성에 대한 많은 연구가 보고되었다. PET는 세포의 대사과정을 살아있는 생체 내에서 영상을 얻을 수 있다. 따라서 다른 영상 검사에 비하여 조기에 이상을 찾을 수 있으며, 전신 PET는 전신의 이상 유무를 평가할 수 있어 병기 평가와 재발 진단, 치료효과 조기 판정 및 예후 평가에 유용하다. 향후 기존의 검사법과 차별화된 PET의 임상적 유용성을 찾아내는 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

암은 우리나라 국민의 전체 사망자의 25% 이상을 차지하는 주요 사망원인으로, 경제적인 손실도 으뜸인 질환이다. 지난 수십 년 동안 암에 대한 치료법은 많은 발전을 이루어 불치의 병으로만 알려졌던 많은 암들에서 수술, 방사선 치료, 항암치료 등으로 생존기간을 연장할 수 있고, 더 나아가 일부의 암에서는 완치도 기대할 수 있게 되었다. 암 치료

에서 가장 중요한 것은 근치적 치료가 가능한 시기에 암을 진단하는 것, 즉 조기진단이다. 이것은 암의 병기가 낮을수록 생존율이 높은 것으로 확인된다. PET는 대사과정의 이상을 영상화 할 수 있어 암의 조기진단 및 치료 후 평가에 유용하다. 이러한 이유로 종양학 분야에서 외국의 경우는 물론이고 우리나라에서도 PET의 이용이 급격히 증가되고 있다. 현재는 주로 서울 지역에만 PET검사가 가능하며, 고액의 검사비가 필요하여 PET 검사가 필요한 환자 중 일부에게만 이용되고 있다. 앞으로 우리나라에 많은 종양에 대한 임상연구가 수행되어야 할 것이며, 아울러 전국 어디에서나 필요한 모든 환자에 이러한 첨단 의료 기술을 이용할 수 있기를 바란다.

참고문헌

- 1) 고창순(1997) : 핵의학, 제2판, 고려의학, 서울
- 2) Khalkhali I, Maublant JC, Goldsmith SJ. Nuclear Oncology. 1st ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2001
- 3) Delbeke D, Martin WH. Positron emission tomography imaging in oncology. Radiol Clin North Am 2001;39:883-917.
- 4) Mankoff DA, Bellon JR. Positron-emission tomographic imaging of cancer: glucose metabolism and beyond. Semin Radiat Oncol 2001;11:16-27.
- 5) Anderson H, Price P. What does positron emission tomography offer oncology? Eur J Cancer 2000;36:2028-35.
- 6) Delbeke D, Martin WH, Sandler MP, Chapman WC, Wright JK Jr, Pinson CW. Evaluation of benign vs malignant hepatic lesions with positron emission tomography. Arch Surg 1998;133:510-15.
- 7) Goldberg MA, Lee MJ, Fischman AJ, Mueller PR, Alpert NM, Thrall JH. Fluorodeoxyglucose PET of abdominal and pelvic neoplasms: potential role in oncologic imaging. Radiographics 1993;13:1047-62.
- 8) Trojan J, Schroeder O, Raedle J, Baum RP, Herrmann G, Jacobi V, et al. Fluorine-18 FDG positron emission tomography for imaging of hepatocellular carcinoma. Am J Gastroenterol 1999;94:3314-19.
- 9) Yasuda S, Makuuchi Y, Sadahiro S, Mukai M, Tokunaga N, Tajima T, et al. Colorectal cancer recurrence in the liver: detection by PET. Tokai J Exp Clin Med 1998;23:167-171.
- 10) Frolich A, Diederichs CG, Staib L, et al. Detection of liver metastasis from pancreatic cancer using FDG PET. J Nucl Med 1999;40:250-55.
- 11) 한철주. 각종 간종양에서 PET 영상의 비교. 원자력 병원 2000년도 자체연구개발사업 보고서
- 12) Lai DT, Fulham M, Stephen MS, Chu KM, Solomon M, Thompson JF, et al. The role of whole-body positron emission tomography with [18F]fluorodeoxyglucose in identifying operable colorectal cancer metastases to the liver. Arch Surg 1996;131:703-7.
- 13) Delbeke D, Vitola JV, Sandler MP, Arildsen RC, Powers TA, Wright JK Jr, et al. Staging recurrent metastatic colorectal carcinoma with PET. J Nucl Med 1997;38:1196-201.
- 14) Moertel CG, Fleming TR, Macdonald JS, Haller DG, Laurie JA, Tangen C. An evaluation of the carcinoembryonic antigen (CEA) test for monitoring patients with resected colon cancer. JAMA 1993;25:270-943-7.
- 15) Chen YM, Ott DJ, Wolfman NT, Gelfand DW, Karsteadt N, Bechtold RE. Recurrent colorectal carcinoma: evaluation with barium enema examination and CT. Radiology 1987;163:307-10.
- 16) Valk PE, Abella-Columna E, Haseman MK, Pounds TR, Tesar RD, Myers RW, et al. Whole-body PET imaging with [18F]fluorodeoxyglucose in management of recurrent colorectal cancer. Arch Surg 1999;134:503-11.
- 17) Kuntz C, Herefarth C. Imaging diagnosis for staging of gastric cancer. Semin in Surg Oncol 1999;17:96-102.
- 18) Ziegler K, Sanft C, Zimmer T, et al. Comparison of computed tomography, endosonography and intraoperative assessment in TN staging of gastric carcinoma. Gut 1993;34:604-10.

- 19) Halvorsen RA Jr, Yee J, McCormick VD. Diagnosis and staging of gastric cancer. *Semin Oncol* 1996;23:325-35.
- 20) Sohn KM, Lee JM, Lee SY, Ahn BY, Park SM, Kim KM. Comparing MR imaging and CT in the staging of gastric carcinoma. *ARJ* 2000;174:1551-57.
- 21) Kim AY, Han JK, Seong CK, Kim TK, Choi BI. MRI in staging advanced gastric cancer: Is it useful compared with spiral CT? *J Comput Assist Tomogr* 2000;24:389-94.
- 22) Kim BI, Lee JI, Yang WI, Lee JS, Cheon GJ, Choi CW, et al. Findings of F-18 FDG whole body PET in patients with stomach cancer. *Korean J Nucl Med* 2001;35:301-12.
- 23) Nunez RF, Yeung HW, Macapinlac H. Increased F-18 FDG uptake in the stomach. *Clin Nucl Med* 1999;24:281-82.
- 24) Kato T, Tsukamoto E, Suginami Y, Mabuchi M, Yoshinaga K, Tokano A, et al. Visualization of normal organs in whole-body FDG-PET imaging. *Kaku Igaku* 1999;36:971-7.
- 25) Gary JR, Cook, Michael N, Maisey, Ignac Fogelman. Normal variants, artefacts and interpretative pitfalls in PET imaging with 18-fluoro-2-deoxyglucose and carbon-11 methionine. *Eur J Nucl Med* 1999;26:1363-78.
- 26) Choi JY, Lee KH, Shim YM, Lee KS, Kim JJ, Kim SE, et al. Improved detection of individual nodal involvement in squamous cell carcinoma of the esophagus by FDG PET. *J Nucl Med* 2000;41:808-15.
- 27) Keogan MT, Tyler D, Clark L, Branch MS, McDermott VG, DeLong DM, et al. Diagnosis of pancreatic carcinoma: role of FDG PET. *Am J Roentgenol* 1998 ;171:1565-70.
- 28) Bares R, Klever P, Hauptmann S, Hellwig D, Fass J, Cremerius U, Schumpelick V, Mittermayer C, Bull U. F-18 fluorodeoxyglucose PET in vivo evaluation of pancreatic glucose metabolism for detection of pancreatic cancer. *Radiology* 1994;192:79-86.
- 29) Nakata B, Chung YS, Nishimura S, Nishihara T, Sakurai Y, Sawada T, et al. 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography and the prognosis of patients with pancreatic adenocarcinoma. *Cancer* 1997;15;79:695-9.