

관상동맥 질환의 중재시술 후에 측정된 Thrombolysis in Myocardial Infarction Frame Count에 따른 좌심실 수축기능의 변화

건국대학교 의학전문대학원 심장혈관내과

김현중 · 한성우 · 김성해 · 서순용 · 정상만 · 유규형

Changes in Left Ventricular Systolic Function According to Thrombolysis in Myocardial Infarction Frame Count Immediately After Coronary Intervention in Patients With Obstructive Coronary Artery Disease

Hyun-Joong Kim, MD, Seong Woo Han, MD, Sung Hea Kim, MD,
Soon Yong Suh, MD, Sang Man Jung, MD and Kyu Hyung Ryu, MD

Department of Cardiovascular Medicine, School of Medicine, Konkuk University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives: Some reports have suggested that coronary microvascular dysfunction plays a role in the recovery of myocardial function in patients with obstructive coronary artery disease. Thrombolysis in myocardial infarction (TIMI) frame count (TFC) is regarded as a simple, reliable method for evaluating microvascular function. We evaluated microvascular function using TFC immediately after coronary intervention and compared TFC with left ventricular systolic function eight months later. **Subjects and Methods:** We studied 68 patients with obstructive coronary artery disease who underwent coronary intervention. Just after intervention, TFC was calculated with the standard method. Left ventricular systolic function was assessed with left ventricular diastolic dimension (LVEDd), ejection fraction (EF), and wall motion score index (WMSI). Eight months after intervention, we completed follow-up coronary angiography and echocardiography. We defined high TFC (HTFC) as a TFC greater than 18. **Results:** Ten patients were in the HTFC group, and 58 patients were in the low TFC (LTFC) group. There was no difference between the two groups with regard to baseline cardiovascular characteristics and angiographic findings. Just after intervention, the HTFC group showed significantly higher LVEDd (56.6 ± 8.9 mm) and WMSI (1.60 ± 0.65) compared to the LTFC group (50.3 ± 5.9 mm, $p < 0.05$; 1.34 ± 0.29 , $p < 0.05$, respectively), but there was no significant difference in EF between the groups ($49.3 \pm 18.6\%$ vs. $56.2 \pm 14.8\%$, $p > 0.05$). Eight months after intervention, there was also a significant decrease in the WMSI in the LTFC group (1.23 ± 0.25 , $p < 0.05$), but not in the HTFC group (1.57 ± 0.62 , $p > 0.05$). **Conclusion:** Increased TFC immediately after coronary intervention is an important poor prognostic factor related to myocardial systolic function eight months after coronary intervention. Coronary microvascular dysfunction may influence myocardial recovery in the setting of obstructive coronary artery disease. (**Korean Circ J 2008;38:666-670**)

KEY WORDS: Microcirculation; Angioplasty; Coronary heart disease.

Received: August 29, 2008

Accepted: September 3, 2008

Correspondence: Kyu Hyung Ryu, MD, Department of Cardiovascular Medicine, School of Medicine, Konkuk University, 4-12 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-729, Korea

Tel: 82-2-2030-7512, Fax: 82-2-2030-6069 · E-mail: khryu@kuh.ac.kr

서 론

관상동맥 질환의 중재시술에 관한 여러 연구에서 시술 직후의 관상동맥의 thrombolysis in myocardial infarction (TIMI) grade는 환자의 예후와 밀접한 관계가 있음이 알려져 있다.¹⁾ 심근경색 환자의 중재시술 후 관상동맥의 TIMI grade 3를 보이는 환자들은 6개월 사망률이 TIMI grade 0, 1, 2에 비해 의미 있게 낮을 뿐만 아니라 심근의 수축기능과도 밀접한 관련이 있다. 그런데 같은 TIMI 3를 보이는 환자 중에서도 심근관류의 정도 (myocardial perfusion grade)에 따라 다른 예후를 보이는데, 이러한 차이는 아마도 심근 내의 미세혈관 기능장애 (microvascular dysfunction)에 의한 것으로 생각되고 있다.²⁾ 특히 중재시술 후 관상동맥의 잔여협착이 없음에도 관상동맥의 혈류 흐름이 지연되거나 회복되지 않는 slow-flow 혹은 no-reflow와 같은 현상은 미세혈관의 기능장애에 의한 것으로 생각되고 있으며 이러한 현상이 나타나는 경우 환자는 매우 나쁜 예후를 보이게 된다.³⁻⁵⁾ 이러한 미세혈관 손상을 측정하기 위한 여러 가지 방법 중 TIMI frame count (TFC)는 비교적 측정하기 간단하고 재현적이며 다른 측정 방법에 비하여 객관적이고 정량화에 큰 이점이 있어 여러 연구에서 사용되고 있다.⁶⁻¹⁰⁾ 본 연구는 좌심실의 국소운동장애를 가지고 있는 관상동맥 질환에서 중재시술 직후의 미세혈관의 기능 정도를 TFC로 측정하고 이에 따라 좌심실의 수축기능 (left ventricular systolic dysfunction)이 어떻게 변화하는지를 중재시술 직후와 정기적인 관상동맥 중재시술 추적관찰 기간인 8개월에 심장초음파로 비교 측정하여 비교 관찰하였다.

대상 및 방법

대 상

본 연구는 허혈성 심 질환의 전형적인 흉통을 호소하면서 운동부하검사나 심근관류검사상에서 의미 있는 허혈의 증거가 있고 심장초음파상 국소운동장애가 있는 환자로 관상동맥 조영술상 의미 있는 관상동맥의 협착 소견이 있어 중재시술을 성공적으로 시행 받은 환자를 대상으로 하였으며 시술 직후 혈관조영술 영상에서 해당 관상동맥이 TIMI 2 grade 이하를 보이는 환자들은 제외하였다. 시술 후 8개월째에는 추적 관상동맥조영술과 심장초음파를 시행하였다.

Thrombolysis in myocardial infarction frame count의 측정

TFC는 관상동맥이 미리 설정한 관상동맥 내 원위부 지표를 채우는 데 필요한 방사선 영상의 프레임 (frame)의 수를 말하는 것으로 Gibson 등⁶⁾이 제시한 표준적인 방법을 따랐다. 모든 관상동맥 조영술 및 중재시술 영상은 15 frame/second의 속도로 얻었으며 이를 디지털화된 영상시스템에 저장

하고 별도의 이미지 분석 프로그램 (NEXUS, Seoul, South Korea)을 이용하여 분석하였다. 2명의 심장혈관전문의가 독립적으로 TFC를 측정하였고 두 측정자 간의 차이가 있는 경우 다른 심장혈관전문의가 이를 판정하고 가까운 쪽의 측정값을 취하였다. 좌전하행관상동맥 (left anterior descending artery, LAD)은 우측관상동맥 (right coronary artery, RCA) 혹은 좌측회선동맥 (left circumflex artery, LCX)에 비하여 해부학적으로 길기 때문에 이를 보정하기 위하여 측정된 LAD의 프레임을 1.7로 나누어 보정하였다. 본원에서 실시한 심장혈관조영술에서 정상관상동맥을 보인 환자의 관상동맥 300개를 분석한 결과 TFC의 평균은 18로 나타났으며 이를 기준으로 하여 시술 후 해당 관상동맥의 TFC가 18미만인 군을 low TFC (LTFC) 군으로, 18 이상인 군을 high TFC (HTFC) 군으로 정의하였다.

좌심실 수축기능 (Left ventricular systolic dysfunction)의 측정

좌심실 수축기능은 심장초음파를 이용하여 측정하였다. 관상동맥중재시술이 끝난 직후와 8개월에 시행한 심장초음파의 측정값을 사용하였다. 좌심실 이완기 직경 (left ventricular diastolic diameter, LVEDd), 좌심실 구혈률 (ejection fraction)을 통상적인 방법으로 구하였고 좌심실 국소운동장애는 반정량적으로 표시하는 wall motion score index (WMSI)를 이용하여 계산하였다. WMSI는 좌심실을 모두 16개의 부분으로 나누고 각각의 부분의 국소운동장애를 점수화하여 (3, akinetic; 2, hypokinetic; 1, normal) 이를 평균한 값으로 정하였다.

통계적 분석

모든 결과는 mean \pm SD로 표시하였다. 두 군 환자 간의 기초임상 양상을 비교하기 위해서는 chi-square test와 analysis of variance (ANOVA)를 사용하고 TFC와 심장초음파 측정인자들을 비교하기 위해서 student t-test를 이용하였다. 같은 군에서 시술 직후와 8개월의 변화를 보기 위해서는 paired t-test를 사용하였다. 통계적 프로그램은 SPSS 12.0을 사용하였고 통계적인 의미는 $p < 0.05$ 로 정하였다.

결 과

환자의 임상적 특징 (Baseline characteristics)

모두 68명의 환자가 포함되었고 시술 후 TFC가 18 이상인 HTFC 군은 모두 10명이었다. 두 군 간의 성별, 나이, 여러 다른 심혈관계 위험인자들 간에는 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다. LTFC군의 TFC는 12.7 ± 2.6 이었고 HTFC 군에서 21.8 ± 4.2 였다. 연구에 포함된 환자들의 임상진단은 안정성 협심증 (stable angina)과, 불안정성 협심증 (unstable angina), 비 ST분절 상승심근경색증 (non ST segment

Table 1. Baseline characteristics of patients

	LTFC (n=58)	HTFC (n=10)	p*
Sex, n (%)			
Male	41 (70.7)	9 (90.0)	NS
Female	17 (29.3)	1 (10.0)	
Age (years)	59.3 ± 11.1	60.1 ± 12.0	NS
DM, n (%)	14 (24.1)	1 (10.0)	NS
Hypertension, n (%)	28 (48.3)	5 (50.0)	NS
Smoking, n (%)	37 (63.8)	7 (70.0)	NS
Hyperlipidemia, n (%)	12 (20.7)	1 (10.0)	NS
TFC, n (%)	12.7 ± 2.6	21.8 ± 4.2	<0.01
Diseased vessel, n (%)			NS
1	29 (50.0)	4 (40.0)	
2	23 (39.7)	6 (60.0)	
3	6 (10.3)	0 (0.0)	
Target vessel, n (%)			NS
LAD	40 (69.0)	4 (40.0)	
LCX	10 (17.2)	2 (20.0)	
RCA	8 (13.8)	4 (40)	
Clinical diagnosis, n (%)			NS
Stable angina	9 (15.1)	3 (30.0)	
Unstable angina	18 (31.0)	3 (30.0)	
NSTEMI	6 (10.3)	1 (10.0)	
STEMI	25 (43.1)	3 (30)	

*NS: not significant ($p>0.05$). LTFC: low TIMI frame count, HTFC: high TIMI frame count, DM: diabetes mellitus, TFC: TIMI frame count, LAD: left anterior descending artery, LCX: left circumflex artery, RCA: right coronary artery, NSTEMI: non ST segment elevation myocardial infarction, STEMI: ST segment elevation myocardial infarction, TIMI: thrombolysis in myocardial infarction

elevation myocardial infarction, NSTEMI), ST분절 상승 심근경색증 (ST segment elevation myocardial infarction, STEMI)이었으며 두 군 간의 임상진단에 따른 의미 있는 차이는 없었으며 시술 전의 관상동맥 병변의 수도 두 군 간의 통계적인 차이는 없었다 (Table 1).

좌심실 수축 기능 비교

좌심실 이완기 직경 (LVEDd)은 시술 직후 LTFC군에 비해 HTFC군에서 의미 있게 증가되어 있었으며 (50.3 ± 5.9 mm vs. 56.6 ± 8.9 mm, $p<0.05$), 시술 후 8개월에 추적검상에서도 여전히 의미 있는 차이를 보이고 있었다 (49.8 ± 6.1 mm vs. 57.7 ± 11.1 mm, $p<0.05$) (Fig. 1). 좌심실 구혈률은 시술 직후 ($56.2 \pm 14.8\%$ vs. $49.3 \pm 18.6\%$, $p>0.05$)와 8개월째 ($61.6 \pm 13.3\%$ vs. $57.2 \pm 16.9\%$, $p>0.05$) 모두 두 군 간에 의미 있는 차이가 없었다.

Wall motion score index의 비교

WMSI는 시술 직후 LTFC군이 HTFC군에 비해 의미 있게 낮아 (1.34 ± 0.29 vs. 1.60 ± 0.65 , $p<0.05$) 국소운동장애를 중심으로 평가한 좌심실 수축기능은 LTFC군이 보다 우수한 것으로 나타났다. 또한 LTFC군에서는 시술 후 8개월에 WMSI가 1.23 ± 0.25 로 의미있게 감소하였으나 HTFC군에서는 1.57 ± 0.62 로 통계적으로 의미 있는 변화를 보이지 않아 시술 8개

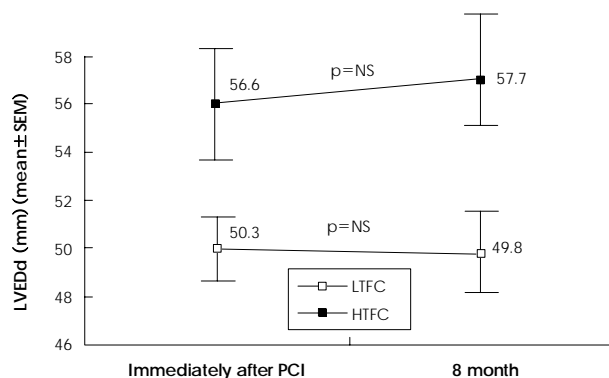


Fig. 1. Comparison of left ventricular end diastolic dimension immediately after percutaneous coronary intervention and 8 month later. Left ventricular end diastolic dimension in high TIMI frame count group was significantly increased compared to that in low TIMI frame count group. However, there were no significant interval changes after 8 month later in both groups. LVEDd: left ventricular end diastolic dimension, LTFC: low TIMI frame count, HTFC: high TIMI frame count, PCI: percutaneous coronary intervention, NS: not significant, TIMI: thrombolysis in myocardial infarction.

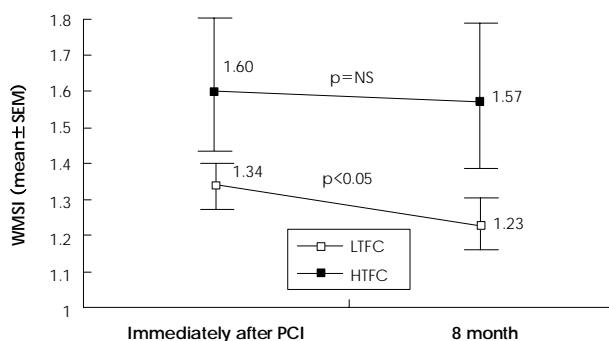


Fig. 2. Interval changes of wall motion score index in both groups. The wall motion score index in low TIMI frame count group significantly decreased after 8 month of percutaneous coronary intervention. However, there was no significant change in high TIMI frame count groups. WMSI: wall motion score index, LTFC: low TIMI frame count, HTFC: high TIMI frame count, PCI: percutaneous coronary intervention, NS: not significant, TIMI: thrombolysis in myocardial infarction.

월 후의 좌심실 수축기능은 LTFC군에서는 의미 있게 호전되는 반면 HTFC군에서는 변화가 없음을 알 수 있었다 (Fig. 2).

시술 직후와 8개월째의 Thrombolysis in myocardial infarction frame count의 비교

LTFC군에서는 시술직후의 TFC가 8개월에 비해 의미 있게 작아 (12.7 ± 2.6 vs. 16.7 ± 4.3 , $p<0.001$), 시술 직후의 관상동맥 혈류가 8개월에 비해 오히려 증가되어 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 이러한 변화는 HTFC군에서는 관찰되지 않았다 (21.8 ± 4.2 vs. 22.1 ± 5.8 , $p>0.05$) (Fig. 3).

고 찰

심근경색의 중재시술 후에 관상동맥의 TIMI grade는 예후와 밀접한 관련이 있다.¹⁾ 하지만 같은 TIMI 3 grade라 할

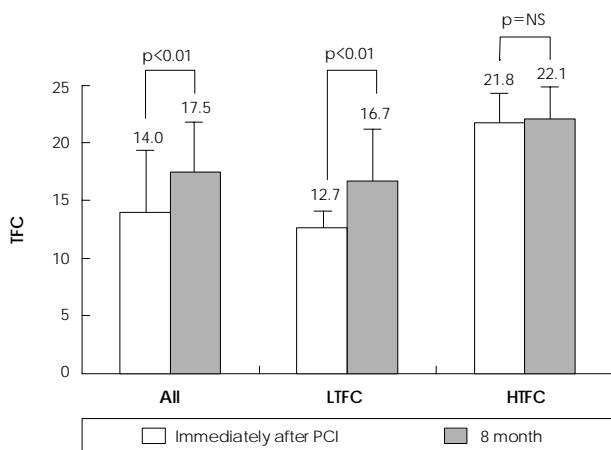


Fig. 3. Interval changes of TIMI frame count in both groups. Eight month later, the TIMI frame count in low TIMI frame count group significantly increased, however this findings was not observed in high TIMI frame count group. TFC: TIMI frame count, LTFC: low TIMI frame count, HTFC: high TIMI frame count, PCI: percutaneous coronary intervention, NS: not significant, TIMI: thrombolysis in myocardial infarction.

지라도 myocardial perfusion grade에 따라 시술 후 사망률이 7배 정도 차이가 나는데 이러한 사실은 epicardial coronary artery 외에도 미세혈관의 기능 변화가 중요한 역할을 하는 것으로 생각할 수 있다.

심근의 미세혈관의 기능을 측정하는 방법으로 intracoronary myocardial contrast echocardiography,¹¹⁾ positron emission tomography,¹²⁾ radionuclide imaging,¹³⁾ Doppler wire¹⁴⁾ 등이 있다. 하지만 이러한 방법들은 시행하기가 복잡하고 비용이 많이 들어 모든 병원에서 시행하기 어려운 단점이 있다. 이에 비해 TIMI frame count는 시행이 비교적 간단하고 비용이 적게 들며, 재현적이고 정량적인 분석이 가능하다는 점에서 손쉽게 미세혈관의 기능을 측정할 수 있다는 장점이 있다. 특히 최근에는 디지털 영상 장비의 발달로 영상을 분석하는 방법이 매우 쉬워져 많은 환자에서 반복적으로 실시할 수 있게 되었다.

본 연구의 결과에 따르면 관상동맥질환의 중재적 시술 후에 TFC가 증가한 환자에서는 시술 직후의 좌심실 이완기 직경이 의미 있게 증가되어 있으며 WMSI를 기준으로 한 좌심실 수축기능도 더욱 저하되어 있는 것을 알 수 있었다. 특히 TFC가 낮은 환자군에서는 8개월 추적검사에서 국소운동장애의 지표인 WMSI가 의미 있게 호전되는 반면 TFC가 증가된 군에서는 시술 직후에 비해 8개월째 차이가 없어 좌심실 수축기능의 회복에 장애가 있다는 사실을 확인할 수 있었다. Gibson 등⁷⁾¹⁵⁾의 연구에 따르면 급성 심근경색 환자에서 혈전용해술을 시행하고 난 뒤 90분째 시행한 혈관조영술상에서 측정된 TFC가 증가할수록 심근경색으로 인한 합병증의 발생 비율이 높았으며 급성 관상동맥증후군 환자에서 중재시술 후에 사망한 환자의 시술 직후 TFC는 사망하지 않은 환자에 비해 증가되어 있었다. 또한 Hamada 등¹⁶⁾은 심

근경색 환자의 중재시술 직후의 TFC가 시술 직후와 1개월의 국소운동장애의 회복과 의미 있는 상관관계가 있다고 보고하였다. 특히 TFC가 23 이상인 군은 국소운동장애의 회복이 23 이하인 군에 비해 의미 있게 낮아서 중재시술 직후의 TFC가 임상적 예후를 예측할 수 있는 좋은 지표가 될 수 있음을 시사하였다. 이러한 소견은 본 연구에서의 TFC에 따른 좌심실 수축기능의 차이와 그 회복이 영향을 받는다는 결과와 매우 잘 일치한다. 특히 본 연구에 포함된 환자는 급성 심근경색 환자뿐만 아니라 안정성 협심증, 불안정성 협심증의 환자까지 포함하였으므로 TFC가 심근경색뿐만 아니라 다른 종류의 관상동맥 질환에까지 이러한 관계가 적용될 수 있다는 점을 제시하고 있다.

몇몇 동물실험 결과에 따르면 관상동맥의 재관류 후에 수시간 동안 reactive hyperemia가 발생한다는 보고가 있는데¹⁷⁾¹⁸⁾ 본 연구 결과에서도 LTFC군에서 중재시술 직후의 TFC가 오히려 8개월째 반복 측정된 해당 관상동맥의 TFC보다 낮아 중재시술 직후의 reactive hyperemia 상태가 있었음을 간접적으로 보여주고 있다. 반면에 HTFC군에서는 시술 직후와 8개월째 TFC 간의 차이가 보이지 않아 시술 직후 당시 LTFC군에서 발생하는 reactive hyperemia가 발생하지 않는 것으로 보이는데, 이러한 현상은 reactive hyperemia를 가능하게 하는 혈관내피세포의 기능이 HTFC군에서 저하되어 있을 것으로 생각되나 정확한 병태생리학적 기전을 밝히기 위해서 앞으로 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 상대적으로 HTFC 환자군이 적은 환자를 포함하고 있고, 대상 환자가 비록 관상동맥 질환 환자들이나 안정성 협심증부터 STEMI에 이르기까지 각각의 임상 상황이 매우 다른 다양한 환자군을 대상으로 하였으므로 본 연구 결과를 각각의 상황에 모두 동일하게 적용하기에는 어려운 점이 있다. 또한 TFC를 결정하는 데 미세혈관 혈류가 중요한 역할을 하기는 하지만 이외에도 혈관의 크기, 혈압, 맥박수, 혈액의 점도 등이 관여하므로 TFC만을 가지고 심근의 미세혈관을 평가하는 것은 많은 제한점이 있다. 하지만 이러한 제한점에도 불구하고 TFC는 반복적으로 간편하게 측정할 수 있는 좋은 정량적 정보를 제공해 주므로 향후 많은 수의 환자를 대상으로 각각의 임상상황에 대해 독립적인 연구가 더 많이 이루어진다면 TFC는 여러 관상동맥 질환에서 시술 직후의 좌심실 기능뿐만 아니라 장기적인 예후를 예측하는 좋은 인자로 사용될 가능성이 매우 높을 것으로 생각한다.

요 약

배경 및 목적

관상동맥 질환의 중재시술 후 같은 TIMI 3를 보이는 환자 중에서도 심근내의 미세혈관 기능장애에 따라 다른 임상상을 보이게 된다. TIMI frame count는 이는 미세혈관의

기능을 측정하는 간편한 방법으로 여러 관상동맥 질환의 중재시술 후의 TFC에 따라 좌심실의 수축기능이 어떻게 변화하는지를 시술 직후와 8개월에 심장초음파로 비교 측정하여 알아보았다.

방 법

68명의 허혈성 심장질환 환자를 대상으로 중재시술 직후의 TFC를 측정하였다. TFC가 18 이상인 환자를 high TFC로 하고 18 미만인 환자를 low TFC로 정하였다. 좌심실 수축기능은 심장초음파를 이용하여 측정하였다. 관상동맥중재시술이 끝난 직후와 8개월에 좌심실 이완기 직경, 좌심실 구혈률을 통상적인 방법으로 구하였고 좌심실 국소운동장애를 반정량적으로 표시하는 WMSI를 계산하였다.

결 과

LTC군은 58명, HTFC군은 10명이었다. 좌심실 이완기 직경은 시술 직후 LTC군에 비해 HTFC군에서 의미 있게 증가되어 있었으며, 시술 후 8개월에 추적검사상에서도 여전히 의미 있는 차이를 보이고 있었으나 좌심실 구혈률은 시술 직후와 8개월째 모두 두 군 간에 의미 있는 차이가 없었다. WMSI는 시술 직후 LTC군이 HTFC군에 비해 의미 있게 낮았다. LTC군에서는 시술 후 8개월에 WMSI가 의미 있게 감소하였으나 HTFC군에서는 변화를 보이지 않아 시술 8개월 후의 좌심실 수축기능은 LTC군에서는 의미 있게 호전되는 반면 HTFC군에서는 변화가 없음을 알 수 있었다.

결 론

관상동맥질환 환자의 중재시술 직후 TFC의 증가는 시술 후 8개월째 좌심실의 수축기능 회복의 불량할 것임을 시사하며 이는 미세혈관 기능장애로 인해 발생할 가능성이 있다.

중심 단어: 미세혈류 · 혈관성형확장술 · 관상동맥 질환.

Acknowledgments

이 논문은 2005년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임.

REFERENCES

- 1) Stone GW, Cox D, Garcia E, et al. Normal flow (TIMI-3) before mechanical reperfusion therapy is an independent determinant of survival in acute myocardial infarction: analysis from the primary angioplasty in myocardial infarction trials. *Circulation* 2001; 104:636-41.
- 2) Ndrepepa G, Kastrati A, Schwaiger M, et al. Relationship between residual blood flow in the infarct-related artery and scintigraphic infarct size, myocardial salvage, and functional recovery in patients with acute myocardial infarction. *J Nucl Med* 2005; 46:1782-8.
- 3) Gibson CM, Cannon CP, Murphy SA, et al. Relationship of TIMI myocardial perfusion grade to mortality after administration of thrombolytic drugs. *Circulation* 2000; 101:125-30.
- 4) An SG, Oh JH, Park TI, et al. Risk factors for reflow disturbance phenomenon during percutaneous coronary intervention in patients with acute myocardial infarction. *Korean J Med* 2008; 74:16-22.
- 5) Park JS, Bae JW, Koo BK, et al. Risk factors of no-reflow phenomenon after primary percutaneous coronary intervention with stent implantation. *Korean Circ J* 2004; 34:368-75.
- 6) Gibson CM, Cannon CP, Daley WL, et al. TIMI frame count: a quantitative method of assessing coronary artery flow. *Circulation* 1996; 93:879-88.
- 7) Gibson CM, Murphy SA, Rizzo MJ, et al. Relationship between TIMI frame count and clinical outcomes after thrombolytic administration. *Circulation* 1999; 99:1945-50.
- 8) Woo SI, Tahk SJ, Yoon MH, et al. Correlation between thrombolysis in myocardial infarction, the myocardial perfusion grade and the myocardial viability indices after primary percutaneous coronary intervention in ST segment elevation myocardial infarction. *Korean Circ J* 2007; 37:581-9.
- 9) Choi SY, Tahk SJ, Yoon MH, et al. Comparison of TIMI myocardial perfusion grade with coronary flow reserve for prediction of recovery of LV function and LV remodeling in acute myocardial infarction. *Korean Circ J* 2004; 34:247-57.
- 10) Kim PJ, Jung HO, Koh YS, et al. Comparison of TIMI frame count and TIMI myocardial perfusion grade in assessment of myocardial reperfusion after primary angioplasty for acute myocardial infarction. *Korean Circ J* 2003; 33:864-70.
- 11) Ito H, Tomooka T, Sakai N, et al. Lack of myocardial perfusion immediately after successful thrombolysis: a predictor of poor recovery of left ventricular function in anterior myocardial infarction. *Circulation* 1992; 85:1699-705.
- 12) Maes A, van de Werf F, Nuyts J, Bormans G, Desmet W, Mortelmans L. Impaired myocardial tissue perfusion early after successful thrombolysis: impact on myocardial flow, metabolism, and function at late follow-up. *Circulation* 1995; 92:2072-8.
- 13) Hamada S, Nakamura S, Sugiura T, et al. Early detection of the no-reflow phenomenon in reperfused acute myocardial infarction using technetium-99m tetrofosmin imaging. *Eur J Nucl Med* 1999; 26:208-14.
- 14) Wakatsuki T, Nakamura M, Tsunoda T, et al. Coronary flow velocity immediately after primary coronary stenting as a predictor of ventricular wall motion recovery in acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35:1835-41.
- 15) Gibson CM, Goel M, Cohen DJ, et al. Six-month angiographic and clinical follow-up of patients prospectively randomized to receive either tirofiban or placebo during angioplasty in the RES-TORE trial: randomized efficacy study of tirofiban for outcomes and restenosis. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32:28-34.
- 16) Hamada S, Nishiue T, Nakamura S, et al. TIMI frame count immediately after primary coronary angioplasty as a predictor of functional recovery in patients with TIMI 3 reperfused acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2001; 38:666-71.
- 17) Heyndrickx GR, Amano J, Patrick TA, et al. Effects of coronary artery reperfusion on regional myocardial blood flow and function in conscious baboons. *Circulation* 1985; 71:1029-37.
- 18) Cobb FR, Bache RJ, Rivas F, Greenfield JC Jr. Local effects of acute cellular injury on regional myocardial blood flow. *J Clin Invest* 1976; 57:1359-68.