

## 경흉부 심초음파를 이용한 관동맥 혈류속도 예비력에 의한 경피적 관동맥 성형술후 재협착의 비침습적인 진단

연세대학교 의과대학 내과학교실 심장내과

임세중 · 고영국 · 강석민 · 하종원 · 최동훈 · 장양수 · 정남식

### Diagnosis of Coronary Restenosis Using Coronary Flow Reserve Measurements Obtained Through Transthoracic Doppler Echocardiography

Se-Joong Rim, MD, Young-Guk Ko, MD, Seok-Min Kang, MD, Jong-Won Ha, MD,  
Donghoon Choi, MD, Yangsoo Jang, MD and Namsik Chung, MD

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Coronary flow reserve (CFR) decreases in the presence of significant coronary stenosis. Hence, CFR can be used for the detection of restenosis after percutaneous coronary intervention (PCI). However, because CFR can also be affected by other conditions such as endothelial dysfunction, microvascular damage, and left ventricular hypertrophy, the absolute value of CFR is not routinely used for detection of coronary restenosis. We hypothesized that changes in the value of CFR, rather than the absolute CFR value, are better correlated with restenosis in various clinical settings. **Subjects and Methods:** We studied 99 patients (71 males/28 females, mean age  $58 \pm 11$  years) who underwent successful PCI of the left anterior descending artery. Pre-PCI diagnoses were as follows: 37 unstable angina, 35 stable angina, 27 acute myocardial infarction. CFR using transthoracic Doppler was measured at 48 hours after PCI and at the time of follow-up angiography ( $6.0 \pm 1.5$  months later). Coronary flow velocity was measured in the distal left anterior descending artery with a 7 MHz transducer (HDI 5,000, Philips, The Netherlands) at baseline and during intravenous infusion of adenosine ( $140 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Mean diastolic coronary flow velocities from at least three cardiac cycles were averaged. **Results:** CFRs in 69 patients without restenosis were  $2.55 \pm 0.99$  at 48 hours after PCI and  $2.93 \pm 1.00$  at follow-up ( $p < 0.005$ ). CFRs in 30 patients with restenosis ( $> 50\%$  in diameter stenosis) decreased significantly from  $2.70 \pm 1.01$  at 48 hours after PCI to  $1.98 \pm 0.91$  at follow-up ( $p < 0.001$ ). There was a significant difference in CFR change (ratio of  $\text{CFR}_{\text{followup}}/\text{CFR}_{\text{initial}}$ ) between the two groups. CFR change had a better receiver operating characteristics (ROC) curve than absolute CFR for prediction of restenosis [area under the curve (AUC) for absolute CFR = 0.76, AUC for CFR change = 0.82]. **Conclusion:** Restenosis after PCI leads to a significant decrease in CFR, even in the presence of variable baseline CFR values. Serial measurements of CFR can be used to detect restenosis after PCI. (**Korean Circ J 2008;38:325-330**)

**KEY WORDS:** Coronary flow reserve; Coronary restenosis; Echocardiography.

## 서 론

관상동맥 조영술상 관찰되는 협착의 유무 및 정도만으로

Received: February 25, 2008

Revision Received: March 27, 2008

Accepted: April 4, 2008

Correspondence: Se-Joong Rim, MD, Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Yonsei University College of Medicine, 612 Eonju-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea

Tel: 82-2-2019-3310, Fax: 82-2-3463-3882

E-mail: sejoong@yumc.yonsei.ac.kr

는 관상혈관의 기능적인 면을 정확히 평가할 수 없으므로 관상동맥 혈류 측정 및 혈류예비력 (coronary flow reserve) 평가의 중요성이 강조되어 왔다.<sup>1-4)</sup> 비관혈적인 방법을 이용한 관상동맥 혈류의 측정에는 경식도 심초음파가 먼저 이용되었으며 현재까지도 관상동맥질환의 진단과 치료후 판정에 많은 도움을 주고 있다. 1976년 Weyman 등<sup>5)</sup>이 처음으로 경흉부 심초음파를 이용하여 좌주관상동맥과 좌전하행지의 근위부를 형태학적으로 관찰한 이후 주로 Kawasaki질환의 진단과 주관상동맥의 동맥경화성 협착을 진단하는데 이

용되었다.<sup>6)</sup> 6 MHz 이상의 고주파 탐촉자가 개발되면서 경흉부 심초음파를 이용하여 좌관상동맥 및 근위부 좌관상동맥은 물론 좌관상동맥의 원위부까지도 해부학적 관찰이 가능해지면서 심외막 관상동맥의 혈류 및 혈류예비력을 측정하고자 하는 시도가 꾸준히 있어 왔다.<sup>7-9)</sup> 과거에도 관상동맥질환에 대하여 경피적 관동맥 성형술을 시행한 이후에 재협착의 선별검사로 혈류예비력을 이용한 연구가 수행되었으나 뚜렷한 의의를 증명하지 못하였다.<sup>10)</sup> 이는 동물실험과는 달리 실제 임상에서는 심근경색증이나 심근의 미세손상 또는 내피세포의 기능장애 등에 의하여 혈류예비력이 원래부터 감소되어 있는 환자가 많으며 이런 경우에 재협착에 의한 혈류예비력의 감소와 감별이 힘든 제한점이 있다고 하겠다.<sup>11-13)</sup> 따라서 본 저자들은 관동맥 중재시술을 시행한 환자의 혈류예비력을 검사하고, 혈류예비력의 절대값이 아닌 추적기 동안의 혈류예비력의 변화 정도가 재협착과 더 밀접한 관련이 있을 것으로 보고 이의 임상적 의의를 알아보고자 하였다.

### 대상 및 방법

본 연구에서는 좌전하행지에 협착이 있어 혈관 성형술을 시행받은 협심증 및 심근경색증 환자에서 혈류예비력을 비침습적인 방법으로 측정하고 6개월후 다시 혈류예비력을 측정하고 관상동맥 조영술을 재시행하여 좌전하행지의 재협착과의 관계를 확인하고자 하였다. 5~12 MHz의 주파수를 갖는 탐촉자 (ultraband transducer, HDI 5,000, Philips, the Netherlands)를 좌측 쇄골 중앙선상의 4번째와 5번째 늑간 사이에 위치시킨 후 심침 2 방도를 변형시켜서 심침부를 보이게 한 후 기계에 내장되어 있는 낮은 속도 범위 (low velocity range)를 갖는 색 도플러를 작동시켜서 심침부 근처에 붉은 색의 관상의 전향적 혈류가 관찰되면, 가능한 sample volume을 혈류 방향에 수평이 되도록 각도를 조절한 후 간헐 파형 도플러상 이완기가 주를 이루는 혈류를 확인한 후 이를 기록하였다. 최소한 3회 이상의 심주기에서 이완기 동안 색 도플러 신호의 너비와 길이 (mm)를 측정하고, 간헐 파형 도플러상 최대 이완기 및 수축기 혈류 속도 (cm/sec)을 측정하고 adenosine (140 mg · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>)이 주입되는 동안에 다시 혈류속도를 측정하여 그 비율 즉, 혈류예비력을 측정하였다. 이를 6개월후 관상동맥 조영술을 재차 시행받은 환자에서 다시 시행하여 관상동맥 조영술상의 협착 소견과 비교하였다. 연속변수는 평균±표준편차로 표시하였다. 통계분석은 절대값과 변화율의 차이는 Student t-test를 이용하여 비교하였다.

### 결 과

1) 총 99명의 환자 (남 71, 여 28)를 대상으로 하였고 평

균 나이는 58±11세였다 (Table 1).

2) 환자의 관상동맥질환은 37명에서 불안정형 협심증, 35명에서 안정형 협심증, 27명에서 급성심근경색증이었다.

3) 모든 환자에서 좌전하행지에 성공적인 중재시술을 시행하였고 stent (bare-metal)를 삽입하였으며 그외 다른 혈관에 의미있는 협착은 없었다.

4) Percutaneous coronary intervention (PCI) 후 48시간째에 경흉부심초음파를 이용하여 혈류예비력을 측정하였고, 추적 관동맥 조영술과 혈류예비력검사를 6.0±1.5개월째에 시행하였다.

5) 혈관 조영술상 재협착 (diameter stenosis>50%)는 총 99명 중 30명에서 관찰되었다.

6) 혈류예비력은 재협착이 없는 69명의 환자에서는 PCI 후 48시간에 2.55±0.99, 추적검사시 2.93±1.00이었다 (p<0.005). 또 재협착이 관찰된 30명의 환자에서 PCI 후 48시간에 2.70±1.01에서 추적검사시 1.98±0.91으로 의미있는 감소를 보였다 (p<0.001). PCI 48시간에 두 군간에 혈류예비력에 차이는 없었으나 추적검사시의 혈류예비력은 두 군간에 의미있는 차이를 보였다 (Fig. 1).

7) 처음 중재시술 때부터 추적검사시까지의 혈류예비력의 변화정도 [coronary flow reserve (CFR)f/u/CFRinitial]는 두 군간에 의미있는 차이가 있었다 (Fig. 2).

8) 재협착 유무를 판정하기 위해 혈류예비력 절대값과 혈류예비력의 변화 정도를 receiver operating characteristics (ROC) curve로 비교하였을 때 변화 정도가 더 우수한 결과

Table 1. Baseline patient characteristics

	Restenosis (n=30)	No restenosis (n=69)	p
Sex			
Male	15	56	<0.05
Age (age)	61.3 ± 10.1	57.3 ± 11.4	NS
Diagnosis			NS
Unstable angina	14	23	
Stable angina	9	26	
Acute myocardial infarction	7	20	
Risk factor			
Hypertension	10	39	NS
Smoking	10	21	NS
Diabetes mellitus	6	17	NS
Hyperlipidemia	9	27	NS
Medication			
ACEi	17	35	NS
Nitrates	25	68	NS
Beta blockers	21	64	NS
Calcium channel blocker	14	34	NS
ARB	1	11	NS
LV hypertrophy (EKG)	2	23	<0.05
LV dysfunction (EF <50 %)	4	13	NS

ACEi: angiotensin-converting enzyme inhibitors, ARB: angiotensin-receptor blockers, LV: left ventricular, EF: ejection fraction

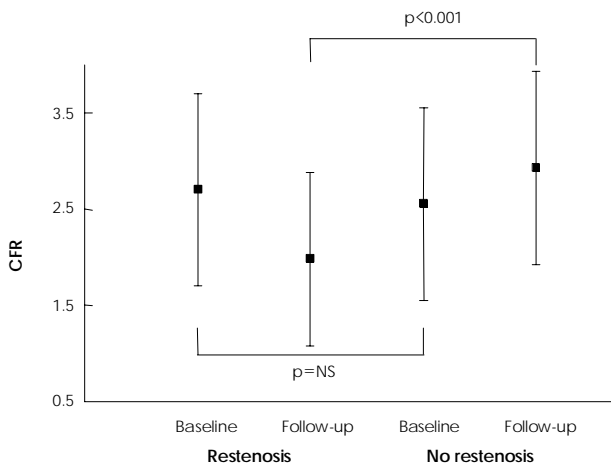
를 보여주었다 [area under the curve (AUC) for absolute CFR =0.76, AUC for CFR change=0.82] (Fig. 3).

### 고찰

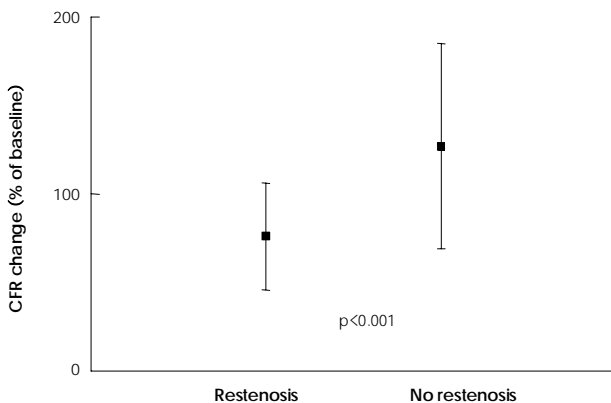
관상동맥혈류와 관상동맥압과의 관계를 살펴보면 정상 관상동맥은 평균 관상동맥압의 변화 즉 30~130 mmHg 사이에서는 일정한 혈류를 유지할 수 있는 자동조절능 (auto-regulation)과 최대 운동부하시 기저상태의 관상동맥혈류의 5~6배 정도까지도 혈류를 증가시킬 수 있는 관상동맥 혈류 예비력을 갖고 있다.<sup>14)</sup> 정상 생리학적 상황에서는 관상동맥의 저항은 심근 내 저항혈관에 의해 95%가 결정되고 있으며 특히 50~500  $\mu$ m 정도의 심근 내 저항혈관들은 심근의 산소 요구량에 따라서 관상혈류를 조절하는 중요한 기능을 담당하고 있다. 관상동맥 혈류예비력은 협착병변이 있을 때에

는 물론 감소하지만 협착의 정도뿐만이 아니라 심근 비후, 심박수, 전부하의 정도 등에 많은 영향을 받고 있다. 중등도의 협착병변을 갖고 있는 경우에서도 심근비대가 심하든지, 심박수 및 전부하가 증가되는 상황에서는 관상동맥 혈류에 비력의 감소로 인하여 심외막 관상동맥의 협착 정도에 비하여 더 심한 심근 허혈 소견을 나타낼 수 있다. 한편 국소적인 심외막 관상동맥의 협착 외에 고혈압에 이차적으로 동반되는 심근비대, 미세혈관질환, 대동맥 판막협착증, 대동맥 판막하 협착증 등에서는 관상동맥 조영술상 정상소견을 보이더라도 협심증의 임상 양상을 나타내는 경우를 흔히 경험하고 있다. 광범위하고 균등하게 관상동맥 혈류가 감소되어 있는 질환들에서 T1-201 심근 관류스캔 등과 같이 상대적 관상동맥 혈류예비력 (relative coronary flow reserve)을 측정하는 검사방법으로는 그 평가가 어려울 수가 있기 때문에 절대적 관상동맥 혈류 및 혈류예비력 (absolute coronary flow reserve)의 측정은 임상적으로 관상동맥의 기능적 평가에 매우 중요하다.<sup>11)12)15)16)</sup>

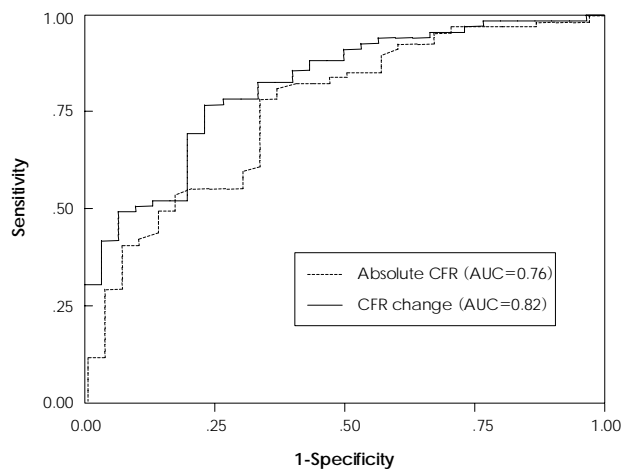
초기에 경흉부 심초음파를 이용한 관상동맥의 형태학적 관찰은 주로 주좌관상동맥의 동맥경화성 협착을 진단하는 데 이용되었다. 그러나 6 MHz 이상의 고주파 탐촉자와 digital image cine-loop 등이 개발되면서 경흉부 심초음파를 이용하여 주좌관상동맥 및 근위부 좌관상동맥은 물론 좌관상동맥의 원위부까지도 해부학적 관찰이 가능해졌다. Ross 등<sup>7)</sup>과 Faletta 등<sup>17)</sup>은 7.5 MHz 탐촉자 (annular array)를 이용하여 관상동맥 좌전하행지의 중간 및 원위부에서 측정된 좌관상동맥벽의 두께와 석회화의 유무가 관상동맥 조영술 소견과 매우 높은 예민도 (92%)와 특이도 (100%)가 있음을 보고하였다. 관상동맥 혈류를 측정하고자 하는 첫 시도는 이보다 앞서 1987년 Fusejima<sup>6)</sup>에 의하여 이루어졌다. 관상동맥의 좌전하행지는 심실간구 (interventricular groove)를 거쳐 주행하며 흉벽과는 불과 1~4 cm 정도밖에 떨어져 있지



**Fig. 1.** CFR at baseline and follow-up in patients with restenosis and patients without restenosis. CFRs in 69 patients without restenosis were  $2.55 \pm 0.99$  at 48 hours after PCI and  $2.93 \pm 1.00$  at follow-up ( $p < 0.005$ ). CFRs in 30 patients with restenosis (>50% in diameter stenosis) decreased significantly from  $2.70 \pm 1.01$  to  $1.98 \pm 0.91$  ( $p < 0.001$ ). There was a significant difference of CFR in f/u study between two groups. CFR: coronary flow reserve.



**Fig. 2.** The change of CFR in patients with restenosis and patients without restenosis. There was a significant difference of CFR change (ratio of  $CFR_f/CFR_i$ ) between two groups. CFR: coronary flow reserve.



**Fig. 3.** ROC curves for prediction of restenosis using absolute CFR and CFR change. CFR change has better ROC curve than absolute CFR. CFR: coronary flow reserve, AUC: area under the curve, ROC: receiver operating characteristics.

않기 때문에 경흉부 심초음파를 이용한 좌전하행지의 원위부 관찰이 가능하였다. Fusejima는 3.75 MHz 탐촉자를 이용하였는데 혈류 발견율은 정상인에서 35%, 심장질환자에서 50%에 불과하여 임상에 적용하기에는 많은 제한점이 있었다. 그 후 5 MHz 고주파 탐촉자를 이용한 관상동맥의 혈류측정에 대한 논문들이 발표되면서 경흉부 심초음파를 이용한 혈류 측정도에 대한 관심이 더욱 높아졌다.<sup>9)</sup> 초기 관상동맥 좌전하행지 혈류 발견율은 34~56% 정도로서 Fusejima<sup>6)</sup>의 보고와 유사하였고 7.5 MHz 탐촉자를 이용한 Ross 등<sup>7)</sup>의 85%에 비하여 낮았으나 초기 발견율은 심초음파 시야가 불량한 비만증 및 만성 폐질환 환자까지도 모두 포함하였으므로 두 군을 비교하기는 어려울 것 같다. 최근 6 MHz 이상의 고주파 탐촉자와 관상동맥 혈류 관찰을 위한 새로운 프로그램의 개발로 혈류 관찰률이 90% 이상으로 향상되어 심외막 관상동맥의 혈류 및 혈류 예비력을 비관혈적으로 측정하고자 하는 시도가 꾸준히 이어져왔으며 심근에 침투되어 있는 미세혈관의 혈류 관찰까지도 가능해졌다.

관상동맥 혈류 예비력은 adenosine 또는 dipyridamole을 이용하여 최대 충혈기와 기저상태의 이완기 혈류 속도의 비로써 구한다.<sup>4)18-20)</sup> 경흉부 심초음파를 이용한 관동맥 혈류 예비력 측정에 있어서 adenosine (140 µg/kg/min)을 사용하게 되며 심근혈류예비력의 정상범위는 3 이상으로 심근허혈을 일으키는 범위는 2 이하로 보고 있다. 심근혈류예비력이 2에서 3 사이일 때 임상양상, 즉 흉통 및 운동 심전도 소견 등과 비교해 보아야 한다. 임상에서 관동맥의 혈류예비력은 주로 Doppler guide wire를 이용하여 많은 연구가 시행되었고 이의 의의가 임상적으로 검증되어 있으나 침습적이라는 단점이 있었다.<sup>21)</sup> 경흉부 심초음파를 이용한 좌전하행지 원위부에서의 관상동맥 혈류 예비력은 Doppler guide wire를 함께 사용하여 비교한 Hozumi 등과 Ciati 등의 연구에서 비관혈적 및 관혈적인 두 가지 검사 사이에 매우 높은 상관관계를 확인시켜줌으로써 (각각 r=0.94, 0.88), 임상에서의 적용을 가능하게 해주었다.<sup>22-25)</sup> 이러한 검사방법은 정상 관상동맥 조영조건을 보이는 협심증 환자의 평가, 경피적 관상동맥 성형술 및 그물망 삽입술 후의 평가, 또 관상동맥 조영상 정확히 평가를 내리기 어려운 중등도의 협착병변 (40~60%)에 대한 중재적 시술 전의 기능적 평가와 심장 이식술 후 가속화되는 동맥경화성 변화의 조기 진단에도 이용될 수 있을 것으로 기대되고 있다. 본 연구에서는 관상동맥에 의미있는 협착이 있어 혈관성형술을 시행받은 협심증 및 심근경색증 환자에서 성형술을 시행받은 혈관에 혈류예비력을 비침습적인 방법으로 측정하고 6개월후 다시 혈류예비력을 측정하고 관상동맥조영술을 재시행하여 좌전하행지의 재협착 정도를 확인하고자 하였다. 또한 혈류예비력이 기저상태의 이미 저하된 상태의 혈관 협착에 의한 혈류예비력의 감소 정도가 기저 혈류예비력이 정상인 상태에서 혈관의 협착에 의한 혈류예비력의 감소 정도와 유사하게

나타나는지 확인하였다. 따라서 본 연구에서 56%에서 고혈압, 23%에서 당뇨병 등 다양한 위험인자를 가진 환자를 대상으로 하였고 27%에서 심근경색증, 비록 심전도를 기준으로 하였으나 25%의 환자에서 좌심실비대가 있는 다양한 혈류예비력을 가진 환자를 대상으로 하였다.

본 연구에서 기존의 다른 연구에서와 마찬가지로 재협착에 의한 혈류예비력의 감소를 관찰할 수 있었고 이는 기존의 혈류예비력의 높고 낮음에 상관없이 감소하는 것을 알 수 있었다 (Fig. 4). 즉, 비교적 초기 혈류예비력이 높은 환자에서는 재협착후에도 2 이상이였다. 또한 초기 혈류예비력이 낮은 환자들에서도 재협착에 의하여 혈류예비력이 더욱 감소함을 알 수 있었다. 생리학적인 측면에서 혈류예비력에 대한 연구가 대부분 미세혈관 등에 이상이 없는 동물을 이용한 연구였으므로 혈류예비력이 저하된 상태에서 관동맥협착이 혈류예비력에 비슷한 비율로 영향을 미칠 수 있음을 시사하는 의미가 있다고 생각된다. 또 재협착이 없었던 환자군의 혈류예비력을 보았을 때 초기 혈류예비력이 낮은 경우 재협착이 없음에도 불구하고 추적검사시 혈류예비력이 2 이하로 낮음을 알 수 있었다 (Fig. 5). 본 연구에서는 심근경색증 환자가 27%를 차지하였는데 심근경색증에 의해 미세혈관에 장애가 있는 경우 관동맥의 협착을 해결한 후에도 혈류예비력이 낮을 수가 있으므로 이런 환자에서 재협착이 오지 않더라도 추적 혈류예비력값은 정상에 비하여 낮으며 재협착시에는 추적 혈류예비력이 초기에 비하여 감소

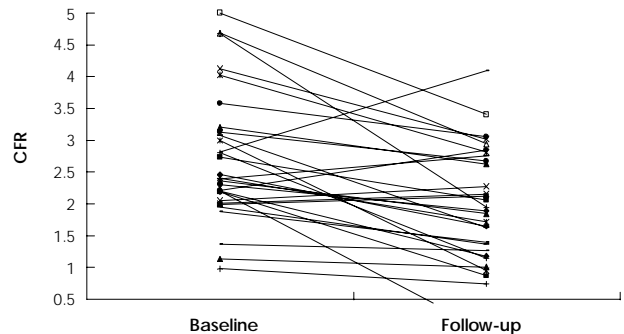


Fig. 4. Serial CFRs in patients with restenosis. In patients with relatively high initial CFR, f/u CFR was still high (>2.0) even with restenosis. CFR: coronary flow reserve.

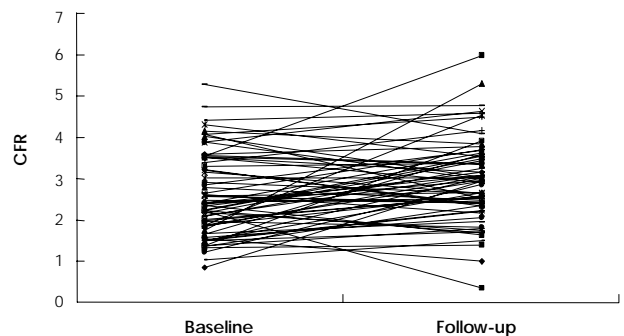


Fig. 5. Serial CFRs in patients with no restenosis. In patients with relatively low initial CFR, CFR was still low (≤2.0) even without restenosis. CFR: coronary flow reserve.

하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 급성심근경색증 초기에 미세혈관기능의 장애 정도가 변화하므로 이를 정확하게 측정하기 어려운데 Sakuma 등<sup>26)</sup>에 의하면 이의 측정에 가장 좋은 시기는 2일째임을 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 중재시술후 48시간째에 혈류예비력을 측정하였다.

기존의 Ruscazio 등<sup>10)</sup>의 연구와 비교할 때 과거의 연구는 혈류예비력의 절대값에 의존하여 재협착을 진단하고자 하였으므로 관동맥협착 이외 다른 원인에 의해 혈류예비력이 영향을 받는 것을 감안하기 어려웠고 따라서 재협착이 있는 군과 재협착이 없는 군의 혈류예비력 결과가 평균값은 통계적으로 유의있게 차이가 있었으나 분포면에서 크게 중복되는 것을 피할 수 없었다. 따라서 이론적인 이점에도 불구하고 혈류예비력의 이용에 제한이 있다고 할 수 있었다.

본 연구에서는 재협착 유무를 판정하기 위해 혈류예비력 절대값과 혈류예비력의 변화 정도를 ROC curve로 비교하였고 이 중 변화 정도가 더 우수함을 보여주었다. 본 연구를 토대로 진단기준을 제시하자면 혈류예비력의 변화 정도에 따른 재협착의 진단은 혈류예비력이 10% 이상 감소하는 경우 민감도 77%, 특이도 77%를 얻을 수 있었다. 전술한대로 심초음파를 이용한 혈류예비력의 측정이 임상적으로 가능하여졌으며 관상동맥질환의 치료로서 관동맥 성형술이 시행된 경우 대부분 6~9개월 이내에 재발가능성이 높으므로 관동맥 조영술을 재시행하도록 권유하나<sup>27)</sup> 비침습적인 혈류예비력의 측정으로 재협착 유무를 가려낼 수 있으므로 환자에게 관동맥 조영술의 추적검사가 힘든 경우에는 이의 대체 방법으로 고려할 수 있지 않을까 기대된다.

## 요 약

### 배경 및 목적

관상동맥 혈류예비력은 의미있는 관동맥협착이 있을 때 감소한다. 그러므로 관동맥중재시술후 재협착의 진단에 혈류예비력이 사용될 수 있다. 그러나 관동맥혈류예비력은 관동맥협착뿐만 아니라 다른 원인, 즉 혈관내피세포 기능부전, 미세혈관손상, 좌심실비대 등에 의해 감소할 수 있기 때문에 관동맥혈류예비력을 이용하여 관동맥재협착을 진단하는 데는 한계가 있다. 본 연구에서는 관동맥 혈류예비력을 중재시술 직후 시행한 후 이의 변화 정도가 재협착과 관련이 있는지 알아보았다.

### 방 법

좌전하행지에 관동맥 중재시술을 시행받은 99명의 환자(남 : 녀 71 : 28, 평균나이 58±11세, 불안정형협심증 37, 안정형협심증 35, 심근경색증 27)를 대상으로 하였다. 관동맥 혈류예비력은 중재시술후 48시간째와 추적 혈관 조영술시(6.0±1.5개월째)에 시행하였다. 좌전하행지의 관동맥혈류속도를 안정시와 아데노신 정주시(140 µg · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>)에 심초음파(7 MHz transducer, HDI 5,000, Philips)를

이용하여 측정하였다. 평균 이완기 관동맥혈류속도를 적어도 3개 이상의 심주기에 걸쳐 측정하여 평균값을 구하였다.

### 결 과

추적혈관조영술상 재협착이 (>50% in diameter stenosis) 관찰되지 않은 69명의 환자에서 관동맥 혈류예비력은 중재시술후 48시간째에 2.55±0.99에서 추적검사시 2.93±1.00으로 증가한 소견을 보였고(p<0.005), 재협착이 있었던 30명의 환자에서는 관동맥 혈류예비력이 2.70±1.01에서 1.98±0.91으로 의미있게 감소하였다(p<0.001). 관동맥 혈류예비력의 변화(초기와 추적시 혈류예비력의 비율)은 두 군간에 의미있는 차이를 보였다. 재협착 유무를 판정하기 위해 혈류예비력 절대값과 혈류예비력의 변화 정도를 ROC curve로 비교하였을 때 혈류예비력의 변화 정도가 더 우수한 결과를 보여주었다(AUC for absolute CFR=0.76, AUC for CFR change=0.82).

### 결 론

관동맥 혈류예비력은 관동맥 중재시술후 재협착이 발생할 때 의미있는 감소를 보였다. 중재시술 직후와 추적검사시의 관동맥혈류예비력의 변화 정도를 평가하여 재협착을 진단할 수 있을 것을 생각된다.

**중심 단어:** 관동맥 혈류예비력; 재협착; 심초음파 검사.

### Acknowledgments

본 논문은 2002년 의과대학 교수연구비의 지원으로 이루어짐.

### REFERENCES

- 1) Wilson RF, Marcus ML, White CW. Prediction of the physiologic significance of coronary arterial lesions by quantitative lesion geometry in patients with limited coronary artery disease. *Circulation* 1987;75:723-32.
- 2) Gould KL, Lipscomb K, Hamilton GW. Physiologic basis for assessing critical coronary stenosis: instantaneous flow response and regional distribution during coronary hyperemia as measures of coronary flow reserve. *Am J Cardiol* 1974;33:87-94.
- 3) Gould KL, Lipscomb K. Effects of coronary stenoses on coronary flow reserve and resistance. *Am J Cardiol* 1974;34:48-55.
- 4) Marcus ML, Wright C, Doty D, et al. Measurements of coronary velocity and reactive hyperemia in the coronary circulation of humans. *Circ Res* 1981;49:877-91.
- 5) Weyman AE, Feigenbaum H, Dillon JC, Johnston KW, Eggleton RC. Noninvasive visualization of the left main coronary artery by cross-sectional echocardiography. *Circulation* 1976;54:169-74.
- 6) Fusejima K. Noninvasive measurement of coronary artery blood flow using combined two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1987;10:1024-31.
- 7) Ross JJ Jr, Mintz RG, Chandrasekaran K. Transthoracic two-dimensional high frequency (7.5 MHz) ultrasonic visualization of the distal left anterior descending coronary artery. *J Am Coll Cardiol* 1990;15:373-7.
- 8) Kenny A, Shapiro LM. Transthoracic high-frequency two-dimensional echocardiography, Doppler and color flow mapping to determine anatomy and blood flow patterns in the distal left anterior descending coronary artery. *Am J Cardiol* 1992;69:1265-8.
- 9) Kenny A, Wisbey CR, Shapiro LM. Measurement of left anterior descending coronary artery flow velocities by transthoracic Do-

- ppler ultrasound. Am J Cardiol 1994;73:1021-2.*
- 10) Ruscazio M, Montisci R, Colonna P, et al. *Detection of coronary restenosis after coronary angioplasty by contrast-enhanced transthoracic echocardiographic Doppler assessment of coronary flow velocity reserve. J Am Coll Cardiol 2002;40:896-903.*
  - 11) Klocke FJ. *Measurements of coronary flow reserve: defining pathophysiology versus making decisions about patient care. Circulation 1987;76:1183-9.*
  - 12) Wilson RF, Laughlin DE, Ackell PH, et al. *Transluminal sub-selective measurement of coronary artery blood flow velocity and vasodilator reserve in man. Circulation 1985;72:82-92.*
  - 13) Claves MJ, Vrints CJ, Bosmans J, Krug B, Blockx PP, Snoeck JP. *Coronary flow reserve during coronary angioplasty in patients with a recent myocardial infarction: relation to stenosis and myocardial viability. J Am Coll Cardiol 1996;28:1712-9.*
  - 14) Hoffman JI. *Maximal coronary flow and the concept of coronary vascular reserve. Circulation 1984;70:153-9.*
  - 15) Marcus ML, Wilson RF, White CW. *Methods of measurement of myocardial blood flow in patients: a critical review. Circulation 1987;76:245-53.*
  - 16) Uren NG, Melin JA, De Bruyne B, Wijns W, Baudhuin T, Camici PG. *Relation between myocardial blood flow and the severity of coronary artery stenosis. N Engl J Med 1994;330:1782-8.*
  - 17) Faletta F, Cipriani M, Corno R, et al. *Transthoracic high-frequency echocardiographic detection of atherosclerotic lesions in the descending portion of the left coronary artery. J Am Soc Echocardiogr 1993;6:290-8.*
  - 18) Wilson RF, Wyche K, Christiansen BV, Zimmer S, Laxson DD. *Effects of adenosine on human coronary circulation. Circulation 1990;82:1595-606.*
  - 19) Rossen JD, Quillen JE, Lopez AG, Stenberg RG, Talman CL, Winniford MD. *Comparison of coronary vasodilation with intravenous dipyridamole and adenosine. J Am Coll Cardiol 1991;18:485-91.*
  - 20) Kern MJ, Deligonul U, Tatineni S, Serota H, Aguirre F, Hilton TC. *Intravenous adenosine: continuous infusion and low dose bolus administration for determination of coronary vasodilator reserve in patients with and without coronary artery disease. J Am Coll Cardiol 1991;18:718-29.*
  - 21) Doucette JW, Corl D, Payne GM, et al. *Validation of a Doppler guide wire for intravascular measurement of coronary artery flow velocity. Circulation 1992;85:1899-911.*
  - 22) Hozumi T, Yoshida K, Akasaka T, et al. *Noninvasive assessment of coronary flow velocity and coronary flow velocity reserve in the left anterior descending coronary artery by Doppler echocardiography: comparison with invasive technique. J Am Coll Cardiol 1998;32:1251-9.*
  - 23) Caiati C, Montaldo C, Zedda N, et al. *Validation of a new noninvasive method (contrast-enhanced transthoracic second harmonic echo Doppler) for the evaluation of coronary flow reserve: comparison with intracoronary Doppler flow wire. J Am Coll Cardiol 1999;34:1193-200.*
  - 24) Youn HJ. *Demonstration of pathologic coronary flow dynamics using transthoracic doppler echocardiography: its potential role in clinical decision-making. Korean Circ J 2005;35:269-81.*
  - 25) Kim MA, Sohn DW, Cho YS, Kim YJ, Park YB, Choi YS. *Changes in coronary flow reserve assessed by transthoracic echocardiography after lipid-lowering therapy in patients with hypercholesterolemia. Korean Circ J 2004;34:670-6.*
  - 26) Sakuma T, Otsuka M, Okimoto T, et al. *Optimal time for predicting myocardial viability after successful primary angioplasty in acute myocardial infarction: a study using myocardial contrast echocardiography. Am J Cardiol 2001;87:687-92.*
  - 27) Doo YC, Park SJ, Park SW, et al. *Initial results and long-term clinical outcomes after coronary angioplasty. Korean Circ J 1994;24:448-57.*