

급성심근경색증 환자에서 응급으로 시행한 Tc-99m Sestamibi 심근관류 SPECT와 심전도의 비교

영남대학교 의과대학 핵의학과, 내과*

조인호 · 이형우 · 박종선* · 원규장* · 도준영*
신동구* · 윤경우* · 김영조* · 심봉섭* · 이현우*

Comparison of Emergency Tc-99m Sestamibi Myocardial Perfusion SPECT and ECG in the Diagnosis of Acute Myocardial Infarction

Ihn Ho Cho, M.D., Hyoung Woo Lee, M.D., Jong Sun Park, M.D.*, Kyu Chang Won, M.D.*
Jun Young Do, M.D.*, Dong Gu Sin, M.D.*, Kyung Woo Yoon, M.D.*
Young Jo Kim, M.D.*, Bong Sup Shim, M.D.* and Hyun Woo Lee, M.D.*

Department of Nuclear Medicine and Internal Medicine,
Yeungnam University Medical Center, Taegu, Korea*

We did Tc-99m sestamibi myocardial perfusion SPECT in 36 patients with acute myocardial infarction when they arrived at the emergency room. And we compared myocardial perfusion images with ECG findings. Then we obtained the follows.

The myocardial infarction by the obstruction of left coronary descending artery and right coronary artery showed a good concordance in the diagnosis and infarction site between myocardial perfusion images and ECG findings.

The 7 patients with myocardial infarction by a left circumflex coronary artery showed a perfusion defect in the lateral wall in myocardial perfusion SPECT images. But 4 patients of them showed ST segment elevation, 2 patients showed ST depression and 1 patient showed normal ECG findings.

The diagnostic sensitivity of Tc-99m sestamibi myocardial perfusion SPECT was 100% by a qualified analysis. The perfusion defect site in the myocardial perfusion SPECT were corresponded with the infarct related coronary artery in 31 patients which was diagnosed by coronary angiography.

The size of perfusion defect in the polar map was $31 \pm 18\%$ (M \pm SD), in the myocardial infarction with left anterior descending coronary artery obstruction, $31 \pm 13\%$ (M \pm SD) in the myocardial infarction with right coronary artery obstruction and $25 \pm 5.9\%$ (M \pm SD) in the myocardial infarction with left circumflex coronary artery obstruction

We concluded that emergency myocardial perfusion SPECT images are useful in the diagnose of myocardial infarction and it's very useful when we are difficult to diagnose with ECG like as lateral wall infarction or left bundle branch block.

Key Words : Tc-99m sestamibi myocardial perfusion SPECT, Acute myocardial infarction, ECG

서 론

급성심근경색증은 사망률이 약 30%에 이르는 치명

적인 응급질환이다. 최근 여러가지 진단 및 치료방법의 이용으로 사망률이 낮아지고 있으나 진단이 늦어질 경우 치료의 지연으로 환자의 예후가 나빠지게된다. 급성심근경색증의 조기진단을 하게 되면 심근과 심기

능의 보전을 위한 혈전용해제의 치료나 조기 관동맥화장술의 기회를 부여하게 되므로 좋은 예후를 기대하게 된다.

급성 심근경색은 흉통의 양상 및 시간, 심전도 소견 및 creatine kinase(이하CK)나 이의 MB-isomer(이하 CK-MB)와 Lactate dehydrogenase(이하 LDH) 같은 효소들의 증가로 진단하게된다¹⁾. 그러나 환자의 임상양상이 비특이적인 경우가 많고^{2, 3)}, 급성심근경색증 환자들의 약 30%에서 내원초기 심전도상 전형적인 변화가 나타나지 않을 수 있다⁴⁾. 그리고 흉통이나 기타 심근허혈과 관련된 증상을 호소하는 환자들 중 급성심근경색증환자는 10-20%에 불과하므로 조기진단이 어렵다.

심근경색증진단에 이용되는 핵의학적검사로는 Tc-99m pyrophosphate 혹은 항 미오신 항체 심근스캔과 함께 관동맥질환의 진단과 평가에 사용되는 심근관류스캔이 있다⁵⁻⁷⁾. Tc-99m pyrophosphate 혹은 항 미오신 항체 심근스캔은 심근경색증을 진단할 수는 있으나 24시간이내에는 예민도가 떨어진다. 심근관류스캔의 경우는 Tl-201이나 Tc-99m sestamibi를 사용하여 급성심근경색의 진단이 가능하다고 보고되고 있다⁸⁻¹⁰⁾.

저자들은 급성심근경색증환자에서 응급으로 시행한 Tc-99m sestamibi 심근관류SPECT에서 관류저하 부위와 심전도소견을 조사하여, 급성심근경색증에서의 안정기 심근관류스캔의 유용성에 대하여 알아보았다.

방 법

1993년 9월부터 1994년 4월까지 영남대학병원 응급실로 내원한 환자중에 급성심근경색증이 의심되는 환자에서 심근관류SPECT을 시행할수 있었고, 후에 급성심근경색증으로 확진이 되었던 36명의 환자를 대상으로 하였다. 심근경색증은 30분이상 지속되는 흉통과 전형적인 심전도상의 변화 및 CK나 이의 CK-MB와 LDH 같은 효소들의 증가로 진단하였고, 입원 후 연속적으로 측정된 CK, CK-MB 및 LDH가 심근경색증의 전형적인 변화양상을 보이면서 심근경색증의 과거력이 없는 경우를 급성심근경색증으로 진단하였다. 이들 중 남자는 29명이며, 여자는 7명이었다. 이들의 평균나이는 59세였고, 39세와 75세사이였다.

심근관류스캔은 925MBq(25mCi)의 Tc-99m sestamibi를 응급실에서 주사하고, 환자를 응급처치하여 활력징후가 안정된 후에 핵의학검사실로 이동하여 심전도감시를 하면서, 주사후 1시간과 6시간사이에 저에너지의 고해상력평행구멍조준기를 장착한 Picker사의 Prism2000 감마카메라를 이용하여 심근관류SPECT를 시행하였다.

심근관류 SPECT의 촬영방법은 2개의 검출기를 이용하여, 3도간격으로 120개의 투사영상을 각각 15초씩 얻어 컴퓨터에 수록한후 Butterworth low pass filter를 이용하여 여과후 역투사를 시행하여 수직장축면상과 수평장축면상및 단축면상을 얻고, Cedars-Sinai병원의 프로그램을 이용하여 극성지도를 구하였다.

좌심실의 단축영상을 심첨부, 중간부, 기저부의 셋으로 나누어 각각 6개의 분절씩으로 수직장축단면상과 수평장축단면상은 각각 6개와 5개의 분절씩으로 나누고, 각 부위의 sestamibi섭취정도를 정상, 약간감소, 중등도감소, 심한감소, 섭취없음의 5등급으로 나누어 중등도감소이상의 분절이 2개이상 관찰될 때를 의의있는 관류결손으로 판독하였다. 정량적분석을 위하여 각 화소의 계수를 최대계수에 대하여 정상화시킨 극성지도를 섭취정도에 따라 10등급으로 나누고, 이를 이용하여 최고치의 60%이하부위를 관류결손이 있는 부위로 판정하고¹¹⁾ 극성지도의 전체 넓이에 대한 백분율로 나타내었다. 그리고 그 면적이 좌전하행지와 좌회선관동맥 영역의 10%이상이거나 우관동맥영역의 12%이상인 경우를 의의있는 관류결손이 있다고 판독하였다¹²⁾.

이들 중 33명에서 1주일이내에 관동맥조영술이 시행되었으며, 좌심실조영술상 국소적 좌심실벽운동의 이상을 동반하는 영역의 공급동맥을 경색관련동맥으로 정하였고, 다혈관질환의 경우는 표면유도 심전도상 이상 Q파가 나타나는 좌심실벽운동이상부위의 관동맥을 경색관련동맥으로 판정하였다. 이들환자에서 심근관류 SPECT와 비교하여, 심근경색을 유발한 관동맥과의 관계를 조사하였다.

모든 환자에서 심전도 검사가 이루어졌으며, 이상 Q파의 출현과 ST절 및 T파의 변화를 조사하였다.

Table 1. Clinical Parameters in Patients That the LAD is an Infarct-related Artery

Patient	Age (yr)	Gender	Infarct-related artery	ECG findings	Location in the polar map
1	67	F	p-LAD	Q wave V ₁₋₄	anterior, septum, apex
2	48	F	p-LAD	Q wave V ₁	anterior, septum, apex
3	65	M	p-LAD	Q wave V ₁₋₃	anterior, apex
4	54	M	p-LAD	Q wave V ₅₋₆	apex apicolateral
5	66	F	p-LAD	Q wave AVL, V ₁₋₅	anterior, septum, apex
6	67	F	p-LAD	Q wave V ₁₋₅	anterior, septum, apex
7	75	M	p-LAD	Q wave I, AVL, V ₁₋₆	anterior, septum, apex
8	47	M	p-LAD	Q wave I, AVL, V ₁₋₃	anterior, septum, apex
9	60	M	p-LAD	Q wave I, AVL, V ₁₋₆	anterior, septum, apex
10	74	M	p-LAD	Q wave V ₁₋₅	anterior, septum, apex
11	57	M	p-LAD	Q wave V ₁₋₅	anterior, septum, apex
12	39	M	p-LAD	Q wave V ₁₋₅	anterior, septum, apex
13	64	M	p-LAD	Q wave V ₁₋₄	anterior,
14	72	M	m-LAD	Q wave AVL, V ₁₋₄	anterior, septum, apex
15	45	M	m-LAD	Q wave AVL, V ₁₋₃	anterior, septum, apex
16	58	F	m-LAD	Q wave I, II, AVL & AF	apex
17	74	M	m-LAD	Q wave AVL, V ₁₋₃	anterior, apex
18	58	M	d-LAD	Q wave V ₁₋₄	apex

*p : proximal, m : Middle, d : distal, LAD : left anterior descending coronary artery , AF : atrial fibrillation

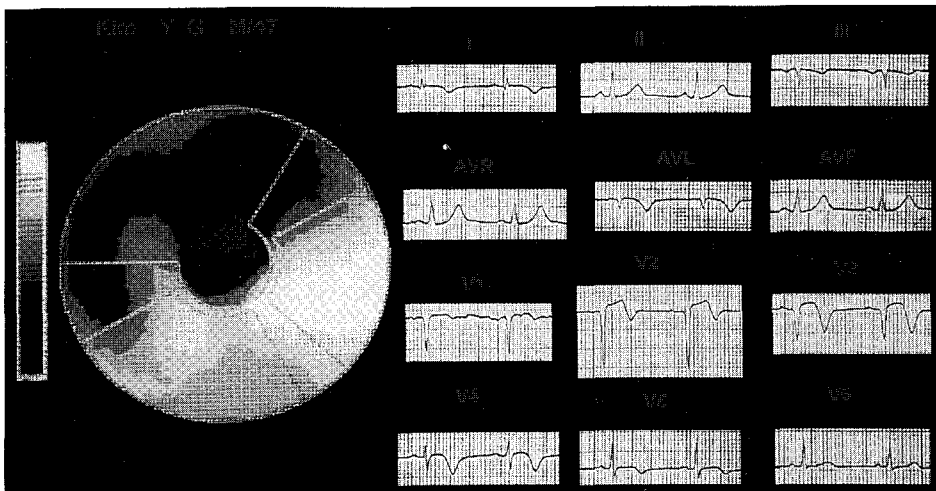


Fig. 1. The polar map of Tc-99m-sestMIBI myocardial perfusion SPECT shows perfusion defects in the anterior wall, apex and septum. The ECG shows a Q wave in V₁₋₃ & AVL and T wave inversion in I, AVL and V₂₋₅.

결 과

관동맥조영술에서 경색관련동맥을 알 수 있었던 31 명에서 정성적인 분석을 한 경우에 100%에서 의의

있는 관류결손부위가 나타났으며, 경색관련동맥의 국소화가 가능하였다. 극성지도에서의 예민도는 96.7% 였다.

심전도와 비교해 보면, 좌전하행지가 심근경색을 유발한 관동맥인 경우는 흉부 유도 V₁₋₆ 와 I 및 AVL

Table 2. Clinical Parameters in Patients That the RCA is an Infarct-related Artery

Patient	Age (yr)	Gender	Infarct-related artery	ECG findings	Location in the polar map
1	66	M	p-RCA	Q wave II, III AVF	inferior
2	57	M	p-RCA	Q wave II, III AVF	inferior
3	60	M	p-RCA	Q wave II, III AVF	inferior
4	69	M	p-RCA	Q wave III AVF	inferior
5	40	M	m-RCA	ST elevation II, III, AVF	inferior
6	54	M	d-RCA	ST elevation II, III, AVF	inferior

RCA : right coronary artery

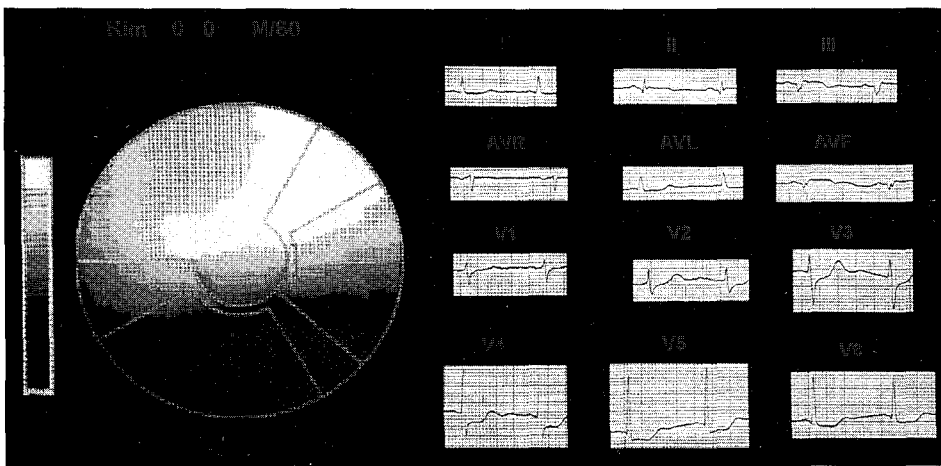


Fig. 2. The polar map of Tc-99m-sestMIBI myocardial perfusion SPECT shows a perfusion defect in the inferior wall. The ECG shows a Q wave in II, III & AVF and ST depression in V2-V6.

Table 3. Clinical Parameters in Patients That the LCx is an Infarct-related Artery

Patient	Age (yr)	Gender	Infarct-related artery	ECG findings	Location in the polar map
1	59	M	p-LCx	ST depression II, AVL, V ₁₋₆ , AF	lateral, apex
2	39	M	p-LCx	ST elevation II, III, AVF	lateral
3	50	M	m-LCx	Normal	lateral
4	65	M	m-LCx	ST elevation II, III, AVF	lateral
5	44	M	m-LCx	ST depression III, AVF	lateral, apex
6	70	M	m-LCx	ST elevation I, II, AVF V ₅₋₆	lateral, inferolateral
7	50	M	d-LCx	ST elevation V ₅₋₆	lateral, inferolateral

LCx : left circumflex coronary, AF : atrial fibrillation

lead에서 Q파를 확인할수가 있었다(Table 1)(Fig. 1).

우관동맥이 심근경색을 유발한 환자에서는 II, III, AVF에서 Q파 혹은 ST절의 상승이 관찰되었다(Table 2)(Fig. 2).

좌회선관동맥으로 인하여 심근경색이 유발된 7명의

환자중에서 1명만이 I과 AVL에서 Q파가 관찰되었고, 5명에서는 ST절의 상승만이 관찰되었고, 1명에서는 심전도의 이상이 관찰되지 않았다(Table 3)(Fig. 3).

관동맥조영술을 시행하지 않은 3예중 2예에서는 심전도상의 경색위치와 심근관류스캔에서의 위치가 일치

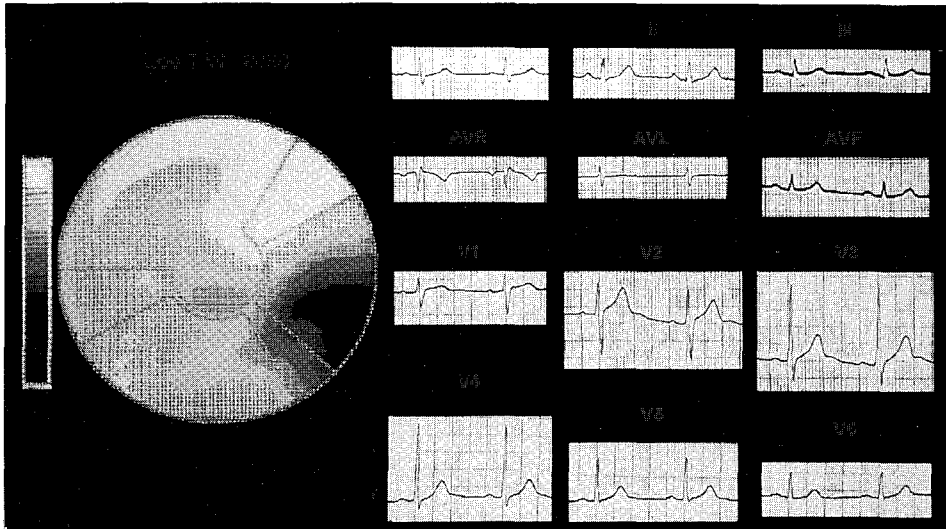


Fig. 3. The polar map of Tc-99m-sestMIBI myocardial perfusion SPECT shows a perfusion defect in the lateral wall. The ECG finding is normal.

Table 4. Clinical Parameters in the Others

patient	Age (yr)	Gender	infsarct-related artery	ECG findings	Location in the polar map
1	47	M	No luminal	Q wave V ₁₋₃	
2	67	M	narrowing	Q wave V ₃₋₆	
1	62	M	- - -	LBBB	inferior
2	68	F	- - -	ST elevation II, III, AVF	inferior
3	71	F	- - -	Q wave II, III AVF V ₂₋₆	inferior, apex

others : 2 patients ; Their angiographies didn't show any luminal narrowings.

2 patients ; Angiography was not performed.

- - - : Angiography was not performed. LBBB : left bundle branch block

하였으나, 나머지 1예에서는 심전도에서 완전 좌각차단을 보여 심근경색증의 진단 및 위치를 알기가 어려웠으나, 심근관류스캔에서는 하벽에서 관류결손이 확인되었다(Table 4)(Fig. 4).

극성지도를 이용하여 구한 경색의 크기는 좌전하행지로 인한 심근경색의 경우는 $31 \pm 18\%$ (평균 \pm 표준편차)였고, 좌회선관동맥인 경우는 $25 \pm 5.9\%$ 였으며, 우관동맥인 경우는 $31 \pm 13\%$ 였다(Fig. 5). 그리고 이들 상호간에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

고 찰

급성심근경색증의 조기진단은 임상적 특징과 심전

도상의 변화로 이루어진다. 특히 응급실에서 심전도 소견은 일차적인 심근경색의 진단에 아주 중요하다. 그러나 급성심근경색증 환자들의 약 30%에서 내원초기 심전도상 전형적인 변화가 나타나지 않을 수 있으며, 특히 심박조율기를 가지고 있거나, 좌각차단 혹은 WPW 증후군과 같은 비전형적인 심전도 소견을 보이는 경우에는 심전도로 심근경색증의 진단은 어렵다.

핵의학에서 심근경색을 증명할 수 있는 방법으로는 Tc-99m pyrophosphate 혹은 In-111이나 Tc-99m이 표지된 항 미오신 항체 심근스캔과 같이 심근경색 부위에 추적자가 섭취되는 심근경색신티그라피가 이용될 수 있으나 24시간 이내에는 예민도가 떨어진다⁵⁻⁷⁾. 궁동⁵⁾이 보고한 바에 의하면 24시간 이내의 급성심근

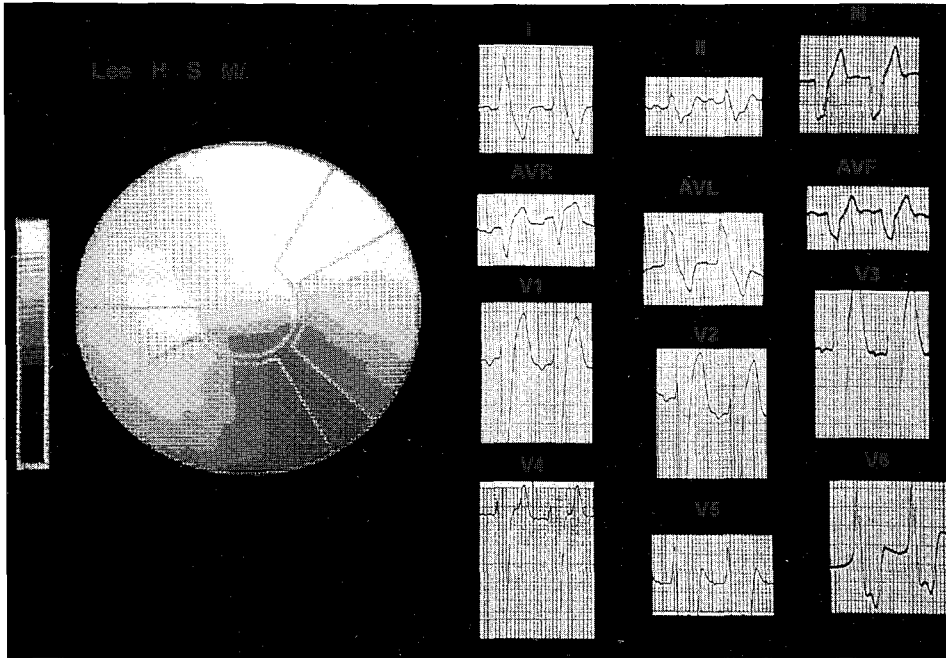


Fig. 4. The polar map of Tc-99m-sestMIBI myocardial perfusion SPECT shows a perfusion defect in the inferior wall. The ECG finding is a left bundle branch block.

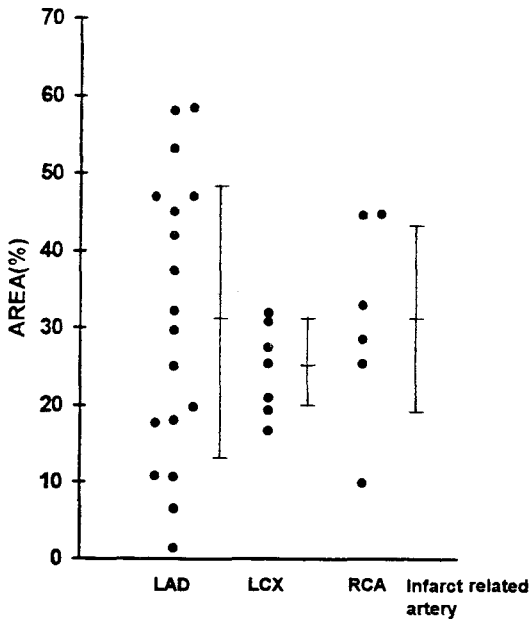


Fig. 5. The size of perfusion defect in the polar map as a percentage of the left ventricle. LAD: left anterior descendign coronary artery, LCX: left circumflex artery, RCA: right coronary artery.

경색증의 진단적 예민도는 Tc-99m pyrophosphate 을 이용한 경우에 66.7%로 보고하였다.

Tl-201이나 Tc-99m sestamibi 심근관류스캔을 이용하는 경우에는 급성심근경색의 빠른 진단이 가능하다고 보고되고 있다. Wackers등에 의하면 Tl-201 을 이용한 평면영상심근관류스캔에서 심근경색의 진단은 24시간이내에 예민도가 94%로 보고하였고⁸⁻⁹⁾, Boucher는 안정기의 Tc-99m sestamibi심근관류영상이 심근경색의 진단과 심근국소관류를 평가하는데 유용한 방법이며, 관류결손부위를 쉽게 영상화하여 국소화할 수 있다고 보고 하였다¹⁰⁾.

저자들의 경우는 경색발발후 24시간이내에 Tc-99m sestamibi 심근관류SPECT 검사가 가능했던 20명에서 100%의 진단적 예민도를 보여 Tc-99m pyrophosphate 스캔이나 Tl-201을 이용한 평면영상심근관류스캔보다 높았다. 그러나 심근경색부위를 나타내는 Tc-99m pyrophosphate 스캔과는 달리 심근관류스캔에서의 관류결손부위는 주위의 관동맥 폐색으로 생긴 위험에 처한 심근(myocardium at risk)을 의미한다. 따라서 급성심근경색의 재관류치료후의 추적심근관류스캔으로 구제심근(myocardial salvage)

과 심근경색부위를 알 수 있다^{11, 13, 14}). 그러나 응급으로 검사한 안정기 심근관류스캔만으로는 진구성 심근경색과 급성심근경색의 감별은 불가능하며, 심한 심근허혈 환자에서도 관류결손이 보일 수 있어 경색진단의 예민도는 높으나 특이도가 낮다.

Gibbons등은 급성심근경색에서 관류저하가 최고치의 60%이하인 부위를 의미있는 심근손상이 있다고 진단하였다¹¹). 저자들이 극성지도에서 60%이하의 관류저하를 보이는 경우를 비정상적으로 판단한 경우 정성적인 분석과 잘 일치하였으나, 1예에서 정성적인 분석에서는 중등도의 관류결손이 전벽에서 관찰되었으나, 극성지도에서 구한 면적이 1.4%로 음성으로 나타났다. 따라서 관류저하의 상한치를 더 높인다며 예민도를 높일 수 있을 것이나, 특이도는 낮아 질 것이다.

관동맥조영술 소견과 비교해보면 우관동맥으로 심근경색이 유발된 경우는 모든환자에서 하벽에 관류결손을 관찰할 수 있었고, 심전도에서도 II, III, AVF에서 이상 Q파 및 ST절의 상승을 관찰할수가 있어, 관동맥조영술과 심근관류스캔 및 심전도 소견이 서로 잘 일치하였다. 좌전하행관동맥이 심근경색유발관동맥인 경우에도 모든환자가 좌전하행관동맥분포영역에 관류결손이 나타났으며 흉부 유도 V1-6 와 I 및 AVL lead에서 이상 Q파가 나타나, 관동맥조영술과 심근관류스캔 및 심전도 소견이 서로 잘 일치 하였다.

좌회선관동맥으로 심근경색이 유발된 경우는 모든 환자에서 측벽에 관류결손을 관찰 할수 있었으나, 심전도에서 이상 Q파의 관찰은 1명에서만 있었고, 약간의 ST절의 상승만있는 경우가 대부분이었다. 심지어 정상 심전도 소견을 보인 경우도 관찰이 되었다. 이는 Timothy등¹⁵)이 보고한 것처럼 측벽경색일 경우는 심전도만으로 진단하는 것이 힘들다는 것을 나타낸다. 그러나 이러한 경우에도 심근관류스캔은 정확히 심근경색부위를 찾아낼 수 있으며, 곧바로 혈전용해제를 이용한 치료를 시행할 수 있도록 한다.

완전좌각차단환자에서의 심근경색의 진단은 좌각차단에 의한 2차적인 T파의 변화로 인하여 어렵다. 저자들은 심전도상에서 완전좌각차단으로 심근경색을 진단 할 수가 없었으나, 30분이상 지속된 흉통이 있었고, 입원 후 연속적으로 촬영한 CK, CK-MB 및 LDH가 심근경색증의 전형적인 변화양상을 보여 심근경색을 진단할 수 있었던 환자의 Tc-99m sestamibi

심근관류SPECT에서 하벽에 관류결손을 관찰할 수 있었다. 극성지도에서 구한 관류결손의 면적은 27.3% 였다.

심근경색을 진단하는방법으로서의 심근관류SPECT는 예민도가 높고, 심근경색의 위치와 크기를 쉽고, 정확하게 알 수 있어서 예후판정에 유용하며, 특히 심전도로 진단이 어려운 완전좌각차단환자나 측벽경색의 빠른 진단과 혈전용해요법의 빠른 사용을 가능하게 한다.

심근경색부위의 정확한 판단이외에도 극성지도를 이용하여 심근경색의 범위와 그 관류정도를 정량적으로 평가할 수 있으므로, 손상된 심근의 양과 혈류장애의 정도에 따라 좌우되는 관동맥환자의 예후판정에 도움을 받을 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

저자들은 급성심근경색증으로 진단된 36명에서 응급실 도착후에 시행한 Tc-99m seataMIBI 심근SPECT를 심전도검사과 비교하여 다음의 결과를 얻었다.

1) 좌전하행관동맥과 우관동맥의 폐쇄로 인한 심근경색증환자 24명 모두가 안정기 Tc-99m sestamibi 심근SPECT에서 관류결손을 나타냈고, 심전도상에서는 Q파 혹은 ST절의 상승이 관찰되었다.

2) 좌회선관동맥의 폐쇄로 인한 심근경색증환자 7명 모두 안정기 Tc-99m sestamibi 심근SPECT에서 측벽에 관류결손이 나타났으나, 이상 Q파는 1명에서만 관찰되었고, 6명에서 ST절의 변화가 보였으며, 1명에서는 정상심전도소견을 보였다.

3) 심혈관촬영술을 시행하지 않은 3예중 2예에서는 심전도상 경색의 위치와 심근 SPECT에서의 관류결손부위가 일치하였으나, 나머지 1예에서는 심전도상 LBBB가 보였고 심근SPECT에서는 하벽에 관류결손이 관찰되었다.

4) 극성지도를 이용하여 구한 손상된 심근의 면적을 전체심근에 대한 백분율로 표시하면 좌전하행관동맥: 31.17±18.21%, 우관동맥: 31.17±13.24%, 좌회선관동맥: 24.71±5.94% 이었다.

5) 정성적인 분석에서 심근경색의 진단적 예민도는 100%였고, 관동맥 조영술을 시행하여 경색 관련관동

맥을 진단할 수 있었던 31명의 모든 예에서 심근관류 SPECT로 국소화가 가능하였다.

이상의 결과에서 응급으로 시행한 심근관류 SPECT가 심근경색의 진단에 유용하며, 특히 심전도에서 심근경색증의 판단이 어려운 측벽경색이나 좌각 차단이 있는 경우에 유용한 방법으로 생각된다.

감사의 글

응급으로 심근관류 SPECT를 시행하는데 수고한 영남대학병원 핵의학과 백중훈, 방찬석 기사에게 감사드립니다.

REFERENCES

- 1) Working group on the establishment of ischemic heart disease registers : *Report of the fifth working group. WHO, Eur 8201(5). Copenhagen, 1971*
- 2) Kannel WB: *Prevalence and clinical aspects of unrecognized myocardial infarction and sudden unexpected death. Circulation 1987;75:II4-5*
- 3) Grimm RH, Tillinghast S, Daniels K, Neaton JD, Mascioli S, Crow R, Pritzker M, Prineas RJ: *Unrecognized myocardial infarction: Experience in the multiple risk factor intervention trial (MRIFIT). Circulation 1987;75:II6-8*
- 4) Rude RE, Poole WK, Muller JE, Turi Z, Rutherford J, Parker C, Roberts R, Raabe DS, Gold HK, Stone PH, Willerson JT, Braunwald E: *Electrocardiographic and clinical criteria for recognition of acute myocardial infarction based on analysis of 3,697 patients. Am J Cardiol 1983;52:936-42*
- 5) 궁성수, 김승택, 문대혁, 정준기, 이명철, 고창순: 급성 심근경색증에서의 Tc-99m pyrophosphate myocardial scan의 양성율에 관한 연구. 대한핵의학회지 1989;23:13-18
- 6) 이명철, 이경한, 최윤호, 정준기, 박영배, 고창순, 문대혁: In-111 antimyosin 항체를 이용한 심근경색의 정량적 평가. 대한핵의학회지 1991;25:37-45
- 7) Braat SH, de Zwaan C, Teule J, Heidendag G, Wellens HJJ: *The value of Indium-111 monoclonal antimyosin antibody for imaging acute myocardial infarction. Am J Cardiol 1987;60:725-*

726

- 8) Wackers FJ, Schoot JB, Busemann SE, Samson G, Niftrik GJ, Lie KI, Durrer D, Wellens HJ: *Noninvasive visualization of acute myocardial infarction in man with thallium-201. Br Heart J 1975;37:741-744*
- 9) Wackers FJ, Busemann SE, Samson G, Schoot JB, Lie KI, Liem KL, Wellens HJ: *Value and limitation of thallium-201 scintigraphy in the acute phase of myocardial infarction. N Engl J Med 1976;295:1-5*
- 10) Boucher CA: *Detection and location of myocardial infarction using technetium-99m sestamibi imaging at rest. Am J Cardiol 1990;66:32E-35E*
- 11) Gibbons RJ, Berani MS, Behrenbeck T, Pellikka PA, O'Connor MK, Mahmarian JJ, Chessebro JH, Wackers FJ: *Feasibility of tomographic Tc-99m hexakis-2-methoxy-2-methylpropyl-isonitrile imaging for the assessment of myocardial area at risk and the effect of treatment in acute myocardial infarction. Circulation 1989;80:1277-1286*
- 12) Van Train KF, Garcia EV, Maddahi J, Areeda J, Cooke CD, Kiat H, Silagan G, Folks R, Friedman J, Matzer L, Germano G, Batman T, Ziffer J, DePuey EG, Fink-Bennet D, Cloninger K and Berman DS: *Multicenter trial validation for quantitative analysis of same-day rest-stress technetium-99m-sestamibi myocardial tomograms. J Nucl Med 1994;35:609-618*
- 13) Pellikka PA, Behrenbeck T, Verani MS, Mahmarian JJ, Wackers FJT, Gibbons RJ: *Serial changes in myocardial perfusion using tomographic technetium-99m hexakis-2-methoxy-2-methylpropyl-isonitrile imaging following reperfusion therapy of myocardial infarction. J Nucl Med 1990;31:1269-1275*
- 14) Kayden OS, Mattera JA, Zaret BL, Wackers FJ: *Demonstration of reperfusion after thrombolysis with technetium-99m isonitrile myocardial imaging. J Nucl Med 1988;29:1865-1867*
- 15) Christian TF, Clements IP, Gibbons RJ: *Noninvasive identification of myocardium at risk in patient with acute myocardial infarction and non-diagnostic electrocardiograms with technetium-99m sestamibi. Circulation 1991;83:1615-1620*