

대장-직장암의 간전이에서 FDG PET과 MR의 진단 성능

서울대학교 의과대학 핵의학교실
박은경 · 강원준 · 어재선 · 이동수 · 정준기 · 이명철

Diagnostic Accuracy of PET and MR for Detecting Liver Metastasis from Colorectal Cancer

Eun Kyung Park, M.D., Won Jun Kang, M.D., Jae Seon Eo, M.D., Dong Soo Lee, M.D., Ph.D.,
June-Key Chung, M.D., Ph.D. and Myung Chul Lee, M.D., Ph.D.

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

Purpose: Although computed tomography (CT) is widely used for diagnosing liver metastasis from colorectal cancer, diagnostic accuracy of CT is not satisfactory. Magnetic resonance (MR) imaging and F-18 FDG PET has been reported to be superior to CT. However, studies on direct comparison of PET and MR are scarce. We compared the diagnostic accuracy of FDG PET and MR in detecting liver metastasis from colorectal cancer. **Materials and Methods:** Among 363 colorectal cancer patients who underwent F-18 FDG PET (ECAT, Siemens-CTI, Knoxville; Gemini, Philips, Milpitas, U.S.), 26 patients (M:F=17:9, age=62±11) underwent MR to evaluate suspicious metastatic liver lesions. Finally, 35 liver lesions detected by CT from 26 patients were enrolled for analysis. PET and MR results were compared with pathologic reports, clinical findings or follow-up results. **Results:** Of the 35 lesions, 18 lesions (51.4%) were diagnosed as liver metastases, while remaining 17 (48.6%) as benign. The sensitivity and the specificity of PET were 94.4% and 94.1%, respectively, compared to 100% and 82.4% for MR. MR and PET was concordant in 30 lesions (85.7%): 17 metastatic (94.4%) and 13 benign (76.5%) lesions. ROC curve analysis revealed maximal SUV of 3.1 as the optimum standard in differentiating metastatic from benign liver lesions (AUC=0.897, $p<0.001$, sensitivity 83.3%, specificity 94.1%). For small lesions less than 1cm in diameter (n=20), diagnostic accuracy of PET was comparable to that of MR. **Conclusion:** F-18 FDG PET showed good diagnostic performance in detecting liver metastasis from colorectal cancer, which was comparable to MR. (Nucl Med Mol Imaging 2006;40(5):249-256)

Key Words: fluorodeoxyglucose, positron emission tomography, colon cancer, liver metastasis, magnetic resonance

서 론

위장관암의 전이가 가장 흔하게 발견되는 장기는 간이다.¹⁾ 위장관암 환자의 약 20%에서 진단 당시에 이미 간에 전이가 된 상태에서 발견되며, 25%는 치료 경과 중 간전이 가 발생하는 것으로 알려져 있다.²⁾ 대장-직장암에서는 간전이 부위를 수술로 절제하는 것이 비수술적 요법에 비하여 5년 생존률의 향상을 가져온다고 알려져 있다.³⁾ 따라서 대장-직장암 환자에서 간전이 유무를 정확히 조기에 진단하는 것

은 치료방침을 결정하는 데 있어 매우 중요하다.

대장-직장암에서 전이 여부를 진단하기 위하여 널리 이용되는 방법은 컴퓨터단층촬영(CT)이다. 그러나 CT로는 단순 낭종(simple cyst)과 전이의 감별이 어려운 경우가 있으며, 특히 크기가 작은 병변은 CT로 감별하기 어려운 경우가 많다. 최근에는 자기공명영상(MR)을 이용하여 CT에서 발견된 병변을 감별하려는 시도가 증가하고 있으며 좋은 성적을 보고하고 있다.⁴⁻⁶⁾

대장암 환자에서 F-18 FDG 양전자방출단층촬영(F-18 FDG PET)은 진단과 병기설정, 재발 판정 등에 널리 이용되고 있다. 대장암의 간전이 진단에서도 F-18 FDG PET은 복부 CT보다 정확도가 높은 방법으로 인정되고 있으며, 그 이용이 증가하고 있다.⁷⁻¹⁰⁾

대장-직장암의 간전이의 진단에 FDG PET와 MR이 복부

• Received: 2006. 6. 26. • Accepted: 2006. 9. 17.
• Address for reprints: Won Jun Kang, M.D., Department of Nuclear Medicine, Seoul National University College of Medicine, #28 Yeongeon-dong, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea
Tel: 82-2-2072-3793, Fax: 82-2-766-9083
E-mail: mdkwj@snu.ac.kr

CT에서 발견된 병소를 감별하는 데 도움이 된다는 보고가 늘고 있다. 그러나 동일한 간전이 병변에 대하여 FDG PET과 MR을 직접 비교한 연구는 적은 실정이다. 이 연구에서는 대장-직장암 환자의 간전이에 대한 FDG PET의 진단 성능을 MR과 비교하여 보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

1998년 1월부터 2004년 9월까지 서울대학교병원에서 촬영한 조영증강 복부CT에서 간전이가 의심되는 저음영 국소 병변이 있는 대장-직장암환자들 중, 간전이 의심 병변의 감별을 위하여 PET과 MR을 모두 시행한 환자들을 대상으로 연구하였다.(M:F=17:9, Age=62±11) PET과 MR의 시행 간격은 평균 7일(당일~105일)이었고, 두 검사 사이에 항암 치료나 방사선 치료 등 치료적 요법을 시행 받은 환자는 없었다.

2. FDG PET 영상 획득

FDG PET 영상은 ECAT EXACT 47 (Siemens-CTI, Knoxville, TN, U.S.; 12명) PET scanner와 Gemini (Philips, Milpitas, U.S.; 14명) PET/CT system을 사용하여 획득하였다. 환자들은 검사 전에 8시간 이상 금식하였고, 정맥주사를 통한 포도당 주입도 금하였다. 단위 체중(kg) 당 5.18 MBq의 FDG를 전주정맥에 주사하고 60분간 휴식을 취한 후, 앙와위 상태로 진신 영상을 얻었다. 방출 영상은 소뇌 부위에서 대퇴부 상부까지 분절당 2분 30초씩 총 아홉 개의 분절을 촬영하였다. ECAT EXACT을 이용하여 획득한 방출 영상은 5분간 Ge-68 선원을 이용한 투과 촬영 및 여과후역투사(Hanning filter, cut off frequency = 8 mm)를 통해 영상 재구성 및 감쇠보정을 시행하였다. Gemini PET/CT system에서 얻은 방출 영상은, CT 영상을 512×512 matrix에서 128×128 matrix로 변형 한 후 감쇠보정에 적용하고, 3D RAMLA (row action maximum likelihood algorithm) 기법을 이용하여 재구성하였다. 보정 상수로는 영상의 각 Hounsfield unit으로부터 구한 감쇠계수를 사용하였다.

3. 조영증강 MR 영상 획득

MR 영상은 세 종류의 1.5 T 초전도 자기공명 영상기기 (Magnetom Vision, Siemens; Magnetom Expert, Siemens; GE Signa, Milwaukee, WI)를 이용하여 간 부위를 촬영하였다. 고속스핀에코기법을 이용한 호흡유발 T2 강조영상(respiratory-triggered T2-weighted turbo spin-echo

sequence), 호흡정지 상태에서 항정상태세차운동을 이용한 고속 T2 강조 영상(a breath-hold T2*-weighted fast imaging with steady-state precession (FISP) sequence), 그리고 고속저각 T1 강조 영상(a breath-hold T1-weighted fast low-angle shot sequence)을 각각 획득하였다. 호흡유발 T2 강조영상의 TR/TE는 3300-5500/85 msec, 에코열길이는 5, 자료획득행렬(matrix)은 256×512로 2회의 신호를 얻었다. 항정상태세차운동을 이용한 고속 T2 강조 영상은 TR/TE 180/12, 숙임각(flip angle) 30°, 자료획득행렬(matrix) 96×256로 1회의 신호를 얻어 획득하였다. 고속저각 T1 강조 영상은 TR/TE 120/4, 숙임각(flip angle) 70°, 자료획득행렬(matrix) 120×256로 1회의 신호를 얻어 획득하였다. 모든 강조 영상의 두께는 6 mm로, 10%의 간격을 두었으며, 영상면적(field of view)은 간의 크기에 따라 350-400 mm으로 하였다. Gadopentetate dimeglumine (Magnevist, Schering) 0.1 mmol/kg을 자동주입기를 이용하여 급속주입하고, 각각 20초, 40초, 120초 후에 지방포화 다상성 역동적 T1 강조 3D FLASH 영상(TR/TE 3.4/1.6; 획득시간 20초; 숙임각 20; 자료획득행렬 121×256)을 얻었다.

26명 중 8명의 환자에서는 SPIO 조영증강 MR 영상을 획득하였다. SPIO 조영증강 MR영상은 호흡 유발 T2 강조 고속스핀에코 영상과 호흡정지 T2 강조 항정상태세차운동 영상으로 구성되어있고, 두 영상 모두 앞서 기술한 것과 같은 방법으로 촬영하였다. SPIO 조영제 (Resovist; Schering, Berlin, Germany)는 철 8 µmol/kg의 용량으로 5-µm filter (1 mL/sec)를 통해 빠르게 정맥 주사한 후 약 10분째부터 촬영하였다.

4. 영상 분석

병리 결과 또는 추적 관찰 결과를 모르는 두 명의 핵의학 과 의사가 26명의 환자에게서 얻은 FDG PET과 MR 영상에서 간전이 병변의 유무와 개수, 성상 (악성 또는 양성) 및 위치를 분석하였다.

FDG PET에서 재구성된 횡측영상, 관상영상, 시상영상을 보고 육안분석으로 간전이 여부를 합의에 의하여 판정하였다. 축방향 단층 영상에서 주변과 구별되는 국소 FDG 섭취가 있을 때, 악성으로 판정하였고, 병변부의 당대사를 정량화하기 위하여 최대 표준화섭취계수(maximum standardized uptake value, maxSUV)를 구하였다. 최대 표준화섭취계수(maxSUV)는 감쇠보정된 PET 영상의 연조직 섭취를 체중 당 투여한 FDG의 양으로 나누어 구하였다. 관심영역(region of interest)은 감쇠보정된 진신 영상의 횡단면상

Table 1. Diagnostic Accuracy of FDG PET and MR to Detect Liver Metastasis (n=35)

		Pathology	
		Metastasis	Benign
PET	Metastasis	17	1
	Benign	1	16
MR	Metastasis	18	3
	Benign	0	14

에서 병변 주변부를 마우스로 그려 선정하였다.

간내 병변의 크기는 CT에서 횡축면 영상을 토대로 측정하였으나, 전이 여부 판정에는 CT 소견을 참고하지 않았다.

MR 영상에서는 T1 강조 영상에서 저 신호 강도를 보이고 T2 강조 영상에서 고 신호 강도를 보이는 국소 병변을 간전이 병변으로 판정하였다.

5. 간전이의 판정 기준

26명의 환자 중 17명에서는 간분엽절제술 및 종양절제술을 통해 얻어진 병리 소견 또는 외과 의사가 기술한 수술 소견을 최적 기준으로 삼았다. CT, MR, FDG PET 결과에서

Table 2. FDG PET Correlation with MR in Liver Metastases Lesion Detection

		MR	
		Positive	Negative
PET	Positive	17	1
	Negative	4	13

McNemar test: p=0.063 for sensitivity, 1.0 for specificity. Numbers denote numbers of liver lesions.

또는 임상적으로 양성 병변으로 진단되어 수술적 치료가 필요하지 않다고 판단되었던 경우나, 타 장기로의 전이로 인하여 병리 소견 없이 항암치료를 시행하였던 경우 등 병리 조직을 얻을 수 없었던 나머지 9명의 환자에서는 임상적인 소견 및 2~6개월 후 시행한 추적 영상 결과를 판정 기준으로 삼았다.

임상적으로 PET결과와 CT/MR 결과를 종합하여 전이로 판단하여 항암요법 등의 치료요법을 시행하였거나, 추적 영상에서 병변의 크기가 커진 경우는 간전이로 판정하였다. 임상적으로 병의 증거가 없는 것으로 판단하여 추적관찰만 하였거나, 추적 영상(CT, MR, PET, 또는 초음파 등)에서 병변의 크기가 커지지 않은 경우는 양성으로 판정하였다.



Fig. 1. Images obtained in a 71-year-old male patient with colon cancer. (A) Transaxial FDG PET and (B) PET/CT images show a focal hypermetabolic lesion (maxSUV 10.9) in liver segment 8 suggesting metastasis (arrow). (C) T2-weighted transverse MR image also shows the corresponding high signal intensity lesion (arrow). Pathologic result confirmed this lesion as metastasis.



Fig. 2. Images obtained in a 53-year-old male patient with colon cancer. (A) Transaxial FDG PET and (B) PET/CT images show a focal hypermetabolic lesion (maxSUV 4.7) in liver segment 6 (arrow). (C) T2-weighted transverse MR image shows a high signal intensity lesion at the corresponding level (arrow). Pathologic result confirmed this lesion as metastasis.

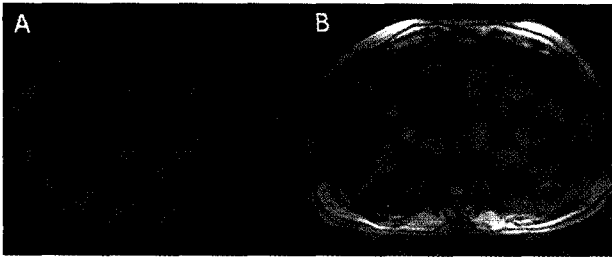


Fig. 3. Images obtained in a 61-year-old male patient. (B) Liver metastasis is suspected in SPIO-enhanced MR image (arrow), but (A) there is no significant FDG uptake in the corresponding area. This lesion was identified as a benign cyst in surgical operation field.

6. 통계처리

각 검사의 민감도 및 특이도를 위와 같은 판정 기준에 맞추어 계산하고, McNemar test를 이용하여 각 검사의 성능을 비교하였다. 또한 ROC (receiver operating characteristic) 곡선 분석을 통하여 maxSUV의 결정점(cut-off value)을 구하였다.

결 과

26명의 환자들의 영상 검사를 분석하여 총 44개의 간병변을 발견하였다. 이 중 판정 기준이 불분명한 9개 병변을 제외하고, 총 35개의 병변을 분석 대상으로 삼았다. 환자 중 17명은 처음 대장암을 진단받은 환자로, 수술 전 검사로 PET과 MR이 시행되었으며, 나머지 9명에서는 수술 후 추적 관찰 중 재발의 진단을 위하여 PET과 MR이 시행되었다. 두 검사 사이에 항암치료나 방사선 치료 등 치료적 요법을 시행 받은 환자는 없었다.

간전이의 판정 기준에 의하여 35개의 병변 중에서 18개(51.4%)의 병변은 간전이로 판명되었으며, 나머지 17개(48.6%)는 양성 병변(단순 낭종 12개, 지방 침착 1개, 혈관종 1개, 농양 1개, 호산구성농양 1개, 동정맥단락 1개)으로 판명되었다. Figure 1과 2에 PET과 MR이 모두 간전이를 진단한 환자의 예를 제시하였다.

MR과 PET은 CT검사로 얻을 수 있는 정보 외에 추가적인 역할을 담당하였다. 2명의 환자에서는 CT에서 간전이가 의심되는 소견이 있었으나, PET에서 이상 FDG 섭취 소견 보이지 않아 양성 병변으로 판정하였고, 최종적으로 각각 혈관종과 호산구성농양으로 판정되었다. 또한, 6명의 환자에서는 간외전이를 진단할 수 있었다.

1. 환자 단위 분석

환자 수를 기준으로 분석하였을 때, FDG PET은 26명의 환자 중 간전이를 동반한 15명의 환자를 모두 진단하여 예민도 100%를 보였으며, 간전이가 없었던 11명 중 10명의 간전이 가능성을 배제하여 특이도 90.9%를 보였다. MR은 FDG PET과 마찬가지로 예민도는 100%, 특이도는 90.9%의 같은 결과를 보였다.

2. 병변 단위 분석

총 35개의 병변 중 FDG PET은 18개의 간전이 병변 중 17개를 찾아내어 94.4%의 민감도를 보였으며, 특이도는 94.1% (16/17), 양성예측률은 94.4% (17/18), 음성예측률은 94.1% (16/17)를 나타내었다. MR은 모든 간전이 병변을 찾아내어 100%의 민감도를 보였고, 3개의 위양성 병변으로 인하여 82.4% (14/17)의 특이도를 나타내었다. MR의 양성예측률은 85.7% (18/21), 음성예측률은 100% (14/14)이었다. 이를 요약하여 Table 1에 제시하였다. FDG PET에서 위양성을 보였던 1개의 병변은 segment 7에 위치한 직경 8 mm의 병변이었으며, 위양성을 보였던 1개의 병변은 10 mm 이하의 낭종성 병변(maxSUV 2.8)이었다.

35개의 병변 중 CT, MR, FDG PET 등 3가지 영상 검사의 진단이 모두 일치한 경우는 간전이 15개(83.3%), 양성 병변 12개(70.6%)로 전체적으로는 77.1%의 일치도를 보였다. FDG PET과 MR의 경우 총 30개(85.7%)의 병변에서 진단이 일치하였으며, 나머지 5개의 병변에서는 진단이 상이하였다. 두 검사를 비교한 결과는 Table 2와 같다. 진단이 일치하지 않았던 5개의 병변 중 4개는 MR에서 전이소견이었으나 FDG PET에서 음성을 보였다. 이들 중 3개의 병변은 모두 MR 위양성인 낭종과 호산구성 농양이었다. Figure 3은 MR 위양성 소견을 보인 낭종의 예이다. 나머지 1개의 병변은 간전이로 판정되어 FDG PET 결과가 위음성이었다.

MR에서 음성이고 FDG PET에서 전이소견을 보였던 1개의 병변은 간전이 병변으로 판정되어 MR결과가 위음성이었던 경우였다.

두 기기간의 차이를 점검하기 위하여, Gemini PET/CT system과 ECAT EXCAT 47에서 검사를 시행한 환자군을 나누어 분석하였다. Gemini PET/CT system에서 촬영된 13명의 환자에서 확인된 총 24개의 병변을 대상으로 SUV 3.1을 기준으로 분석하였을 때, 간전이 진단에 대한 민감도 100% (16/16), 특이도는 87.5% (7/8)로 전체 분석과 유의한 차이가 없었다. ECAT EXACT 47에서 촬영된 8명의 환자 11개 간병변에 대한 분석 결과 민감도 50% (1/2), 특이도 100% (9/9)를 보여 민감도가 낮은 것처럼 보이나, 병

변의 수가 적어 직접 비교하기는 어렵다.

3. 작은 병변 분석(크기<10 mm)

직경 10 mm 이하인 병변들만 분석했을 때, 총 20개의 병변에 대하여 FDG PET은 민감도 85.7%(6/7), 특이도 92.3%(12/13), MR은 민감도 100% (7/7), 특이도 76.9% (10/13)로 FDG PET이 MR보다 민감도는 낮았으나, 특이도는 높아, 정확도는 차이를 보이지 않았다.(p=0.5)

4. SUV와 ROC 곡선 분석

간전이 병변의 평균 maxSUV는 6.7±3.8 [range 1.8-13.8]이었으며 양성 병변의 maxSUV는 2.3±1.0 [range 0.6-5.1]이었다. ROC 곡선 분석을 통하여 구한 간전이와 양성 병변을 감별할 수 있는 maxSUV의 결정점은 3.1 이었다.(ROC 아래의 면적 = 0.897, 민감도 83.3%, 특이도 94.1%).(Fig. 4).

Gemini PET/CT system에서 촬영된 13명의 환자들만을 대상으로 24개의 간병변을 분석하였을 때, 간전이 병변의 평균 maxSUV는 7.3±3.7 [range 2.0-13.8]이었으며 양성 병변의 maxSUV는 2.6±0.4 [range 1.9-2.9]이었다. ROC 곡선 분석을 통하여 구한 간전이와 양성 병변을 감별할 수 있는 maxSUV의 결정점은 3.1로 전체 분석과 같은 결과를 보였다.(ROC 아래의 면적 = 0.910, 민감도 87.5%, 특이도 100%)

5. 간외전이의 진단

26명의 환자 중 6명에서는 PET에서 간 외 전이가 진단되었다. 3명에서는 복부의 창자간막림프절, 대동정맥림프절, 그리고 장골림프절 전이를, 2명에서는 폐전이가 진단되었으며, 1명에서는 갑상선암을 추가로 진단할 수 있었다.

고 찰

이 연구에서는 대장-직장암의 간전이의 진단에 FDG

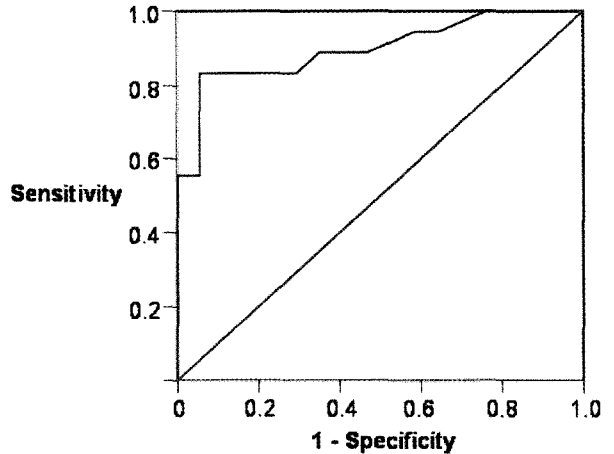


Fig. 4. On analysis, receiver operating characteristic (ROC) curve analysis revealed maxSUV 3.1 as the optimum standard in differentiating metastatic from benign liver lesions (sensitivity 83.3%, specificity 94.1%).

PET의 진단 성능이 우수함을 입증하였다. 대장-직장암의 간전이 진단에서 FDG PET과 MR이 모두 이용되고 있지만, 현재까지 동일한 환자에서 간전이 진단 성능을 직접 비교한 연구는 제한적이었다. 이에 이 연구에서는 동일 병변에 대한 FDG PET과 MR의 진단 성능을 비교하였으며, 그 결과 간전이의 진단에 있어서 두 영상 검사는 서로 대등한 성적을 보이고 있음을 알 수 있었다. 또한, 기존에 FDG PET의 한계점이라고 생각되던 10 mm 이하의 작은 병변에 대해서도 FDG PET은 MR과 대등한 성적을 가진다는 것을 보였다.

간전이 진단에 주로 이용되는 방법은 초음파와 복부CT이다. 그러나 간전이 진단에 있어서 초음파는 검사자의 숙련도에 적지 않은 영향을 받고, 10 mm 미만의 작은 병변에 대해서는 신뢰도가 낮은 것으로 알려져 있다. 복부CT는 초음파보다 민감도가 높다고 보고되고 있으나, 알려진 민감도는 70~85%로 여전히 낮은 편이다. CT arterial portography (CTAP)를 통하여 81~93%까지 민감도를 높였다는 보고도



Fig. 5. Images of a small liver lesion less than 1cm in diameter obtained in a 53-year-old male patient. (A) Transaxial FDG PET and (B) PET/CT images demonstrate a definite focal hypermetabolic lesion in liver tip suggesting metastasis. This was confirmed as metastasis on pathology. (C) MR also shows liver metastasis.

있다. 기술의 발달로 CT 자체의 민감도가 높아짐에 따라 10 mm 이하의 작은 병변들도 더 많이 찾아내게 되었으나, 특이도의 하락을 가져올 수 있어 오히려 간전이의 감별은 더욱 어려워졌다.¹⁰⁾ 이 연구에서 포함된 환자들은 CT에서 발견된 병변의 감별을 위하여 MR과 FDG PET을 시행하였다.

MR에서 대장-직장암의 간전이 병변은 대개 T2 강조 영상에서 중등도의 고강도 신호를, 그리고 T1 강조 영상에서는 저강도 신호를 보인다. 대부분의 간전이 병변은 혈관이 잘 발달되어 있지 않고, 정상 간조직과는 달리 간동맥에서 혈류를 주로 공급받기 때문에, Gadolinium을 포함한 조영제를 사용할 경우 동맥기에서 조영증강되고 문맥기에서 신호가 감소하는 것을 이용하여 민감도를 높이는 방법을 사용하기도 한다.¹⁰⁾ 또는 Kuppfer cell이 없는 점을 이용하여 ferumoxides와 같은 super-paramagnetic agent를 사용하는 경우도 있는데, 이러한 방법은 간전이를 찾아내는데 있어서 CTAP 또는 contrast enhanced multislice CT만큼 민감하며, 보다 특이적인 것으로 알려져 있다.^{11,12)} 최근에는 Magnafodipir Trisodium이나 gadobenate dimeglumine을 사용하여 민감도를 높이려는 노력을 하고 있다.^{4,5)}

FDG PET은 대장-직장암의 간전이 발견에 있어 민감도가 90~100% 되는 것으로 보고되고 있다.^{13,14)} Vitola 등⁸⁾은 FDG PET의 성적을 민감도 90%, 정확도 93%라고 보고하였으며, CTAP는 민감도가 높았으나 위양성이 많아 정확도가 76%로 유의하게 낮음을 보였다. 다른 연구 결과에서도 PET의 높은 민감도와 특이도가 보고되고 있다.^{7,9)} Kinkel 등¹⁵⁾은 54개의 연구를 메타 분석한 결과, 동등한 특이도 수준에서 PET이 초음파나 CT 또는 MR보다 민감도가 높다고 주장하였다. 이 연구에서 보고한 PET의 예민도와 특이도는 모두 90%를 넘어 기존 보고와 큰 차이를 보이지 않았다.

PET과 MR의 진단 성능을 비교한 논문에서 Sahani 등⁴⁾은 27명의 대장암 환자를 대상으로 연구한 결과, FDG PET이 간 외의 타 장기의 병변을 찾아내거나 병기 결정 과정에서 추가적인 정보를 제공해 주지만, Magnafodipir Trisodium-Enhanced Liver MR이 작은 간전이 병변을 찾아내는 데에는 보다 우수하다고 보고하였다. Sanjeeva 등⁵⁾도 23명의 환자에서 97개의 병변을 분석하였는데, MnDPDP를 이용한 MR과 FDG PET을 비교하여 유사한 결론을 내린 바 있다. 대단위 연구가 없어 PET과 MR의 진단 성적의 우월성을 따지기는 아직 어렵지만 현재 문헌 보고는 일관되게 PET과 MR이 비슷한 성적을 보이고 있다. 이 연구의 결과도 PET과 MR이 비슷한 진단 성적을 보여 기존 보고와 유사하였지만, MR이 보다 예민하고, PET이 보다 특이도가 높은 경향을 보였다.

FDG PET을 이용한 간병변의 감별진단에서 제한점은 일부 간암 환자에서는 위음성을 보이고, 간농양이나 기타 감염성 질환에서 위양성을 나타내기도 한다는 것이다.^{16,17)} 이 연구에서는 간농양이 ROC curve에서 분석한 악성-양성 기준점보다 높은 maxSUV를 보였다. PET의 공간해상도가 낮아서 위음성이 발생한다는 보고가 있었으나, 이들 연구는 감쇠보정을 하지 않은 영상을 분석한 것이기에, 환자의 몸 내측에 깊숙이 위치한 병변의 경우는 뚜렷하지 않게 보였을 가능성이 있다.^{7,9,18)} 최근 PET은 모두 감쇠보정을 하고 있으며 더 나아가 PET-CT의 도입으로 PET의 위양성을 줄일 수 있을 것으로 보인다. 간 자체의 FDG섭취가 정상적으로 있으며 정상적으로도 불규칙한 섭취를 보이는 경우가 흔히 보인다. PET-CT의 도입은 이러한 불규칙한 FDG 섭취 부위와 CT상의 병변부위가 정확히 일치하는 지 확인할 수 있게 하여 해부학적 위치 오류에 의한 위양성을 상당부분 줄일 수 있을 것으로 보인다.

또한 PET은 간 외 전이를 발견할 수 있는 장점이 있다. 이 연구에 포함된 대상 중 간전이 외에 폐전이 등이 발견된 경우 치료 방침 결정에 영향을 주었고, 이차암을 발견한 경우도 있었다. Lai 등¹⁹⁾은 간전이에 대하여 절제술을 고려하고 있던 환자 중 32%에서 간 외 전이를 찾아냈다고 보고하였다. 간 외 전이에 대한 PET의 역할은 이 외에 여러 연구에서 입증되고 있다.¹⁰⁾

이 연구는 후향적 연구이며, 대상의 수가 적고 대상 집단에 병기설정과 재발판정이 모두 포함되어 있다는 한계를 가지고 있다. 또한, 2가지 다른 기종의 PET 기기에서 촬영된 영상들을 maxSUV의 보정 단계를 거치지 않고 함께 분석하였다. 두 기기간의 maxSUV값이 기기 자체의 특성과 감쇠보정방법에 따라 차이가 있을 수 있으나, 기기별로 나누어 분석한 결과 민감도와 특이도는 전체 결과와 유의한 차이를 보이지 않았다. Cesium과 CT에 의한 감쇠계수의 정량적 차이를 비교한 논문을 보면 CT에 의한 감쇠보정을 한 경우 SUV가 1.17배 높게 측정되었다고 보고하였다²⁰⁾. 그러나 SUV값 15-17% 차이가 연구 결과에 유의한 영향을 주지 않아 SUV의 보정 없이 함께 분석하였다. 또한, 두 기기간의 차이와 감쇠보정방법에 따른 차이가 있을 수 있으나 각각의 군을 따로 분석하기에는 대상의 수가 적었으며, 각각의 군에서 비슷한 결과를 보였기 때문에 함께 분석하였다. 이 연구에서 비교한 MR의 프로토콜에 SPIO를 사용한 MR과 gadopentetate를 이용한 MR이 모두 포함되어 있다. 해부학적 위치정보가 정확한 PET/CT영상과 현재 이용이 증가하고 있는 SPIO 조영증강 MR의 대단위 연구가 필요하리라 생각된다.

결론적으로, 이 연구에서 FDG PET은 간전을 진단하는데 MR과 대등한 민감도와 특이도를 보였다. 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만 간전이에 대한 FDG PET의 음성예측도는 MR보다 높았으며, 직경 10 mm 미만의 작은 병변에 대해서도 FDG PET은 우수한 성적을 보였다.

요 약

목적: 대장-직장암에서 간전이 여부를 진단하기 위한 영상 검사 방법으로 기존에는 CT 촬영을 시행하여 왔다. 최근에는 MR 및 FDG PET을 간전이 진단에 적극적으로 활용하고 있는 추세이다. 이에 이 연구에서는 대장-직장암 환자에서 간전이에 대한 FDG PET의 진단적 가치를 MR과 비교하여 보고자 하였다. **대상 및 방법:** 대장-직장암으로 확진된 환자들 중에 간전을 진단 또는 배제하기 위하여 CT 이외에도 MR 및 F-18-FDG PET (conventional PET 및 fusion PET)을 모두 시행한 환자는 26명이었다. 이 연구에서는 26명의 환자들에게서 영상화 된 35개의 병변을 분석의 대상으로 삼고, FDG PET과 MR의 민감도 및 특이도를 간분엽절제술 및 중앙절제술을 통해 얻어진 병리소견 및 임상소견 또는 추적 영상 소견을 표준으로 하여 각각 구하였다. FDG PET과 MR은 평균 7일 간격으로 시행되었으며, 두 검사 사이에 치료적 요법을 시행 받은 환자는 한 명도 없었다. **결과:** 병리 결과, 35개의 병변 중에서 18개(51.4%)의 병변은 간전이로 판명되었으며, 나머지 17개(48.6%)는 낭종, 지방, 혈관종, 농양, 호산구성농양 등의 양성 병변으로 판명되었다. 35개의 병변 중 MR과 FDG PET의 진단이 일치한 병변은 간전이 17개(94.4%)와 양성 병변 13개(76.5%)로 전체적으로는 85.7%의 일치도를 보였다. FDG PET의 민감도는 94.4% (17/18), 특이도는 94.1% (16/17)였으며 MR의 민감도는 100% (18/18), 특이도는 82.4% (14/17)이었다. MR에서 위양성을 보였던 3개의 병변은 낭종과 호산구성농양이었고, FDG PET에서 위음성을 보였던 1개의 병변은 직경 8 mm의 작은 병변이었다. 직경 10 mm 이하인 병변들만 분석했을 때, 총 20개의 병변에 대하여 FDG PET은 민감도 85.7%(6/7), 특이도 92.3%(12/13), MR은 민감도 100%(7/7), 특이도 76.9% (10/13)를 보였다. 그 외에도 간전이 병변의 평균 maxSUV는 6.7±3.8로 간전이와 양성병변을 최적으로 감별할 수 있는 maxSUV의 cutoff value는 3.1 이었다.(AUC=0.897, p<0.001, 민감도 83.3%, 특이도 94.1%) **결론:** FDG PET은 간전을 진단하는데 MR과 대등한 민감도와 특이도를 보였다. 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만 간전이에 대한 FDG PET의 음성예측도는 MR보

다 높았으며, 직경 10 mm 미만의 작은 병변에 대해서도 FDG PET은 우수한 성적을 보였다. 향후 대장암의 간전이 진단에 FDG PET이 유용하게 이용될 것이다.

References

1. Parker SL, Tong T, Bolden S, Wingo PA. Cancer statistics, 1997. *CA Cancer J Clin* 1997;47:5-13.
2. Wiering B, Krabbe PF, Jager GJ, Oyen WJ, Ruers TJ. The Impact of F18-Deoxyglucose-Positron Emission Tomography in the Management of Colorectal Liver Metastases. *Cancer* 2005;104:2658-70.
3. Fusai G, Davidson BR. Management of colorectal liver metastases. *Colorectal Dis* 2003;5(1):223.
4. Sahani DV, Kalva SP, Fischman AJ, Kadavigere R, Blake M, Hahn PF et al. Detection of Liver Metastases from Adenocarcinoma of the Colon and Pancreas: Comparison of Magnafodipir Trisodium-Enhanced Liver MRI and Whole Body FDG PET. *Am J Roentgenol* 2005;185:239-46.
5. Kalva SP, Sahani DV, Ryan D, Fischman AJ, Hahn PF, Mueller P et al. Detection of Liver Metastases From Gastrointestinal Cancer: Comparison Of High Resolution MnDPDP Enhanced MRI And FDG PET. *Acad Radiol* 2005;12(1):S17-20.
6. Yang M, Martin DR, Karabulut N, Frick MP. Comparison of MR and FDG-PET imaging for evaluation of liver metastases. *J Magn Reson Imaging* 2003;17:343-9.
7. Bohm B, Voth M, Geoghegan J, Hellfritsch H, Petrovich A, Scheele 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;130:2667-2.
8. Vitola JV, Delbeke D, Sandler MP, Campbell MG, Powers TA, Wright JK, et al. Positron emission tomography to stage suspected metastatic colorectal carcinoma to the liver. *Am J Surg* 1996;171:216.
9. Hustinx R, Paulus P, Jacquet N, Jerusalem G, Bury T, Rigo P. Clinical evaluation of whole-body ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the detection of liver metastases. *Ann Oncol* 1998;9:397401.
10. Saunders TH, Mendes Ribeiro HK, Gleeson FV. New techniques for imaging colorectal cancer: the use of MRI, PET and radioimmunoscintigraphy for primary staging and follow-up. *Br Med Bull* 2002;64:81-99.
11. Seneterre E, Taourel P, Bouvier Y, Pradel J, Van Beers B, Daures JP, et al. Detection of hepatic metastases: ferumoxides enhanced MR imaging versus unenhanced MR imaging and CT during arterial portography. *Radiology* 1996;200:785-92.
12. Hagspiel KD, Neidi KF, Eichenberger AC, Weder W, Marincek B. Detection of liver metastases: comparison of superparamagnetic iron oxide enhanced and unenhanced MR at 1.5 T with dynamic CT, intraoperative ultrasound and percutaneous ultrasound. *Radiology* 1995;196:471-8.
13. Zhuang H, Sinha P, Pourdehnad M, Duarte PS, Yamamoto AJ, Alavi A. The role of positron emission tomography with fluorine-18-deoxyglucose in identifying colorectal cancer metastases to liver. *Nucl Med Commun* 2000;21:793-8.
14. Yasuda S, Takahashi W, Takagi S, Ide M, Shohtsu A. Primary colorectal cancers detected with PET. *Jpn J Clin Oncol* 1998;28:638-40.
15. Kinkel K, Lu Y, Both M, Warren RS, Thoeni RF. Detection of

- hepatic metastases from cancers of the gastrointestinal tract by using noninvasive imaging methods (US, CT, MR imaging, PET): a meta-analysis. *Radiology* 2002;224:748-56.
16. Kim J, Ahmad SA, Lowy AM, Buell JF, Pennington LJ, Moulton JS, et al. An algorithm for the accurate identification of benign liver lesions. *Am J Surg* 2004;187:274-9.
 17. Hain SF, Fogelman I. Recent advances in imaging hepatocellular carcinoma: diagnosis, staging and response assessment: functional imaging. *Cancer J* 2004;10:121-7.
 18. Khandani AH, Wahl RL. Applications of PET in Liver Imaging. *Radiol Clin N Am* 2005;43:849-60.
 19. Lai DT, Fulham M, Stephen MS, Chu KM, Solomon M, Thompson JF, et al. The role of whole-body positron emission tomography with F-18-fluorodeoxyglucose in identifying operable colorectal cancer metastasis to the liver. *Arch Surg* 1996;131:703-7.
 20. Kim JS, Lee JS, Lee DS, Park EK, Kim JH, Kim JI, et al. Quantitative Differences between X-Ray CT-Based and ¹³⁷Cs-Based Attenuation Correction in Philips Gemini PET/CT. *Kor J Nucl Med* 2005;39:182~90.