

시간흐름에 따른 ^{18}F -FDG PET/CT의 영상 분석

이효영

부산대학교병원 핵의학과

The analysis of ^{18}F -FDG PET/CT Images According to the Time Flow

Hyoyeong Lee

Department of Nuclear Medicine, Pusan National University Hospital

요약

양전자 방출단층 촬영은 ^{18}F -FDG 주사하고 1시간 후에 촬영한다. 하지만 장비의 결함 또는 예상하지 못한 상황으로 2-3시간정도 경과되어 촬영을 하는 경우가 발생한다. 이에 시간 흐름에 따라 획득된 영상에서 체내 부위별 표준화섭취계수를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 정상기관 중 정상부위는 간(간우엽 중앙부), 지방(좌측 둔부), 폐(우측 상엽부), 대동맥(상행 대동맥)의 경우는 지연영상에서 크고 작은 감소가 나타났으며, 정상부위 중 유일하게 뼈(제5요추 체부)에서 ΔSUVmax 37%의 증가가 나타났다. 병소부위는 시간의 흐름에 따라 증가함을 보였으며 ΔSUVmax 는 37.6%증가로 나타났으며 병소의 섭취증가와 정상부위 섭취감소로 대조도의 차이가 커짐을 알 수 있었다.

중심단어: 양전자방출단층촬영, ^{18}F -FDG, 표준화섭취계수

Abstract

PET/CT is taken 1 hour after ^{18}F -FDG(F-18-fluoro-2-deoxy-D-glucose) injection. However, these would be often delayed for more than 2 or 3 hours due to equipment fault or unexpected situation. In the study, SUV(standardized uptake value) were measured from got image over time according to the parts of the body. As a result, there were great and small decrease in liver(middle of the right hepatic lobe), fat(Lt pelvis), lung (Rt upper lobe), aorta(ascending aorta level) of the body in delayed image, and ΔSUVmax was increase of 37% in bone only(L5 vertebral body) of the body. ΔSUVmax was increase of 37.6% in lesion, and the contrast degree was greater because of uptake increase in lesion and uptake decrease in the normal body.

Key Words : PET/CT, ^{18}F -FDG, SUV

I. 서론

양전자방출단층촬영(PET;positron emission tomography)은 인체의 생화학적 대사 이상을 영상화하는 첨단 기법이다. 암을 비롯한 우리 몸의 대부분의

질병은 해부학적인 형태의 변화가 생기기 전에 기능적 생화학적인 변화가 나타나고, PE은 이러한 생화학적 변화를 영상화할 수 있어 암을 조기에 진단하고 미세한 변화를 찾을 수 있는 장점이 있다¹⁾.

암세포는 일반적으로 대사와 증식이 활발하여 정상 세포보다 산소성, 혐기성 포도당 대사가 증가되어있

다. ¹⁸F-FDG(fluoro-2-deoxy-D-glucose)를 이용한 병변의 포도당대사에 관한 정보를 제공하는 진단적, 기능적 영상 기술로 종양의 조기 진단, 양성과 악성의 감별, 병기 결정, 항암반응의 조기평가, 치료 후 재발 발견 등에 이용되고 있다. PET/CT검사는 일반적으로 ¹⁸F-FDG 주사 후 1시간 후에 촬영한다. 하지만 장비의 고장이나 예상치 못한 상황으로 2-3시간 뒤에 지연영상을 촬영하는 경우가 발생하고 있다. 동물 실험에서 종양에서의 ¹⁸F-FDG 축적은 주사 후 2-3시간 동안 지속적으로 증가한다는 것을 발견했다^[2].

최근 연구에서는 악성종양에서 ¹⁸F-FDG 섭취는 주사 후 수 시간동안 지속적으로 증가하고, 일부 종양에서는 표준화섭취계수(SUV, Standardized Uptake Value)가 130-500분까지도 최고점에 도달하지 않는다고 보고하고 있다^[3]. 악성종양과는 달리 Yamada 등은 염증성 병변, 정상조직에서는 ¹⁸F-FDG 섭취가 주사 후 약 1시간에 최고점에 도달한다고 보고했다^[4].

또한 임상연구에서 조기영상과 더불어 추가로 지연영상을 시행한 이중시점 ¹⁸F-FDG PET/CT가 양성 병변으로부터 악성을 감별하는데 도움을 준다고 보고하고 있다. 본 연구는 ¹⁸F-FDG 주사를 맞고 1시간 후 촬영하는 조기영상과 3시간 경과 후의 지연영상에서 어떠한 차이가 있는지 정상부위와 병변부위로 나누어 표준화 섭취계수를 가지고 비교분석하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

2011년 6월에서 2011년 9월까지 부산대학교병원 내분비내과, 소화기내과, 호흡기내과, 혈액종양내과를 내원한 30명의 환자가 대상이 되었다. 선별된 30명은 남자가 19명, 여자가 11명, 평균나이 48세로(40-63세)였다.[Table 1]. 이 연구는 부산대학교병원의 기관윤리심의위원회의 승인을 거쳐 진행되었다.

Table 1. Patient Characteristics

Group	Patient no.	History (diagnosis)	Gender (male/female)
1	5	Thyroid ca	1/4
2	7	Stomach ca	5/2
3	13	Lung ca	10/3
4	5	Lymphoma	3/2

Table 2. Hardware specification of Siemens Biograph 40 True-point

Crystal	LSO
Crystal array:	13×13
Detector ring diameter:	842mm
Total number of crystals:	32448
No. of image planes:	109
Gantry cooling:	Air
Crystal Size:	4.0×4.0×20 mm
Number of detector blocks:	192
Number of detector rings:	52
Axial FOV:	216mm
Plane spacing:	2mm

2. 방법

환자들은 검사 전 최소 6시간 이상 금식하였고, 혈당치는 150mg/dL 이하로 유지하였다. 또한 검사 전 약 500-1000cc 정도의 충분한 수분을 섭취하도록 하였으며 ¹⁸F-FDG 주사 후 근육의 섭취 증가를 막기 위해 편안하게 누운 자세로 움직임을 제재하였으며 검사 전 배뇨를 실시하도록 하였다. PET/CT검사는 머리에서 근위 대퇴부까지 스캔을 시행하였으며 ¹⁸F-FDG를 환자의 몸무게(4.81MBq/kg)에 따라 정맥주사하였다.

¹⁸F-FDG 주사량은 288.6±29.6MBq이었으며 주사 후 1시간 후에 조기영상을 촬영하고 3시간 경과 후 지연영상을 촬영하였다. 촬영장비는 Siemens Biograph true point 40을 사용하였다[Table 2].

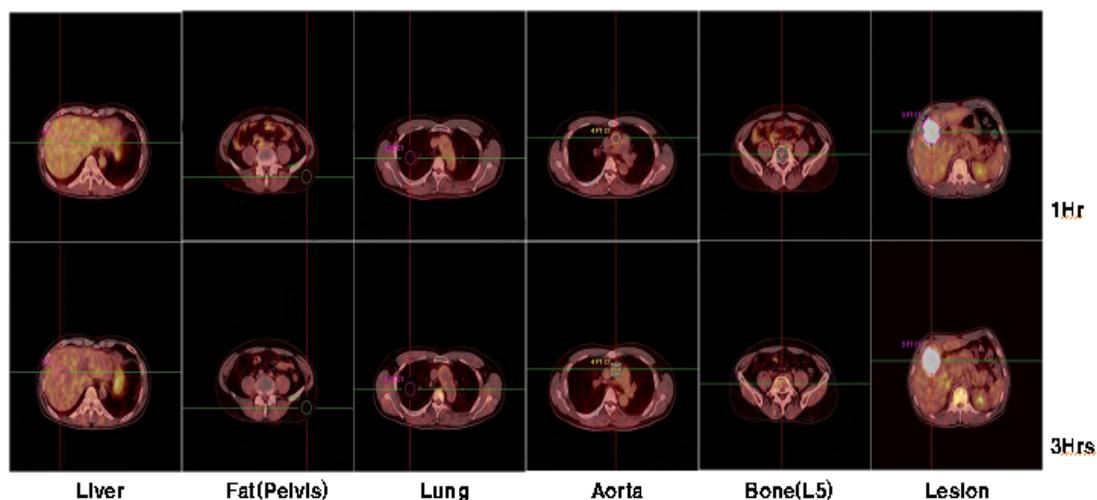


Fig. 1. Regions of interest were drawn on the liver, fat, lung, bone and lesion on axial FDG PET/CT images

Table 4. SUV_{max} Measurement and change of Focal Uptake in Early and Delayed image

	$SUV_{max} \pm SD$		$\Delta\%SUV_{max}$	p-value
	1Hr	3Hrs		
Liver	3.4±0.6	3.0±0.4	-8%	p=0.35
Fat(pelvis)	1.4±0.67	1.0±0.34	-17%	p<0.05
Lung	0.56±.016	0.49±0.15	-13%	p=0.1
Aorta	2.12±.045	1.49±0.5	-29%	p<0.001
Bone(L5)	2.99±1.20	4.05±1.55	+37%	p<0.001
Lesion	12.9±4.9	17.7±6.3	+38%	p<0.001

Table 3. Comparisons of Liver, Fat, Lung, Aorta, Bone and Lesion between early image and delayed image

	SUV_{min}		SUV_{mean}		SUV_{max}		p-value
	1Hr	3Hrs	1Hr	3Hrs	1Hr	3Hrs	
Liver	0.17±0.05	0.10±.0.04	2.41±0.37	1.65±0.43	3.40±0.6	3.0±0.4	p=0.35
Fat	0.40±0.15	0.34±.024	0.73±0.40	0.68±0.25	1.40±0.67	1.0±0.34	p<0.05
Lung	0.17±0.05	0.10±0.04	0.31±0.08	0.23±0.07	0.56±0.16	0.49±0.15	p=0.1
Aorta	1.13±0.26	0.41±0.26	1.59±.036	0.80±0.28	2.12±0.45	1.49±0.5	p<0.001
Bone	1.22±0.31	1.00±.037	2.00±.063	2.35±0.86	2.99±1.20	4.05±1.55	p<0.001
Lesion	4.32±1.30	4.94±2.51	9.20±3.15	11.57±4.38	12.9±4.5	17.7±6.3	p<0.001

3. 영상분석

Siemens사(Syngo MMWP VE36A True D, USA)의 소프트웨어를 이용하여 정상부위와 병변부위를 나누어 SUV값을 측정하였고 정상부위는 간(간우엽 중앙부), 지방(좌측 둔부), 폐(우측 상엽부), 대동맥(상행 대동맥), 뼈(제 5요추 체부)에 병변부위는 각각의 환자에 따른 병변부위에 SUV_(min, max, mean)값을 측정하였다[Fig. 1].

모든 관심영역(ROI, region of interest)은 CT, PET, Fusion 영상의 관상면, 시상면, 횡단면을 참조하여 횡단면을 기준으로 하였다. 이때 관심영역은 동일한 크기와 같은 위치로 설정하였다.

4. 통계분석

PET/CT에서 얻은 여러 가지 정량적 지표 값들이 각 대상군 사이에서 유의한 차이를 보이는가를 알아 보기 위해 one-way ANOVA 검정과 unpaired T검정을 시행하였다. SUV값은평균±표준편차로 나타내었고 모든 결과의 유의 수준은 5%(p<0.05)로 설정하였으며, 통계분석 프로그램은 SPSS for Windows, ver. 16.0; SPSS Inc., Chicago, IL을 사용하였다.

III. 결과

조기영상(1Hr)과 지연영상(3Hrs)을 나누고 정상부위와 병소부위를 나누어 각각의 부위별로 ROI를 설정하여 SUV값을 측정하였다.

Aorta에서 SUV_{min}은 조기영상 1.13±0.26, 지연영상에서 0.41±0.26로 SUV_{mean}은 1.59±0.36에서 0.8±0.28로 SUV_{max}는 2.12±0.45에서 1.49±0.5로 SUV_{max}를 기준으로 29%의 감소가 나타났다.(p<0.001)

Fat에서 SUV_{min}은 0.41±0.15에서 0.34±0.24로 SUV_{mean}은 0.73±0.40에서 0.68±0.25로 SUV_{max}는 1.4±0.67에서 1.0±0.34로 SUV_{max}값을 기준으로 16.7%의 감소가 나타났다.(p<0.05)

Lung은 SUV_{min}은 0.17±0.05에서 0.10±0.04, SUV_{mean}은 0.31±0.08에서 0.23±0.07, SUV_{max}는 0.56±0.16에서 0.49±0.15로 13%(p=0.1) 감소가 나타났다.

Liver는 SUV_{min} 1.61±0.23에서 0.87±0.27로 SUV_{mean} 2.41±0.37에서 1.65±0.43으로 SUV_{max} 3.4±0.6에서 3.0±0.4로 8%의 감소가 나타났다.(p=0.35)

Bone은 SUV_{min} 1.22±0.31에서 1.00±0.37로SUV_{mean}은 2.00±0.63에서 2.35±0.86으로 SUV_{max}는 2.99±1.20에서 4.05±1.55로 37%의 증가가 나타났다.(p<0.001)

Lesion에서 SUV_{min}은 4.32±1.30에서 4.94±2.51로 SUV_{mean}은 9.20±3.15에서 11.57±4.38로 SUV_{max}는 12.9±4.5에서 17.7±6.3으로 평균 38%증가가 나타났다.(p<0.001)[Fig. 3]

IV. 고찰

PET/CT검사는 일반적으로 ¹⁸F-FDG 주사 후 1시간 후에 촬영한다. 하지만 종양에서의 ¹⁸F-FDG 축적은 주사 후 2-3시간 동안 지속적으로 증가한다는 것을 알 수 있었다.

¹⁸F-FDG는 종양에 특이적이지 않기 때문에 포도당 운반체(glucose transporter)의 발현이 증가되어 있는 염증성 육아종성 질환을 포함한 양성 질환에서도 그 섭취가 증가 될 수 있다^[5]. 반면, 정상부위의 대부분의 기관에서 ¹⁸F-FDG의 축적이 감소하였으나 Bone의 경우 증가로 나타났다.

Bone의 섭취증가의 원인을 알아보기 위해 새벽에 생산한 ¹⁸F-FDG를 6시간이 지나 표지율을 측정 한 결과 98%이상의 표지율을 유지하고 있어 결합력의 감소로 Bone의 섭취가 증가한 것은 아니라고 판단하였으며 지연영상에서 Bone의 ¹⁸F-FDG의 섭취의 증가는 몇몇 논문에서 Bone marrow의 세망내피세포를 포함하는 림프성, 골수성 세포의 대사 활동과 관계가 깊은 것으로 보고하고 있다^[6].

Thic의 연구에서와 같이 종양의 종류, 조직조건에 따라 다양한 촬영의 적정 영상촬영시간이 있다^[7]. 하지만 본 연구에서는 검사 전 장시간 금식 등의 전처치로 인해 환자의 고통을 경감시키기 위해 3시간 뒤의 지연촬영 시간을 두었다. Lodge등의 연구에서 고�형암은 ¹⁸F-FDG주사 후 4시간에 최고치에 도달한다는 점을 이용하여 주사 후 4.5시간의 지연촬영 시간을 정하였다^[8].

본 연구는 장비의 고장이나 예상치 못한 상황으로 ^{18}F -FDG PET/CT의 적정 촬영시간을 초과하였을 때 신체 부위별 SUV의 변화를 관찰하는데 그 의의가 있다고 생각되며 다음과 같은 결과로 시간흐름에 따른 PET/CT 영상에서 정상조직 및 병변부위에서 ^{18}F -FDG의 섭취정도를 표준화섭취계수를 통해 확인할 수 있었다.

V. 결론

^{18}F -FDG의 섭취변화는 기관의 위치와 조직의 대사 활동 그리고 주사 후 언제 촬영하는가에 따라 체내 부위별 표준화섭취계수의 차이가 나타날 수 있다. 정상 환자에서 시간경과에 따라 표준화섭취계수의 변화가 정상조직에서는 감소하는 반면, 종양환자에서는 시간 경과에 따라 종양조직에서는 지속적인 섭취의 증가를 가져오기 때문에 임상에서는 ^{18}F -FDG의 주사후 1시간이 경과되어 촬영하는 것이 보편적이다.

본 연구에서는 주사후 조기촬영과 지연 촬영의 표준화섭취계수의 비교에서 체내 부위별 ^{18}F -FDG의 섭취가 증가되는 부위와 감소되는 부위를 측정하는 계기가 되어졌으며, 시간흐름에 따른 체내 부위별 섭취율의 변화를 제시하여 영상 관독시 참고 할 수 있는 자료가 될 것이라 사료된다.

참고문헌

[1] 고창순 외. 제3판 핵의학. 고려의학 pp247, 2008.

[2] Zhuang H, Pourdehna M, Lambright ES, Yamamoto AJ, Lanuti M, Mozley PD, et al. Dual time Point ^{18}F -FDG PET imaging for defferentiating malignant from inflammatory processes J Nucl Med ,Vol. 42, pp.1412-7, 2001.

[3] Hamberg LM, Hunter GJ, Alpert NM, Choi NC, Babich JW, Fischman AJ. The dose uptake ratio as an index of glucos metabolism:useful parameter or oversimplification? J Nucl Med, Vol. 35, pp.1308-12, 1994.

[4] Yamada S, Kubota K, Kubota R, Ido T, Tamahashi N. High accumulation of fluorine-18-fluorodeoxyglucose in turpentine induced inflammatory tissue. J Nucl Med 36, 1301-6, 1995.

[5] Irrael O, Yefrmov n, Bar-Shalom R, Kaqana O, Frenkel A. PET/CT detection of unexpected gastrointestinal foci of ^{18}F -FDG uptake: incidence, localization patterns, and clinical

significance. J Nucl Med 46, pp.758-62, 2005.

[6] Wang Y, Chiu E, Rosenberg J et al Standardized uptake valueatlas: characterization of physiological 2-deoxy-2-[18F]fluoro-D-glucose uptake in normal tissues. Mol Imaging Biol, Vol. 9, pp.83-90, 2007.

[7] Thie JA. Optimizing dual-time and serial positron emissiontomography and single photon emission computed tomographyscans for diagnoses and therapy monitoring. Mol Imaging Biol, Vol. 9, pp.348-56, 2007.

[8] Lodge MA, Lucas JD, Marsden PK, Cronin BF, O'Doherty MJ,Smith MA. A PET study of ^{18}F -FDG uptake in soft tissue masses. Eur J Nucl Med 26, pp.22-30Harper, 1999, PV., Andros, and K.A. Lathrop Argonne; Semi-annual report to the atomic energy comission No. 18, Office of technical services, Department of Commerce, Washington, Vol. 25, D.C., p.7, 1962.