

간세포암에서 ¹⁸F-FDG PET의 임상 이용

서울대학교병원 핵의학과, 국립암센터 핵의학과¹
오소원 · 김석기¹

Clinical Application of ¹⁸F-FDG PET in Hepatocellular Carcinoma

So Won Oh, M.D.¹ and Seok-ki Kim, M.D., Ph.D.²

¹Department of Nuclear Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

²Department of Nuclear Medicine, National Cancer Center Research Institute and Hospital, National Cancer Center, Goyang, Korea

Hepatocellular carcinoma is the most common primary tumor in the liver. FDG PET has been applied for staging and treatment planning of hepatocellular carcinoma. It could reflect tumor prognosis because glucose metabolism assessed by FDG PET is known to have correlations with the differentiation and aggressiveness of the tumor. Although the ability of FDG PET to detect well-differentiated or low grade tumors and intra-hepatic lesions is not good, it is expected to play a major role in pre-surgical assessments for liver transplantation because it is useful in detecting extra-hepatic lesions and unexpected distant metastases with a better diagnostic performance than other conventional imaging modalities. Additionally, FDG PET has an advantage to screen other cancers through whole body scanning.

As a new tracer for PET, Acetate demonstrates higher sensitivity and specificity to FDG in evaluating hepatocellular carcinoma. It thus seems that simultaneous use of Acetate PET with FDG PET could be helpful in diagnosis, especially detecting extra-hepatic metastases. (Nucl Med Mol Imaging 2008;42(suppl 1):60-65)

Key Words: hepatocellular carcinoma, hepatoblastoma, FDG PET, Acetate PET

서 론

간세포암은 매년 국내에서 남자 10002명 여자 3275명이 새로 발견되고(암등록사업 1999년~2001년) 매년 남자 8262명, 여자 2732명이 사망하는 질환(2003년 사망원인통계, 통계청)으로 국내남성암 중 16.5%의 발생율과 20.5%의 사망률을 차지하며, 여성암 중 7.4%의 발생율과 11.7%의 사망률을 보인다.

간세포암을 임상적으로 진단하고 병변의 범위를 설정하여 적절한 치료계획을 수립하기 위해서는 여러 가지 영상방법이 필요하다. 이러한 노력의 일환으로 초음파(ultrasonography; US), 컴퓨터 단층촬영(computed tomography; CT), 컴퓨터 단층촬영 문맥조영술(CT with arterial portography; CTAP), 자기공명영상(magnetic resonance imaging; MRI) 등이 사용되며, 이 중에서 US, CT 및 MRI는 수술에 필요한 해부학적

정보를 제공할 수 있다. 이들 영상은 종양이 침범한 간분절(hepatic segment)을 평가하기 위해 이용되는데, 수술 이후에도 30%이상 간기능을 보존하여야 하므로 병변의 개수보다 그 분포양상 평가가 더 중요하다. 따라서 수술 위험도를 줄이고 수술 이후 남게 되는 간분절의 혈류를 보존하기 위하여 혈관에 대한 종양의 상대적 위치를 수술 전에 영상을 통하여 확인하는 것이 필요하다. 예를 들어 간정맥과 하대정맥이 만나는 곳에 가까이 위치한 종양은 수술적 절제가 어려우므로 종양과 하대정맥사이의 거리와 하대정맥으로 종양이 직접 침범했는지 여부를 확인해야 한다. 간 혈관의 변이도 수술에 중요한 영향을 미치며 이로 인해 수술방법이 변경되기도 한다. 또한, 국소적인 담관 확장은 담관이나 주위 간조직으로의 종양 침범을 시사하는 중요 소견이다. 한편, 종양의 간외 침범(spread)은 간절제술이 절대적으로 금기되는 중요한 사항이며, 림프절 종대, 종양의 파종(implant), 일차 치료 부위에서의 간세포암 재발 등은 불필요한 수술을 피하기 위해 수술전 영상에서 조심스럽게 평가되어야 할 것들이다.

이상의 정보들은 영상을 바탕으로 주로 병변의 형태학적 이상을 평가하여 얻는 것이나 간의 전이나 간세포암의 예측 예측 등과 같은 정보는 이러한 해부학적 영상만으로 얻기 어

• Address for reprints: Seok-ki Kim, M.D., Ph.D., Department of Nuclear Medicine, National Cancer Center Research Institute and Hospital, National Cancer Center 809 Madu Ilsan Goyang 410-769, Korea
Tel: 82-31-920-1731, Fax: 82-31-920-2798
E-mail: skkim@ncc.re.kr

려우므로 fluorodeoxyglucose (FDG)를 사용한 양전자방출 단층촬영(positron emission tomography: PET)이 이용된다. FDG PET은 종양의 대사정보(metabolic information)를 비침습적으로 얻는 영상방법이다. 간세포암에서 간의 전이는 흔하지 않으나 약 37%의 환자에서 발견되는 것으로 보고되고 있으며,¹⁾ 주로 진행성 간세포암에서 발견되지만 정확한 치료방법의 결정을 위해 간세포암의 간의 전이 유무 확인이 필요하다. 또한, 국한적인 간의 전이의 경우는 일부 환자들에서 수술적 치료를 통한 장기생존이 기대할 수 있으므로 간의 전이를 빠르고 정확하게 진단하는 방법이 필요하다. 일반적으로 전이성 암(metastatic tumor)은 FDG PET으로 예민하게 진단할 수 있고 간세포암의 전이병변 역시 포도당 대사가 항진되어 있을 것으로 기대되므로 FDG PET검사가 간세포암 전이병변의 진단에 도움이 될 것으로 예상된다. 또한 FDG 섭취 정도와 암세포의 악성도와와의 관련성은 이미 여러 다른 암에서 밝혀져 있고, 결과적으로 환자의 예후와도 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 이로 미루어 보아 간세포암의 포도당 대사 역시 간세포암의 생물학적 특성, 즉 악성도를 반영하여 예후와 관련이 있을 가능성이 있다. 한편, Seo 등은 간세포암에서 FDG의 섭취가 다약제내성(multiple drug resistance: MDR) 유전자 발현과 분화의 정도와 관계가 있음을 보고하였다.²⁾

본 론

1. 진단 및 감별진단

FDG PET은 전이성 간암(metastatic hepatic tumor)을 매우 예민하게 발견하는 것으로 알려져 있으나 원발성 간세포암의 진단 예민도는 다소 떨어지는 것으로 보고되어 있다. Khan 등의 연구에 따르면 FDG PET은 간세포암의 55%만을 진단할 수 있었던 반면, CT는 90%를 진단하였다.^{3,4)} 간세포암의 FDG 섭취는 분화가 좋은 군(群)과 중등도 또는 분화가 나쁜 군(群)간에 차이가 있었으나 등급간의 차이는 없었고, FDG 섭취와 alpha-fetoprotein (AFP)과 밀접한 연관 또한 관찰되지 않았다. Jeng 등은 FDG PET을 이용하여 간세포암을 민감도 20/36 특이도 12/12로 발견하였다고 보고하였다.⁴⁾ Delbek 등이 CT에서 1cm 이상의 직경을 가진 병변을 가진 110명의 환자를 대상으로 시행한 전향적 맹안 검사에서는 간세포암의 16/23에서 FDG 섭취가 있었고 23명의 양성 병변은 모두 FDG 섭취가 없었다.⁵⁾ 그 밖의 연구에서 FDG PET의 예민도는 Trojan 등이 7/14, Lin 등이 2시간영상에서 10/16으로 보고하였고, 손 등의 연구에서는 9%였다.⁶⁻⁸⁾

이와 같이 FDG PET의 간세포암 진단성적은 고분화성이거나 낮은 등급의 경우에는 예민도가 충분히 높지는 못해서

약 50~55%으로 보고되고 있다. 하지만 간세포암 진단에 관한 FDG PET의 특이도는 높아서 양성질환에는 FDG가 섭취되지 않는다. 따라서 FDG PET이 간세포암을 민감하게 진단하지는 않지만 몇 가지 알려진(간농양 등) 위양성을 배제한다면 매우 특이적인 검사라 할 수 있다.

2. 병기 결정 - 간의 전이의 진단

FDG PET은 간내에 위치한 간세포암을 찾는 능력은 높지 않지만 간의 전이를 평가하는 데 유용하다. Khan 등이 20명의 간세포암환자를 대상으로 한 연구에서 간내 간세포암의 진단율은 55%이었으나 이 중 3명에서 예상하지 못했던 간의 전이병변을 발견했다(2: lung, 1: celiac node).³⁾ 간절제술을 고려하는 경우에 FDG PET이 미치는 영향에 대한 연구에서는 간의 전이병변은 FDG PET의 예민도와 특이도가 63/60, US는 29/25, CT는 47/50, MRI는 40/50이었다.⁹⁾ 하지만 이 연구는 환자군이 간세포암 환자로서만 구성되지 않았다는 단점이 있다. 이에 비해 간세포암만을 대상으로 한 연구에 의하면 19명의 환자에서 간의 전이병변 29개중 24개(83%)를 찾았고, 뼈스캔(bone scan)에서 발견되지 않았던 2개의 뼈전이 병변, 림프절 전이, 장관(intestinal) 전이를 찾을 수 있었다.¹⁾

Acetate는 간세포암에 특이적으로 섭취가 잘 되는 PET 표지자로써 특히 분화가 좋은 간세포암에서 FDG에 비해 섭취가 높아서 FDG PET보다 전체적으로 예민도와 특이도가 높은 것으로 보고되고 있다. Ho 등은 C-11 Acetate PET과 FDG PET을 동시에 촬영하여 간세포암을 높은 정확도로 진단하였고 특히 간의 전이병변을 예민도/ 특이도/ 양성예측도/ 음성예측도/ 정확도 98/ 86/ 97/ 90/ 96%로 찾을 수 있음을 보고하였다.¹⁰⁾

3. 간이식수술 전에 시행하는 간의 전이검사

간이식수술 전에 FDG PET을 이용하여 간이식의 절대급기사항 간문맥으로의 종양의 침범(tumor extension into the portal vein)을 발견하였다는 보고가 있다.¹¹⁾ 그 밖에 FDG PET은 간세포암의 간의 전이를 예민하게 발견할 수 있으며 동시에 다른 암의 선별(screening)도 가능하므로 간이식전 검사로 유용할 것으로 생각된다. 최근 간이식환자를 대상으로 Acetate와 FDG를 이용한 연구에서 Acetate-FDG dual tracer PET/CT의 음성예측도는 90%이었으나, 동시에 시행된 FDG 단일 혹은 Acetate 단일 PET/CT에서는 각각 49%, 37%로 보고되어 Acetate-FDG dual tracer PET가 간이식수술 전에 간의 전이를 진단하기 위해 유용하게 쓰일 것으로 기대된다.¹⁰⁾ 한편, 간이식환자를 대상으로 한 국내연구에 의하면 FDG PET로 간이식 후 재발빈도를 예측할 수 있다. 즉, FDG

Table 1. 간세포암에서 PET의 활용에 관한 문헌

연구 저자명 (국가)	게제 논문지명	출판 년도	근거의 수준	연구 형태	n	연구대상자군의 특성-포함기준	연구대상자군의 특성 - 인구학적 특성	PET 영상획득방법	PET 진단능 분석 결과	기존 검사들의 진단능	질병 확정 기준
진단 및 감별진단											
Khan (미국)	J Hepatol	2000	2-	후향	20	hepatocellular carcinoma FDG와 CT를 함께 시행		Non-attenuation corrected PET/ visual grade	sn 55.	CT: sn 90	histology
Jeng (대만)	Hepatogastr oenterology	2003	2++	전향	48	hepatitis B carrier	n=36 HCC, n=12 benign after Bx	PET	PET not sensitive, but more specific than US and AFP.		histology
Delbeke (미국)	Arch Surg	1998	2++	전향	110	CT에서 1cm 이상 병변	benign vs malignant hepatic lesions	PET	sn 16/23, sp 23/23		
Trojan (독일)	Am J Gastroenter ol	1999	2-	전향	14	간세포암으로 진단된 환자		PET	sn low 7/14. But, poorly differentiated HCC, large, elevated AFP 에서는 효과적 staging		
Lin (대만)	Nucl Med Commun	2005	2-		12	간세포암으로 진단된 환자	n=4 not treated, n=8 4달전 TACE	PET	sn 10/16, 9 detected in 1hr scan, 10 detected in 2-3hr scan, Sn(56.3에서 62.5로 증가), tumor SUV 도 증가.		histology / clinical (tumor marker, imaging)
Son (한국)	Taehan Kan Hakhoe Chi	2002	2+		80	감별진단	HCC n=34, cholangioc a n=8, metastatic n=25, hemangioma n=6, liver abscess n=7	PET	metastasis와 cholangio uptake 증가, HCC 다양, hemangioma 낮음. Liver abscess : definite uptake.		histology
병기 결정											
Khan (미국)	J Hepatol	2000	2-	후향	20	hepatocellular carcinoma FDG와 CT를 함께 시행		Non-attenuation corrected PET/visual grade	미리 알지 못한 간외전이 3 발견/20명		histology
Bohm (독일)	J Cancer Res Clin Oncol	2004	2-	후향	50	primary and secondary liver tumors		PET	all hepatic lesion. Sn, sp, ppv(82,25,96), extrahepatic lesion sn, sp(63,60)	all hepatic lesion US(63,50,96)CT(71 ,50,97) MR(83,57,97) extrahepatic lesion US(29,25) CT(47,50),MR(40,5 0)	histology
Sugiyama (일본)	J Gastroenter ol	2004	2-	전향	19	hepatocellular carcinoma	n=14 conventional image 상 간외병변, n=5 conventional image negative	PET	간외전이 >1cm: detection rate 83/ 1cm이하 13		
Ho (중국)	J Nucl Med	2007	2+	후향	121	consecutive manner		PET/CT	Act/FDG PET/CT: NPV 90% for candidates for curative resection, Metastatic lesion Evaluation: SE/SP/PP/NP/AC 98/86/97/90/96%		pathologic al, clinical, biochemic al, & imaging
간이식수술 전 간외전이 검사											
Kurtovic (호주)	Clin Nucl Med	2005		case	1	hepatocellular carcinoma		PET	간이식 전에 PET으로 portal vein thrombosis가 blood thrombus가 아니라, tumor에 의한 것임 밝힘.		
Ho (중국)	J Nucl Med	2007	2+	후향	121	consecutive manner		PET/CT	Act/FDG PET/CT: NPV 90% for candidates for curative resection, Metastatic lesion Evaluation: SE/SP/PP/NP/AC 98/86/97/90/96%		pathologic al, clinical, biochemic al, & imaging

연구저자명 (국가)	게제 논문지명	출판년도	근거의 수준	연구 형태	연구대상자군의 특성-포함기준	연구대상자군의 특성 - 인구학적 특성	PET 영상획득방법	PET 진단능 분석 결과	기존 검사들의 진단능	질병 확정 기준
치료효과판정										
Anderson (미국)	Clin Nucl Med	2003	2-	후향	11(간세포암은 2명)	recurred n=8, new meta n=3	PET	2명의 간세포암 재발-PET 전부 발견함.	MR : 간세포암재발 2명중 1명만 발견	F/U
Trizuka (일본)	J Nucl Med	1994	2+	전향	30		PET	주변간과의 섭취비교		
Okazumi (일본)	J Nucl Med	1992				liver tumors	PET	K3 hexokinase activity나타냄. K3로 악성, 양성구별가능. K4가 HCC에서 유의하게 증가. 치료효과 좋으면, K3감소.		
예후예측										
Lee (한국)	Eur J Nucl Med Mol Imaging	2004	2-		10	n=4 high FDG uptake, n=7 low FDG uptake	PET	high FDG uptake group의 세포는 aggressive gene expression 증가.		
Shiomi (일본)	Clin Nucl Med	1999	2+		48		PET	정상간보다 간세포암의 SUV1.5배 높은 경우: 누적생존율 감소		
Kong (한국)	Korean J Hepatol	2004	2+	후향	27	간세포암	PET	SUV 만이 생존율에 대한 유의한 예후인자임.		histology, F/U
Seo (일본)	Clin Cancer Res	2007	3+	전향	70	curative resection	PET	FDG PET가 HCC의 분화도와 P-glycoprotein발현을 반영하고 예후예측인자임.		pathology
Yang (한국)	Liver transplantation	2006	2+	후향	38	liver transplantation	PET	간이식후재발을 예측. 2yr recurrence free survival 85.1% vs 46.1%		
Hatano (일본)	World J Surg	2006	2+	전향	31	liver resection	PET	간절제술후 예후의 예측. PET +/- : 5yr survival 63 vs 29%		

PET결과 음성이었던 환자군은 2년 무재발생존(2-year progression free survival)이 85.1%이었으나 FDG PET 양성환자군에서는 46.1%이었다.¹²⁾

4. 치료 효과 판정

일반적으로 FDG PET는 다른 진단법에 비해 치료반응을 조기에 예측할 수 있다. 이와 관련하여 간세포암에서도 FDG PET를 사용하여 치료 효과를 판정한 연구가 있다. Anderson 등이 고주파절제술(radiofrequency ablation: RFA)로 간세포암을 치료한 후 시행한 감시(surveillance) 연구에서 발견된 2명의 간세포암 환자 모두 FDG PET에서 재발이 발견되었고, MRI는 이중 1명만 발견하였다.¹³⁾ Torizuka 등이 30명을 대상으로 경동맥화학색전요법(transarterial chemoembolization: TACE) 후 잔존 간세포암 판정을 위해 FDG PET을 시행한 연구¹⁴⁾에 따르면 중앙의 FDG 섭취가 주변의 정상 간조직보다 낮았던 경우는 90%이상의 중앙 괴사를 보이는 반면 FDG 섭취가 주변 간조직보다 높거나 같은 경우 생존 암이 있었다. Okazumi 등은 동적 연구(dynamic study)를 통해 K3가 hexokinase activity를 나타내므로 FDG PET이 치료 효과를 판정하는 데 도움이 된다고 보고하였다.¹⁵⁾

5. 예후 예측

고분화성 간세포암과 달리 저분화성 간세포암은 FDG 섭취가 항진되어 있으므로 간세포암의 분화도 평가에 FDG PET을 사용할 수 있다. 이러한 간세포암의 분화도는 환자의 예후와 관련이 있을 것으로 추정되며, 한 연구에 따르면 FDG 섭취정도과 간세포암의 분화도는 서로 상관관계가 있었고 악성도(aggressiveness)와 관련있는 11개 유전자(gene)의 발현 정도와 FDG의 섭취가 상관이 있는 것으로 나타났다.¹⁶⁾ 즉 FDG 섭취가 많은 간세포암은 적은 섭취를 보이는 간세포암보다 더 악성(aggressiveness)을 띠는 것으로 판단된다.

FDG 섭취와 환자의 생존율의 차이 또한 연구되었는데, 정상조직과 간세포암의 표준섭취값(standardized uptake value: SUV) 비율이 1.5 이상인 경우는 그렇지 않은 환자군에 비해 누적생존율(cumulative survival rate)이 의미 있게 낮은 것으로 나타났다.¹⁷⁾ 간세포암 환자 27명을 대상으로 FDG PET을 시행한 연구에서는 간세포암이 조직학적 검사로 확인되거나 CT, MRI, 또는 혈관조영에서 간세포암의 특징적 소견을 보이고 만성 간질환의 병력이 있고 AFP이 500 ng/mL 이상인 환자들이 선택되었는데, 이 연구에서 FDG 섭취에 따른 예후의 차이를 생존율로 연구했을 때 SUV로 측정된 FDG 섭취정도

만이 유의한 예후 인자이었다. SUV가 7 이상인 군(群)은 중앙 생존기간(median survival)이 4개월이고 SUV가 7미만인 경우는 15개월이었다.¹⁸⁾

Hatano 등은 FDG PET에서 종양 부위의 SUV가 비종양부위에 비해 2배 이상 높은 경우 그렇지 않은 경우에 비해 5년 생존율이 63% 대 29%로 의미 있게 차이를 보고하였다.¹⁹⁾

6. 문헌 조사(Literature Review)

문헌 조사 대상: Pubmed 데이터 베이스에서 1980년 이후 발표된 논문 중에서 “PET & hepatocellular & neoplasm” 혹은 “Positron & hepatocellular & neoplasm”을 중심으로 검색한 논문과 국내 관련학회 및 국내 데이터 베이스에서 간세포암을 대상으로 양전자방출 단층촬영에 관련된 논문과 자료를 조사대상으로 하였다. 원저와 간세포암을 다룬 문헌고찰을 대상으로 하였으며, 사용언어가 영문 혹은 한글인 경우로 한정하였다.

대상이 된 논문을 진단과 감별진단, 병기 결정, 재발평가, 치료 효과 판정, 예후 예측에 대한 결과에 따라 분류하였다 (Table 1).

결론(Conclusion)

간세포암은 분화도에 따라 FDG 섭취에 차이가 난다. 즉 분화가 좋은 간세포암은 FDG섭취가 높지 않아서 정상적인 간 조직의 FDG 섭취와 구별이 어려워져서 결과적으로 FDG PET의 진단예민도가 높지 않다. 하지만 이러한 포도당 대사의 차이는 간세포암의 생물학적 악성도와 관련이 있으며 따라서 예후와 관련이 있다.

1. 진단과 감별진단(D)

1) 병기 결정: 간외 전이의 진단(C)

간세포암의 간외 전이는 비록 흔하지 않으나 FDG PET이 CT, US, MRI에 비해 간외 전이 발견에 예민한 검사라는 일부 보고가 있고 거의 전신을 한번에 검사할 수 있다는 장점이 있으므로 간이식수술 전 간외 전이검사를 위해 이용될 수도 있겠다. Acetate-FDG dual tracer PET/CT의 성적은 이전 단일 FDG PET/CT에 비해 우수하지만 현재까지 연구가 부족하다.

2. 치료 효과 판정(C)

RFA나 TACE이후 치료 효과를 판정하는 데 FDG PET의 사용이 가능할 것으로 생각되며 이에 관해 소규모의 연구가 발표되어 있다.

3. 예후 예측(C)

간세포암의 분화도와 FDG 섭취가 관련있고, 간세포암의 FDG 섭취와 간세포암의 악성도 및 예후가 관련이 있다는 보고가 있다.

4. 간모세포종(Hepatoblastoma)

원발성 간암은 소아암의 약 1%를 차지하며 간모세포종이 소아의 원발성 간암으로는 가장 흔한 암이다. 대부분 유아에서 보고되며 이후 간모세포종의 발생율은 급격히 떨어지고 대부분은 5세 이전에 발생한다. 간모세포종의 치료를 위해 보조항암치료와 선행항암치료가 시행되지만 주요한 치료법은 수술이다. 간모세포종의 예후는 완전절제가 시행된 경우 가장 좋으며, 따라서 적절한 치료를 위해서는 종양의 범위와 위치를 진단하는 것이 중요하다. 간모세포종은 흔히 다발성으로 재발하여 간내 뿐만 아니라 복부의 어느 곳이나, 또한 폐와 뇌에도 재발할 수 있다. 그러므로 간모세포종의 진단시에는 이러한 점을 고려하여야 한다.²⁰⁾

종양 표지자는 종종 해부학적 영상으로 재발부위가 발견되기 전에 조기에 간모세포종 전이를 발견할 수 있으나 병변 부위를 확인하기 어려워 완치목적의 치료를 시행할 수 없는 한계가 있다. 근거수준이 높은 연구가 이루어지기에는 간모세포종 발생건수가 충분하지 않으나 FDG PET/CT을 이용하여 간모세포종을 성공적으로 확인한 보고가 있고, 재발성 간모세포종에 대하여 FDG PET의 증례보고를 포함하는 몇몇 보고가 있다. 그러나 일부에서는 FDG PET 검사의 위양성이 있을 수 있음을 보고하였다.²¹⁻²⁴⁾

간모세포종은 소아암이라는 특성으로 발생건수가 적어서 근거수준이 높은 연구가 이루어지기 어렵다는 점을 고려하더라도 현재까지는 FDG PET의 유용성에 대한 결론을 내리기에 연구가 부족하다.

References

1. Sugiyama M, Sakahara H, Torizuka T, et al. 18F-FDG PET in the detection of extrahepatic metastases from hepatocellular carcinoma. *J Gastroenterol* 2004;39:961-8.
2. Seo S, Hatano E, Higashi T, Hara T, Tada M, Tamaki N, Iwaisako K, Ikai I, Uemoto S. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography predicts tumor differentiation, P-glycoprotein expression, and outcome after resection in hepatocellular carcinoma. *Clin Cancer Res* 2007 Jan 15;13(2 Pt 1):427-33.
3. Khan MA, Combs CS, Brunt EM, et al. Positron emission tomography scanning in the evaluation of hepatocellular carcinoma. *J Hepatol* 2000;32:792-7.
4. Jeng LB, Changlai SP, Shen YY, et al. Limited value of 18F-2-deoxyglucose positron emission tomography to detect

- hepatocellular carcinoma in hepatitis B virus carriers. *Hepato-gastroenterology* 2003;50: 2154-6.
5. Delbeke D, Martin WH, Sandler MP, et al. Evaluation of benign vs malignant hepatic lesions with positron emission tomography. *Arch Surg* 1998;133:510-5; discussion 515-6.
 6. Trojan J, Schroeder O, Raedle J, et al. Fluorine-18 FDG positron emission tomography for imaging of hepatocellular carcinoma. *Am J Gastroenterol* 1999;94:3314-9.
 7. Son H, Han C, Kim B, et al. [Evaluation of various hepatic lesions with positron emission tomography]. *Korean J Hepatol* 2002;8:472-80.
 8. Lin WY, Tsai SC, Hung GU, et al. Value of delayed 18F-FDG-PET imaging in the detection of hepatocellular carcinoma. *Nucl Med Commun* 2005;26:315-21.
 9. Bohm B, Voth M, Geoghegan J, et al. Impact of positron emission tomography on strategy in liver resection for primary and secondary liver tumors. *J Cancer Res Clin Oncol* 2004;130: 266-72.
 10. Ho CL, Chen S, Yeung DW, Cheng TK. Dual-tracer PET/CT imaging in evaluation of metastatic hepatocellular carcinoma. *J Nucl Med* 2007;48:902-9. Epub 2007 May 15.
 11. Kurtovic J, Van Der Wall H, Riordan SM, et al. FDG PET for discrimination between tumor extension and blood thrombus as a cause for portal vein thrombosis in hepatocellular carcinoma: important role in exclusion of transplant candidacy. *Clin Nucl Med* 2005;30:408-10.
 12. Yang SH, Suh KS, Lee HW, Cho EH, Cho JY, Cho YB, Yi NJ, Lee KU. The role of (18)F-FDG-PET imaging for the selection of liver transplantation candidates among hepatocellular carcinoma patients. *Liver Transpl* 2006;12:1655-60.
 13. Anderson GS, Brinkmann F, Soulen MC, et al. FDG positron emission tomography in the surveillance of hepatic tumors treated with radiofrequency ablation. *Clin Nucl Med* 2003;28:192-7.
 14. Torizuka, T, Tamaki N, Inokuma T, et al. Value of fluorine-18-FDG-PET to monitor hepatocellular carcinoma after interventional therapy. *J Nucl Med* 1994;35:1965-9.
 15. Okazumi S, Isono K, Enomoto K, et al. Evaluation of liver tumors using fluorine-18-fluorodeoxyglucose PET: characterization of tumor and assessment of effect of treatment. *J Nucl Med* 1992;33:333-9.
 16. Lee JD, Yun M, Lee JM, et al. Analysis of gene expression profiles of hepatocellular carcinomas with regard to 18F-fluorodeoxyglucose uptake pattern on positron emission tomography. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2004;31:1621-30.
 17. Shiomi S, Nishiguchi S, Ishizu H, et al. Usefulness of positron emission tomography with fluorine-18-fluorodeoxyglucose for predicting outcome in patients with hepatocellular carcinoma. *Am J Gastroenterol* 2001;96:1877-80.
 18. Kong YH, Han CJ, Lee SD, et al. Positron emission tomography with fluorine-18-fluorodeoxyglucose is useful for predicting the prognosis of patients with hepatocellular carcinoma. *Korean J Hepatol* 2004;10:279-87.
 19. Hatano E, Ikai I, Higashi T, Teramukai S, Torizuka T, Saga T, Fujii H, Shimahara Y. Preoperative positron emission tomography with fluorine-18-fluorodeoxyglucose is predictive of prognosis in patients with hepatocellular carcinoma after resection. *World J Surg* 2006;30:1736-41.
 20. Figarola MS, McQuiston SA, Wilson F, Powell R. Recurrent hepatoblastoma with localization by PET-CT. *Pediatr Radiol* 2005;35:1254-8.
 21. Mody RJ, Pohlen JA, Malde S, Strouse PJ, Shulkin BL. FDG PET for the study of primary hepatic malignancies in children. *Pediatr Blood Cancer* 2006;47:51-5.
 22. Philip I, Shun A, McCowage G, Howman-Giles R. Positron emission tomography in recurrent hepatoblastoma. *Pediatr Surg Int* 2005;21:341-5. Epub 2005 Apr 15.
 23. Sironi S, Messa C, Cistaro A, Landoni C, Provenzi M, Giraldi E, Sonzogni A, Fazio F. Recurrent hepatoblastoma in orthotopic transplanted liver: detection with FDG positron emission tomography. *AJR Am J Roentgenol* 2004;182:1214-6.
 24. Wong KK, Lan LC, Lin SC, Tam PK. The use of positron emission tomography in detecting hepatoblastoma recurrence--a cautionary tale. *J Pediatr Surg* 2004;39:1779-81.