

종양 환자의 F-18 FDG PET/CT에서 관찰된 심근 섭취의 임상적 의미

연세대학교 의과대학 세브란스병원 핵의학과
조호진 · 조응혁 · 이종두 · 강원준

Clinical Significance of Myocardial Uptake on F-18 FDG PET/CT Performed in Oncologic Patients

Ho Jin Cho, M.D., Arthur Cho, M.D., Jong Doo Lee, M.D., Ph.D., and Won Jun Kang, M.D., Ph.D.
Division of Nuclear Medicine, Department of Radiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: F-18 fluorodeoxyglucose (FDG) uptake of myocardium is influenced by various factors. Increased glycolysis, and subsequent increased F-18 FDG uptake has been reported in ischemic cardiomyopathy. However, clinical significance of incidentally found myocardial F-18 FDG uptake has not been clarified. We retrospectively reviewed the degree and pattern of myocardial uptake in patients without history of ischemic heart disease who underwent torso F-18 FDG PET/CT for evaluation of neoplastic disease. **Materials and Methods:** From January 2005 to June 2009, 77 patients who underwent F-18 FDG PET/CT and Tc-99m sestamibi stress/rest SPECT within 3 months were enrolled. **Results:** Of 77 patients, 55 (71.4%) showed increased F-18 FDG uptake in the myocardium. In this population, 40 showed uniform uptake pattern, while 15 showed focal uptake. In patients with uniform uptake, 17 showed decreased uptake in the septum without perfusion defect on myocardial SPECT. Remaining 23 patients showed uniform uptake, with 1 reversible perfusion defect and 1 fixed perfusion defect. In 15 patients with focal uptake, 9 showed increased F-18 FDG uptake in the base, and only 1 of them showed reversible perfusion defect on myocardial SPECT. In the remaining 6 focal uptake group, 4 had reversible perfusion defect in the corresponding wall, and 1 had apical hypertrophy. **Conclusion:** We demonstrated that septal defect pattern and basal uptake pattern in the myocardium may represent normal variants. Focal myocardial uptake other than normal variants on oncologic torso F-18 FDG PET/CT with routine fasting protocol may suggest ischemic heart disease, thus further evaluation is warranted. (Nucl Med Mol Imaging 2009;43(6):519-525)

Key Words: F-18 FDG, PET, myocardium, ischemia, glucose metabolism

서 론

금식 상태에서 정상 심근은 휴식기에 지방산을 주된 기질로 이용하지만, 가역적인 허혈성 심질환이 있을 경우에는 포도당을 기질로 이용하여 심근의 포도당 대사가 증가한다고 보고되었다.¹⁻²⁾ 정상 심근은 산화 대사를 통하여 에

너지를 얻으나, 허혈 상태에서는 미토콘드리아에서 산소를 필요로 하는 산화 대사 대신에 세포질에서 혐기성 해당 작용을 통하여 adenosine triphosphate (ATP)를 생산하여 세포의 온전성(integrity)을 유지한다. 따라서 허혈시 심근의 대사 기질이 지방산에서 포도당으로 전환되는 것은 심근 생존을 유지하는데 중요하며, 이는 허혈성 심질환에 의한 혈류 감소에 대처하기 위한 초기 반응으로 생각된다.²⁻⁶⁾

F-18 fluorodeoxyglucose (FDG)는 포도당 유사체로 세포에 섭취된 후 인산화 과정을 거쳐 축적되며 이 과정에서 ATP가 필요하다. 따라서 FDG 축적은 생존 세포에서만 나타나며 이러한 특징을 이용하여 F-18 FDG positron emission tomography (PET)는 생존 심근을 진단하는데 사용되고 있다. 심근에 FDG가 섭취되는 정도는 심근의 포도당 대사와 비례하기 때문에 심근의 포도당 대사량을 측정할 수 있으며, 이전 연구에서는 허혈성 심질환이 있거나

• Received: 2009. 8. 10. • Revised: 2009. 10. 6.
• Accepted: 2009. 11. 10.
• Address for reprints: Won Jun Kang, M.D., Ph.D., Division of Nuclear Medicine, Department of Radiology, Yonsei University College of Medicine, 134, Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-753, Korea
Tel: 82-2-2228-2391, Fax: 82-2-312-0578
E-mail: mdkwj@yuhs.ac
※연세대학교 의과대학 2007년도 신진교수연구비에 의하여 이루어졌음(2007-0158).

의심되는 환자에서 운동 부하 후 F-18 FDG PET을 시행하여 심근 허혈을 직접 영상화하였다고 보고하였다.⁷⁾ 따라서 FDG 섭취는 정상 심근과 허혈성 심근 간의 포도당 섭취 차이를 반영하고, 허혈성 심질환의 표지자로서의 역할이 있을 것으로 기대되었다.

그러나 심근의 F-18 FDG 섭취는 건강한 사람 또는 허혈성 심질환의 과거력이 없는 중양 환자에서 다양하게 나타날 수 있다고 보고되었다. 동일한 사람에서 심근 섭취는 시간이 경과함에 따라서 변화하거나 변화하지 않는다고 보고되었고, 섭취 분포 또한 다양하게 관찰되었다.⁸⁻¹¹⁾ 따라서 심근에서 관찰할 수 있는 F-18 FDG 섭취 정도 및 분포가 가지는 임상적인 의미는 아직 분명히 밝혀져 있지 않다. 휴식기 F-18 FDG 섭취가 정상에 비하여 증가된 심근이 허혈성 심질환에 의한 해당 작용 상승에 의한 것인지 확인하고 그 분포와 섭취 정도에 대하여 알아보는 것이 필요하다.

이 연구에서는 허혈성 심질환의 과거력이 없는 중양 환자에서 시행한 F-18 FDG PET/CT 영상을 후향적으로 분석하였다. 심근의 F-18 FDG 섭취 정도 및 분포를 관찰하고, 심근 관류 single photon emission computed tomography (SPECT) 소견과 비교하여 F-18 FDG 심근 섭취 소견으로 심근 허혈을 예측할 수 있는지를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2005년 1월부터 2009년 6월까지 F-18 FDG PET/CT를 시행한 환자 중 3개월 이내에 Tc-99m sestamibi 부하/휴식 심근 관류 SPECT를 시행한 환자 77명을 대상으로 후향적 분석을 시행하였다. 관상동맥질환, 심근경색, 관상동맥중재술, 관상동맥우회로이식술의 과거력이 있는 환자는 제외하였다.

2. F-18 FDG PET/CT 영상 획득

모든 환자는 검사 시작 전 6시간 이상 금식을 한 상태에서 몸무게 kg 당 5.18 MBq (0.14 mCi/kg)의 F-18 FDG를 정맥주사하고, 60분 후 PET/CT scanner (Discovery STE, GE Healthcare, USA)에서 영상을 획득하였다. 두개골 기저에서 대퇴부 중반까지 감쇠보정용 CT 영상을 얻었고, 한 bed당 3분씩 PET 방출 영상을 얻었다. PET 영상은 CT 영상을 이용하여 감쇠 보정한 후 OSEM (ordered-subsets expectation maximization) 방식(8 subsets, 2 iterations)으로 영상을 재구성하였다. PET의 심근 분포를 심근

관류 SPECT와 비교하기 위하여 PET 영상의 DICOM 파일을 심근 관류 SPECT용 워크스테이션(Xeleris, GE Healthcare)으로 옮겨 분석하였다. 심근 F-18 FDG PET 영상은 수평 장축단면상, 수직 장축단면상, 단축단면상으로 재정위하였다.

3. 심근 SPECT 영상 획득

SPECT 영상은 Tc-99m sestamibi 370 MBq를 정맥 주사하고 60분 후 휴식기 영상을 얻었고, 3-4시간이 지난 후에 아테노신으로 약물 부하를 시행하였다. 아테노신(140 µg/kg/min)은 6분간 주사하였고 주사를 시작한지 3분이 지난 후 Tc-99m sestamibi (740-1110 MBq)를 주사하고 60분 후 부하기 영상을 얻었다. 저에너지 고해상도 조준기를 장착한 2중 헤드 감마카메라(Varicam, GE Medical Systems, USA)를 이용하였으며 우선사위에서 좌후사위까지 3도의 간격으로 180도를 회전하면서 영상을 얻고 다시 회전하는 방식(step-and-shoot)으로 각 영상 당 20초씩 영상을 얻었다. 매트릭스 크기는 64×64를 사용하였고, 에너지 창은 140 keV에 중심을 두고 20% 창을 열었다. 심전도 상 R-R 간격을 8 프레임으로 나누어 각 프레임 당 50%의 범위에서 게이트 영상을 얻었고, 여과역투사 방식을 이용하여 영상을 재구성하였다.

4. 영상 분석

심근의 F-18 FDG 섭취는 2명의 핵의학과 의사가 섭취 정도를 4단계(0: 섭취 없음, 1: 경도 섭취, 2: 중등도 섭취, 3: 강한 섭취)로 나누어 평가하였다. 섭취 없음은 배경과 구별되지 않는 정도의 섭취를 보이는 경우로, 경도 섭취는 인지 가능한 정도로 증가된 섭취를 보이면서 간 섭취에 비해 낮은 경우로, 중등도 섭취는 간 섭취와 비슷한 경우로, 강한 섭취는 간 섭취에 비해 증가된 섭취를 보이는 경우로 정의하였으며 섭취 없음은 음성, 경도 이상의 섭취는 양성으로 구분하였다. 양성 섭취를 보일 경우에는 섭취 분포를 균등 분포와 국소 분포로 나누어 분석하였다.^{12,13)}

SPECT의 분석은 17분절 모델을 적용하여 육안 분석을 시행하였고, 부하/휴식 영상을 비교하여 가역성 관류 결손과 비가역성 관류 결손으로 나누었다.

5. 통계 분석

통계학적인 분석은 SAS software (version 9.1 SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 independent t-test, kappa statistic을 시행하였고, P 값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 판단하였다.

Table 1. Patient Characteristics

Total	77
Sex	
Male	33 (42.9%)
Female	44 (57.1%)
Age	66.9±9.6
Body mass index (kg/m ²)	23.7±3.6
Systolic blood pressure (mmHg)	129.3±21.1
Diastolic blood pressure (mmHg)	77.3±10.4
Symptoms	
None	51 (66.2%)
Typical chest pain	6 (7.8%)
Atypical chest pain	9 (11.7%)
Nonanginal chest pain	11 (14.3%)
Cardiovascular Risk Factors	
Diabetes mellitus	22 (28.6%)
Hypertension	47 (61.0%)
Dyslipidemia	5 (6.5%)
Smoking	20 (26.0%)
Current Medication	
Aspirin	18 (23.4%)
Angiotensin converting enzyme inhibitor and/or angiotensin II receptor blockers	19 (24.7%)
β-blocker	18 (23.4%)
Calcium channel blocker	26 (33.8%)
Statin	19 (24.7%)
Blood glucose (mmol/l) ^{a)}	5.6±1.4
Positive for myocardial FDG uptake	5.5±1.3
Negative for myocardial FDG uptake	6.0±1.7

^{a)}Blood glucose level was available in 63 of 77 patients.

결 과

대상 환자의 평균 연령은 66.9±9.6세였으며, 남자는 33명, 여자는 44명이었다. PET을 시행한 적응증은 건강검진 14명, 원발부위 미상암 4명, 두경부암 4명, 갑상선암 4명, 유방암 3명, 폐암 9명, 식도암 3명, 위암 8명, 대장 및 직장암 7명, 간암 1명, 담낭암 2명, 비뇨기계암 5명, 난소암 7명, 자궁경부암 5명, 흑색종 1명이었다. F-18 FDG PET-CT와 심근 관류 SPECT를 시행한 평균 시간 간격은 14.6±18.8일이었다. 환자의 body mass index (BMI)는 23.7±3.6 kg/m², 수축기 혈압은 129.3±21.1 mmHg, 이완기 혈압은 77.3±10.4 mmHg, 흉통이 있는 환자는 26명, 당뇨가 있는 환자는 22명, 고혈압이 있는 환자는 47명, 고지혈증이 있는 환자는 47명, 흡연력이 있는 환자는 20명이었다. 심근에 F-18

FDG 섭취가 증가된 환자 55명 중 46명, 섭취가 증가되지 않은 환자 22명 중 17명에서 F-18 FDG PET/CT를 시행할 때 측정된 혈당을 확인할 수 있었고, 각각 5.5±1.3, 6.0±1.7 mmol/L로 측정되었으며, 두 환자군 간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(P=0.276)(Table 1).

총 77명의 환자 중 F-18 FDG PET/CT에서 심근에 섭취가 증가하여 있는 경우는 55명(71.4%)이었다. 이 중 40명은 균등 심근 섭취를 보였고 15명은 국소 심근 섭취를 보였다. 22명(28.6%)의 환자에서는 심근에 섭취가 관찰되지 않았다(Table 2).

균등 F-18 FDG 섭취 증가를 보인 40명의 환자 중 17명(42.5%)에서 격벽을 제외한 전벽, 측벽, 하벽, 심첨에 섭취가 관찰되어 격벽의 섭취 감소 소견으로 판정하였다. 격벽에 섭취 감소를 보인 모든 환자에서 심근 관류 SPECT상 유의한 관류 이상은 관찰되지 않았고, 따라서 심근 허혈과 무관한 정상 소견으로 판정하였다(Fig. 1). 심근벽 전체에 균등한 섭취를 보인 23명(57.5%) 중 1명(4.3%)에서 하벽에 가역적인 관류 결손이 관찰되었으며, 1명(4.3%)에서 측벽에 비가역적인 관류 결손이 관찰되었으나, 나머지 21명(91.3%)에서는 심근 관류 SPECT상 관류 결손이 관찰되지 않았다.

국소 심근 섭취를 보인 15명 중 9명(60.0%)은 기저부에 국한된 국소 섭취 증가를 보였고, 이 중 1명에서 심첨측벽에 가역적인 관류 결손이 관찰되었으나, 나머지 8명은 정상 심근 관류 SPECT 소견을 보였다. 이외에 국소적인 F-18 FDG 심근 섭취를 보이는 6명(40.0%)의 환자 중에서 전벽에 2명, 측벽, 전격벽 및 하측벽에 각각 1명씩 총 4명(66.7%)의 환자에서 심근 관류 SPECT상 일치하는 심근 부위에 가역적인 관류 결손이 관찰되었다(Fig. 2). 1명(16.7%)의 환자에서 심첨부에 국소적인 F-18 FDG 섭취 증가가 관찰되었으나 심근 관류 SPECT상 섭취 결손은 관찰되지 않았으며, 심초음파에서 심첨부 비대 소견이 관찰되었다(Fig. 3). 전벽에 국소적인 F-18 FDG 섭취 증가가 관찰된 1명(16.7%)의 환자는 심근 관류 SPECT가 정상으

Table 2. Degree and Patterns of Myocardial F-18 FDG Uptake

FDG uptake degree	FDG uptake patterns			Total
	Focal	Uniform	NA ^{a)}	
Negative	0	0	22	22
Positive	15	40	0	55
Mild	2	1	0	3
Moderate	6	7	0	13
Intense	7	32	0	39

^{a)}NA = not applicable

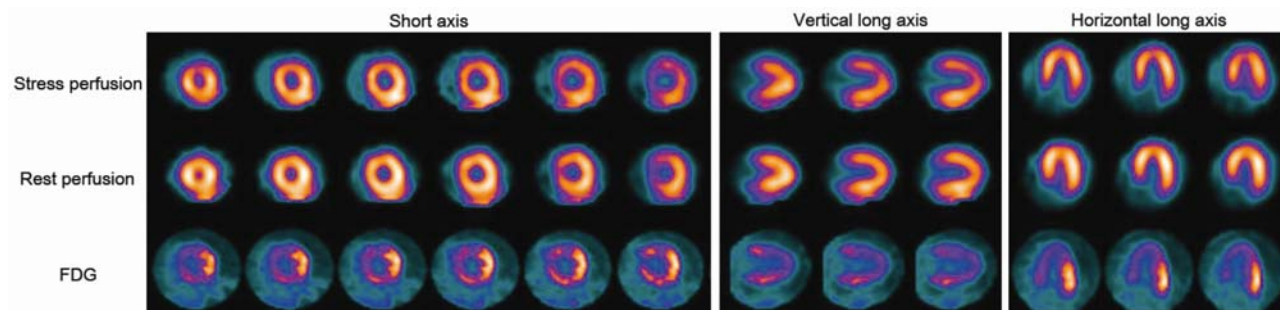


Figure 1. Stress and rest Tc-99m sestamibi perfusion and F-18 FDG images of 51-year-old female patient with no symptoms, in short axis and vertical and horizontal long axis slices. No abnormal perfusion abnormality is shown. Uniformly increased F-18 FDG uptake with defect in the septal wall is demonstrated.

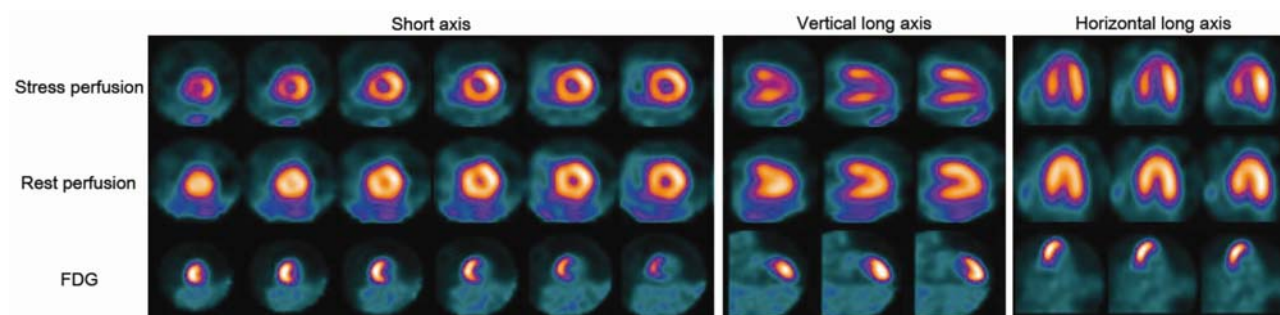


Figure 2. Stress and rest Tc-99m sestamibi perfusion and F-18 FDG images of 74-year-old female patient with exertional angina, in short axis and vertical and horizontal long axis slices. Reversible perfusion abnormality involving anteroseptal wall is demonstrated. Focal intense F-18 FDG uptake in the corresponding anteroseptal wall is shown.

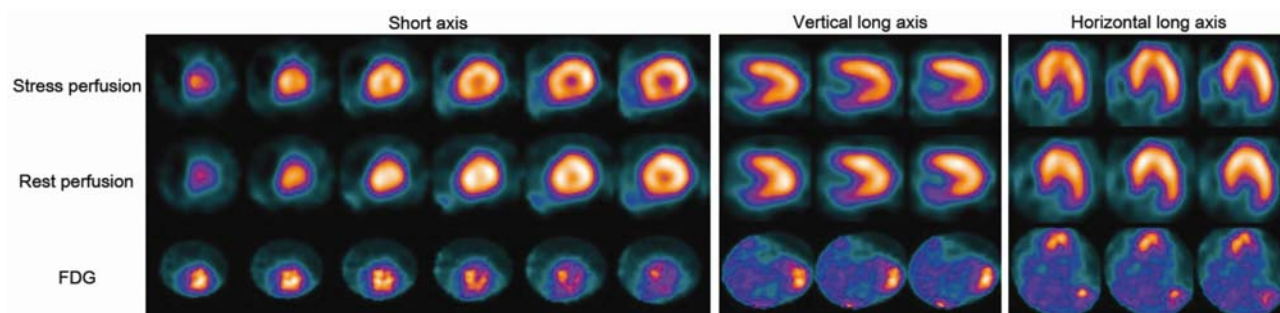


Figure 3. Stress and rest Tc-99m sestamibi perfusion and F-18 FDG images of 81-year-old male patient with no symptoms, in short axis and vertical and horizontal long axis slices. No abnormal perfusion abnormality is shown. Focal intense F-18 FDG uptake in the apex is demonstrated. This patient had apical hypertrophy on echocardiography.

로 위양성으로 판정되었다.

심근에 F-18 FDG 섭취가 증가되어 있지 않은 22명의 환자 중 1명(4.5%)에서 전벽에 가역적인 관류 결손이 관찰되었고, 1명(4.5%)에서 전벽에 비가역적인 관류 결손이 관찰되었으며, 20명(90.9%)에서는 관류 결손이 관찰되지 않았다(Table 3).

심근 SPECT 결과에 따라 분류하면, 총 9명의 환자에서 관류 결손이 관찰되었다. 7명에서 가역적인 섭취 결손이

관찰되었고 2명에서 비가역적인 섭취 결손이 관찰되었다. 가역적인 관류 결손이 관찰된 7명의 환자 중 1명은 심근에 F-18 FDG 섭취가 증가하지 않았고, 6명에서 증가된 심근 섭취가 관찰되었으며, 이들 중 중등도 섭취는 2명, 강한 섭취는 4명이었다. 비가역적인 관류 결손이 관찰된 2명의 환자 중 1명은 심근에 증가된 F-18 FDG 섭취를 보이지 않았고, 1명은 강한 심근 섭취를 보였다(Table 4). 가역적인 관류 결손이 관찰된 환자 7명 중에서 관상동맥조영술을 시행

Table 3. Characteristics of Myocardial F-18 FDG Uptake Patterns and Perfusion

FDG uptake patterns	Myocardial SPECT			Total
	Irreversible perfusion defect	Reversible perfusion defect	No perfusion defect	
Uniform	1	1	38	40
No defect	1	1	21	23
Septal defect	0	0	17	17
Focal	0	5	10	15
Increased basal uptake	0	1	8	9
NOS ^{a)}	0	4	2	6
NA ^{b)}	1	1	20	22

^{a)}NOS = not otherwise specified^{b)}NA = not applicable**Table 4.** Degree and Patterns of Myocardial F-18 FDG Uptake in Patients with Perfusion Defect

Myocardial SPECT	Degree	FDG			Total
		Patterns			
		Focal	Uniform	NA ^{a)}	
Irreversible perfusion defect	Negative	0	0	1	1
	Positive	0	1	0	1
	Mild	0	0	0	0
	Moderate	0	0	0	0
	Intense	0	1	0	1
Reversible perfusion defect	Negative	0	0	1	1
	Positive	5	1	0	6
	Mild	0	0	0	0
	Moderate	2	0	0	2
	Intense	3	1	0	4

^{a)}NA = not applicable**Table 5.** Comparison of Myocardial Uptake on F-18 FDG PET/CT and Perfusion Defect on Tc-99m sestamibi stress/rest SPECT

		Tc-99m sestamibi stress/rest SPECT ^{b)}		Total
		Negative	Positive	
F-18 FDG PET/CT ^{a)}	Negative	68	3	71
	Positive	2	4	6
Total		70	7	77

Kappa=0.580, p<0.001

^{a)}A positive scan result on F-18 FDG PET/CT was defined as focal increased myocardial uptake other than septal defect pattern and basal uptake pattern.^{b)}A positive scan result on Tc-99m sestamibi stress/rest SPECT was defined as reversible perfusion defect.

한 환자는 3명이었다. 1명에서 심근에 섭취 감소가 없는 균 등 F-18 FDG 섭취가 관찰되었고, 관상동맥조영술에서 세 혈관질환이 관찰되었다. 2명에서 심근에 국소 F-18 FDG 섭취가 관찰되었고, 각각 전격벽 및 측벽, 전벽에서 섭취 증가가 나타났으며, 관상동맥조영술에서 각각 두 혈관질환, 한 혈관질환이 관찰되었다. F-18 FDG/CT에서 심근에 격벽 감소나 기저부 증가를 제외한 국소적인 섭취 증가를 섭취 이상 소견으로 정의하고 이를 기준으로 가역적인 관류 결손을 평가할 때 예민도 및 특이도는 각각 66.7% (4/6), 95.8% (68/71)로 나타났으며 일치도는 보통(kappa=0.580,

p<0.001)이었다(Table 5).

고 찰

이 연구에서는 허혈성 심질환의 과거력이 없는 성인을 대상으로 하여, F-18 FDG 전신 PET/CT와 심근 관류 SPECT 소견을 비교하였고, 금식 상태의 심근에서 F-18 FDG 섭취가 다양한 정도 및 분포로 나타남을 관찰할 수 있었다. 심근에 격벽 감소 양상과 기저부 증가 양상을 제외한 국소 F-18 FDG 섭취 증가가 관찰된 경우에는 심근

SPECT 상 가역적인 관류 결손이 높은 비율로 관찰되었다.

심근의 F-18 FDG 섭취는 다양한 인자에 의해서 영향을 받는다. 금식 시에 심근은 지방산을 40%~80%까지 주된 기질로 이용하지만, 식사 후 혈중 탄수화물 또는 인슐린 농도가 증가하면 포도당을 주된 기질로 이용한다.¹⁾ 지방산 대사는 해당 작용에 중요한 역할을 하는 효소인 phosphofructokinase를 억제하여 포도당 산화를 억제하지만, 허혈시에는 이러한 억제가 사라지고 해당 작용이 증가하여 심근의 포도당 섭취가 증가한다.¹⁴⁾ 또한 심근에서의 F-18 FDG 섭취는 국소적으로 다양하게 나타날 수 있다고 알려졌다. 금식 상태에서 F-18 FDG 섭취는 심근의 전벽과 격벽에서 하벽과 측벽보다 상대적으로 감소하였고, O-15 water PET에서 금식 상태와 포도당 부하 후에 부위별 관류는 균등하게 관찰되었다. 심근의 국소적인 F-18 FDG 섭취 차이는 표지자 전달이나 부분용적효과에 의한 것은 아닐 것으로 생각되었고, 전벽과 격벽에 포도당 유입이 낮기 때문일 것으로 보고되었다.⁸⁾

본 연구에서 F-18 FDG PET상 심근 격벽에 감소된 섭취를 보이거나 기저부에 증가된 섭취 분포를 보이는 경우에는 가역적인 관류 결손이 낮은 비율로 관찰되었다. 심근 기저부의 포도당 대사가 금식 후에 다른 심근 부위와 비교하여 마지막까지 유지된다는 것은 보고되어 있다.¹⁵⁾ 이 연구에서는 이 밖에도 심근 SPECT 상 정상 혈류를 가진 심근 중 격벽의 포도당 대사 감소가 흔히 관찰되어, 격벽에서 가장 빨리 대사 기질의 전이가 나타나는 것으로 생각되며 정상으로 판정할 것을 제안하였다.

허혈성 심질환이 있었던 경우에 심근에 F-18 FDG 섭취는 증가한다고 알려져 있다.²⁾ 운동 부하 후 F-18 FDG와 Tc-99m sestamibi를 동시에 주사하고 심근 섭취를 평가한 연구에서 F-18 FDG 섭취는 24시간 이후에도 지속될 수 있고, 부하/휴식 관류 영상보다 허혈성 심질환을 민감하게 진단할 수 있다고 보고하였다.¹⁶⁾ 또한 심근의 F-18 FDG 섭취는 Tc-99m sestamibi 영상보다 허혈의 범위를 민감하게 보여줄 수 있다고 알려졌다.⁷⁾ 따라서 심근의 F-18 FDG 섭취를 영상화하는 방법은 고전적인 해부학적 영상 또는 관류 영상으로 진단하기 어려운 무증상 심혈관 질환을 진단할 수 있다는 점에서 유용하다고 할 수 있다. 이 연구에서는 운동 부하 후 F-18 FDG 섭취를 평가하지는 않았으나 국소적인 포도당 대사 증가 부위를 관찰할 수 있었고, 심근 SPECT상 허혈 부위와도 일치하였다. 실제 중앙 환자에서 시행하는 F-18 FDG PET/CT는 운동 부하를 시행할 수 없기 때문에 휴식기 심근 F-18 FDG 섭취의 의미를 파악하는 것이 임상에서는 보다 중요하다고 생각되나, 운

동 부하 후와 휴식기의 심근 F-18 FDG 섭취를 비교하는 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

이전 연구에서 심첨부 비대 심근병증이 있을 경우에 금식 상태 또는 포도당 부하 상태에서 모두 F-18 FDG는 낮게 섭취되었다.¹⁷⁾ 또한 포도당 부하상태에서 정상 심근과 비교할 때 섭취 정도는 비슷하였으나 심근 섭취 분포가 불균일하게 관찰되었다. 본 연구에서는 1명의 환자에서 심첨부에 F-18 FDG 섭취가 증가하였으나, 심근 SPECT에서 관류 결손은 관찰되지 않았고, 초음파에서 심첨부 비대 소견이 관찰되었다.¹⁸⁾ 심첨부 비대 심근병증의 진단이 병리적으로 확인되지는 않았으나, 이전 보고와 다르게 심근에 섭취가 증가한 소견에 대해서는 증례 수가 적어 추가 분석이 어려우므로 추가 연구가 필요하다.

이 연구는 심근의 F-18 FDG 섭취를 정성적으로 분석하였다. 전신 F-18 FDG PET/CT를 재정위하기 위하여 사용한 SPECT 용 software에서는 표준섭취계수를 측정할 수 없어서 정량적인 분석을 시행하지 못하였다. 추후 정량적인 분석이 가능한 software를 통하여 심근에 생리적으로 나타날 수 있는 섭취 정도와 허혈 소견이 있을 때 나타나는 섭취 정도의 차이에 대하여 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 F-18 FDG 섭취 범위와 심근 SPECT상 관류 결손으로 관찰된 범위를 비교하고, 민감도 및 특이도 차이에 대한 연구가 필요하다. 이 연구는 후향적으로 진행되어 대상이 제한되어 있다. 심근 관류 SPECT상 결손이 관찰된 환자는 9명이었고, 이 중 가역적인 섭취 결손은 7명에서 관찰되었으며, 이 중에서 관상동맥조영술은 시행한 환자는 3명으로, 관류 결손이 있을 경우에 F-18 FDG 심근 섭취 분포를 평가하기에는 대상 환자의 수가 적다는 제한점이 있다. 추후 보다 많은 수의 환자에서 추가 연구가 필요하다.

중앙 환자에서 F-18 FDG PET/CT는 널리 이용되고 있으며, 건강 검진 목적의 PET/CT도 증가하고 있다.¹⁹⁾ 전신 F-18 FDG PET/CT에서 심근에 격벽 감소나 기저부 증가를 제외한 국소적인 섭취 증가가 관찰되는 경우에는 허혈성 심질환의 가능성이 있으므로 추가적인 진단 검사가 필요하다.

요 약

목적: 심근의 F-18 FDG 섭취는 다양한 인자에 의해 영향을 받으며, 가역적인 허혈성 심질환이 있을 경우 심근에서 포도당 대사가 증가된다고 알려졌다. 이 연구에서는 허혈성 심질환의 과거력이 없는 중앙 환자에서 시행한 F-18 FDG PET/CT에서 심근 섭취 정도 및 분포를 관찰하고,

심근 관류 SPECT와 비교하여 F-18 FDG 심근 섭취 소견으로 심근 허혈을 예측할 수 있는지를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법: 2005년 1월부터 2009년 6월까지 F-18 FDG PET/CT를 시행한 환자 중 3개월 이내에 Tc-99m sestamibi 심근 관류 SPECT를 시행한 환자 77명을 대상으로 후향적 분석을 시행하였다. **결과:** 77명의 환자 중 F-18 FDG PET/CT에서 심근에 섭취가 증가하여 있는 경우는 55명(71.4%)이었다. 이 중 40명은 균등 심근 섭취를 보였고 15명은 국소 심근 섭취를 보였다. 균등 F-18 FDG 섭취 증가를 보인 40명의 환자 중 17명(42.5%)에서 격벽에 섭취 감소가 관찰되었으나, 심근 관류 SPECT상 유의한 관류 이상은 관찰되지 않았다. 전체 심근에 균등한 섭취를 보인 23명(57.5%) 중 1명(4.3%)에서 하벽에 가역적인 관류 결손이 관찰되었고, 1명(4.3%)에서 측벽에 비가역적인 관류 결손이 관찰되었으며, 21명(91.3%)에서는 관류 결손이 관찰되지 않았다. 국소 심근 섭취를 보인 15명 중 9명(60.0%)은 기저부에 국소 섭취 증가를 보였고, 이 중 1명에서 심첨측벽에 가역적인 관류 결손이 관찰되었다. 국소적인 심근 섭취를 보인 나머지 6명(40.0%)의 환자 중에서 4명(66.7%)의 환자에서 가역적인 관류 결손이 관찰되었다. **결론:** 전신 F-18 PET/CT에서 심근에 격벽 감소나 기저부 증가를 제외한 국소적인 섭취 증가가 관찰되는 경우에는 허혈성 심질환의 가능성이 있으므로 추가적인 진단 검사가 필요하다.

References

- Bing RJ, Fenton JC. Cardiac Metabolism. *Annu Rev Med* 1965; 16:1-2.
- Tillisch J, Brunken R, Marshall R, Schwaiger M, Mandelkern M, Phelps M, et al. Reversibility of cardiac wall-motion abnormalities predicted by positron tomography. *N Engl J Med* 1986;314: 884-8.
- Jeremy RW, Koretsune Y, Marban E, Becker LC. Relation between glycolysis and calcium homeostasis in postischemic myocardium. *Circ Res* 1992;70:1180-90.
- Kawai Y, Tsukamoto E, Nozaki Y, Morita K, Sakurai M, Tamaki N. Significance of reduced uptake of iodinated fatty acid analogue for the evaluation of patients with acute chest pain. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:1888-94.
- McNulty PH, Jagasia D, Cline GW, Ng CK, Whiting JM, Garg P, et al. Persistent changes in myocardial glucose metabolism in vivo during reperfusion of a limited-duration coronary occlusion. *Circulation* 2000;101:917-22.
- Ng CK, Soufer R, McNulty PH. Effect of hyperinsulinemia on myocardial fluorine-18-FDG uptake. *J Nucl Med* 1998;39:379-83.
- He ZX, Shi RF, Wu YJ, Tian YQ, Liu XJ, Wang SW, et al. Direct imaging of exercise-induced myocardial ischemia with fluorine-18-labeled deoxyglucose and Tc-99m-sestamibi in coronary artery disease. *Circulation* 2003;108:1208-13.
- Gropler RJ, Siegel BA, Lee KJ, Moerlein SM, Perry DJ, Bergmann SR, et al. Nonuniformity in myocardial accumulation of fluorine-18-fluorodeoxyglucose in normal fasted humans. *J Nucl Med* 1990;31:1749-56.
- Khandani AH, Isasi CR, Donald Blaufox M. Intra-individual variability of cardiac uptake on serial whole-body 18F-FDG PET. *Nucl Med Commun* 2005;26:787-91.
- de Groot M, Meeuwis AP, Kok PJ, Corstens FH, Oyen WJ. Influence of blood glucose level, age and fasting period on non-pathological FDG uptake in heart and gut. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005;32:98-101.
- Inglese E, Leva L, Matheoud R, Sacchetti G, Secco C, Gandolfo P, et al. Spatial and temporal heterogeneity of regional myocardial uptake in patients without heart disease under fasting conditions on repeated whole-body ¹⁸F-FDG PET/CT. *J Nucl Med* 2007;48: 1662-9.
- Kanstrup IL, Klausen TL, Bojsen-Moller J, Magnusson P, Zerahn B. Variability and reproducibility of hepatic FDG uptake measured as SUV as well as tissue-to-blood background ratio using positron emission tomography in healthy humans. *Clin Physiol Funct Imaging* 2009;29:108-13.
- Chin BB, Green ED, Turkington TG, Hawk TC, Coleman RE. Increasing uptake time in FDG-PET: standardized uptake values in normal tissues at 1 versus 3 h. *Mol Imaging Biol* 2009;11: 118-22.
- Randle PJ, Newsholme EA, Garland PB. Regulation of glucose uptake by muscle. Effects of fatty acids, ketone bodies and pyruvate, and of alloxan-diabetes and starvation, on the uptake and metabolic fate of glucose in rat heart and diaphragm muscles. *Biochem J* 1964;93:652-65.
- Fukuchi K, Ohta H, Matsumura K, Ishida Y. Benign variations and incidental abnormalities of myocardial FDG uptake in the fasting state as encountered during routine oncology positron emission tomography studies. *Br J Radiol* 2007;80:3-11.
- Dou KF, Yang MF, Yang YJ, Jain D, He ZX. Myocardial ¹⁸F-FDG uptake after exercise-induced myocardial ischemia in patients with coronary artery disease. *J Nucl Med* 2008;49: 1986-91.
- Uehara T, Ishida Y, Hayashida K, Shimonagata T, Miyake Y, Sago M, et al. Myocardial glucose metabolism in patients with hypertrophic cardiomyopathy: assessment by F-18-FDG PET study. *Ann Nucl Med* 1998;12:95-103.
- Shiba N, Kagaya Y, Ishide N, Otani H, Takeyama D, Yamane Y, et al. Heterogeneity of myocardial fluoro-18 2-deoxyglucose uptake in patients with apical hypertrophic cardiomyopathy. *Jpn Circ J* 1997;61:223-30.
- Ko DH, Choi JY, Song Y-M, Lee SJ, Kim YH, Lee K-H, et al. The usefulness of ¹⁸F-FDG PET as a cancer screening test. *Nucl Med Mol Imaging* 2008;42:444-50.