

심근 조영 심초음파도를 이용한 관동맥 혈류예비능의 평가*

동아대학교 의과대학 내과학교실

김무현 · 김동수 · 김광동 · 배상문 · 이 혁

김병수 · 김재석 · 도현국 · 김영대 · 김종성

= Abstract =

Myocardial Contrast Echocardiography for the Assessment of Coronary Blood Flow Reserve

Moo Hyun Kim, M.D., Dong Soo Kim, M.D., Kwang Dong Kim, M.D.,
Sang Moon Bae, M.D., Hyuk Lee, M.D., Byung Soo Kim, M.D.,
Jae Seok Kim, M.D., Hyun Kook Doh, M.D.,
Young Dae Kim, M.D., Jong Seong Kim, M.D.

Department of Internal Medicine, Dong-A University, Pusan, Korea

Background : The assessment of coronary blood flow reserve measured by intracoronary Doppler study is a useful method for evaluation of functional impairment of coronary artery disease irrespective of significant anatomic stenosis. To validate the usefulness of myocardial contrast echocardiography in clinical assessment of coronary blood flow reserve, several variables analysed by myocardial contrast echocardiography were compared with coronary flow reserve measured by Doppler catheter study.

Methods : During the coronary angiography, coronary flow reserve was measured by intracoronary Doppler-tipped guidewire with coronary blood flow velocity ratio in 16 patients without angiographically significant coronary artery disease. For the measurement of coronary flow reserve, we analyzed the time-video intensity curve of short axis image of the left ventricle following infusion of sonicated hexabrix before and after intracoronary administration of adenosine.

Results :

1) There was no significant difference or correlation between peak intensity, peak intensity ratio, washout time, half time of washout, and washout time ratio analysed by contrast echocardiography and coronary blood flow reserve measured by intracoronary Doppler study ($p > 0.05$). But inverse correlation was observed between half time ratio of contrast washout and coronary flow reserve ($r=0.63, p < 0.05$).

2) There was no significant difference between non myocardial infarction group and myocardial infarction group in coronary flow reserve and half time ratio of contrast washout.

*본 논문은 동아의대 학술연구비 보조로 이루어졌음.

3) No significant difference was observed before and after administrantion of sonicated hexabrix in hemodynamic variables.

Conclusion : Among several vaiables of myocardial contrast echocardiography analysis half time ratio of washout was significantly correlated with coroanry flow reserve. Thus assessment of coronary flow reserve with myocardial contrast echocardiography is promising method in the evaluation of dynamic coronary perfusion and myocardial viability.

KEY WORDS : Myocardial contrast echocardiography · Coronary blood flow reserve.

서 론

1969년 Gramiak과 Shah등이 심도자술을 시행하던 중 indocyanine green에 의한 심근내 조영효과(contrast echo)를 보고한 이래, 조영 심초음파도는 심장의 해부학적 구조, 판막부전, 선천성 심장기형의 진단, 심박출량의 측정등에 이용되어져 왔고¹⁻⁴⁾, 최근 임상적 역할의 증가로 조영제를 관동맥내로 주입하거나 대동맥관 직상방에서 주입하여 심근을 직접 조영하여 관류양상을 평가하여 허혈위험 지역의 크기나 혈류예비능을 측정하려는 등의 시도가 있어왔으며, 이제는 제한적이거나 심근 관류양상의 정량적인 평가 및 생존능력(myocardial viability) 평가에 이용될 수 있음이 인정되고 있다⁵⁻¹⁰⁾.

심장 질환의 진단에 있어 심근 관류양상 및 관동맥 혈류예비능의 평가는 관동맥 질환의 단순한 해부학적 협착 존재에 관계없이, 기능상의 관동맥 질환을 결정할 수 있는 유용한 수단이며¹¹⁻¹²⁾, 이러한 배경에서 본 연구는 혈류예비능 평가에 있어 관동맥 도플러 검사(intracoronary Doppler study)를 이용한 혈류속도 측정이 유용한 방법으로 알려져 있는 바¹³⁻¹⁴⁾, 이를 이용하여 측정한 관동맥 혈류예비능과 조영 심초음파도의 영상분석을 통한 여러 인자들을 비교하여 관동맥 혈류예비능 측정에서 조영 심초음파도의 유용성을 평가하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

대상환자는 1995년 1월부터 6월까지 흉통 또는 관동맥 질환에 대한 검사를 위해 본원 내과에 입원하여 관동맥 조영술을 시행한 환자중 관동맥 조영술상 유의한 협착(50%이하)이 관찰되지 않은 16명의 환자를 대상으로 하였으며 각 환자들의 임상적 특징은 다음과 같았다

(Table 1).

2. 방 법

1) 관동맥 조영술

Seldinger 방법으로 대퇴동맥을 천자하고 Sheath를 삽입하여 5000단위의 heparin을 관동맥내 주입한 후 대퇴동맥을 통하여 7F 진단용 카테터로 관동맥 조영술을 시행하여, 관동맥 조영술상 유의한 협착이 없는 환자를 선별한다.

2) 혈류예비능(coronary flow reserve)의 측정

Nitroglycerine 200 μ g을 관동맥내 주입한 후 0.018 또는 0.014인치 Doppler-tipped guidewire(상품명 Flowire, Cardiometric사)를 이용하여 기저상태의 혈류를 측정하고 관동맥 혈류예비능의 측정을 위해 adenosine 18 μ g을 좌관동맥내로 bolus로 주입한 후 혈류를 측정하였다. 관동맥 혈류예비능은 기저상태의 혈류속도(average peak velocity at basal state)에 대한 adenosine 주입후의 평균 혈류속도(average peak velocity after adenosine infusion)의 비로서 산출하였으며 혈류예비능은 2회 측정하여 적절하다고 생각되는 수치를 선택하였다.

Table 1. Clinical characteristics of study patients

Numbers of patients
Mean age : 57 \pm 7
M/F : 6 / 10
Clinical syndrome
Normal(n=5)
Stable angina(n=2)
Unstable angina(n=2)
Acute myocardial infarction(n=7)
Measured site(n=16)
LAD(n=15)
LCX(n=1)

LAD=Left anterior descending artery,
LCX=left circumflex artery

3) Sonicated hexabrix를 이용한 심근 조영영상의 획득

심근조영제로는 Branson sonifier 250기기(sonifier)를 이용하여 혈관조영제로 사용되고 있는 Hexabrix 10~20cc를 100V, 250W에서 6~8J/sec의 출력으로 30cc 주사기를 이용하여 조영제 중위부에서 15~20초간 조영제 상층부 표면에서 10초간 sonication(음파처리)하여 미세기포(microbubble)를 형성시킨 다음 하얀기포가 사라져서 투명해질 때까지 1~2분 기다린 후 하부 투명층을 10cc 주사기에 채워 3cc를 3~4초간에 걸쳐 일정한 속도로 관동맥내로 주입하면서 심초음파기기를 이용하여 조영영상을 얻은후 adenosine 18μg을 bolus로 좌관동맥에 주입하여 6초를 기다려 위와 같은 방법으로 심근조영제를 주입하면서 심초음파 영상을 얻었다.

4) 심초음파기기(Hewlett-Packard Sonos 1500)를 이용하여 유두부 부위의 단축 심근영상(short axis view, papillary muscle level)을 획득하여 기저영상을 얻고, 심근조영제를 관동맥 내로 주입한 후와 adenosine 주입한 다음 심근조영제를 주입하여, 심근조영제에 의한 심근 조영상태를 조영효과가 완전히 사라질 때까지 녹화 기록하였으며(Fig. 1) 이때의 혈압과 심박수를 같이 기록하였다. 가능하면 심전도가 명확한 상태에서 영상이 녹화되도록 노력하였고 음성조절에 의한 영상(sound gated image)을 같이 녹화하였다.

5) 심근 조영영상의 분석

녹화한 심근 조영 초음파영상은 심근조영시 얻은 심전도의 R파를 감지하여 48 frame의 이완기말기 심근 조영영상을 획득하여 Freeland사의 Software인 Prism Lite Window 5.10을 이용한 contrast diastole stu-

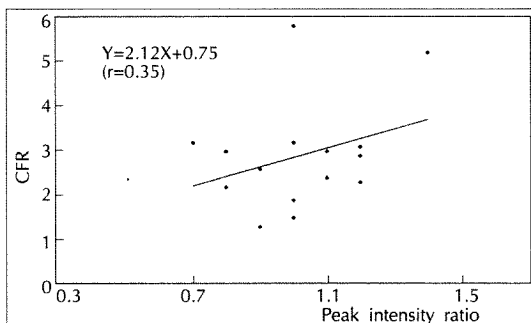


Fig. 1. Correlation between CFR and peak intensity ratio.

dy로 좌관동맥의 영역에 위치하는 영상이 가장 잘 보이는 부위를 관심영역 (region of interest)으로 설정하여, 심근의 기저조영도(basal intensity), 최대조영도(peak intensity) 및 조영도 감소시간(washout time), 조영도 감소시간 반감기(half time of washout)를 측정하여 시간-조영도 곡선(time-intensity curve)의 분석을 통하여 각각의 값과 이들의 비를 구하였다.

6) 통계적 분석

혈역학적 인자, 기저조영도(basal intensity), 최대조영도(peak intensity), 조영도 감소시간(washout time), 조영도 감소시간 반감기(half time of washout)의 변화는 비모수 통계인 Wilcoxon's matched-pairs single-ranks test를 이용하여 p value 0.05 이하일때 유의한 것으로 간주하였으며, 관동맥 혈류예비능과 최대조영도의 비(peak intensity ratio), 조영도 감소시간의 비(washout time ratio), 조영도 감소시간 반감기의 비(half time of washout time ratio)들의 상관 관계는 회귀분석(logistic regression analysis)을 이용하였다.

관찰 성적

1) 본 실험으로 얻은 자료를 요약하면 다음과 같다 (Table 2).

2) 기저상태에서 심근조영제(sonicated hexabrix) 주입 후 adendsine 주입한 후 심근조영제 주입전후의 관동맥 혈류예비능에 따른 최대조영도 및 최대조영도의 비는 서로 유의한 차이나 상관 관계가 없었다($p>0.05$, Fig. 2).

3) 기저상태에서 심근조영제 주입후와 adendsine을 주입한 후 심근조영제 주입 전후의 관동맥 혈류예비능에 따른 조영도 감소시간, 조영도 감소시간의 비, 조영도 감소시간의 반감기는 서로 유의한 차이나 상관관계는 없었으나($P>0.05$), 조영도 감소시간 반감기의 비와는 서로 유의한 상관관계를 보였다($r=0.63$, $p<0.05$, Fig. 3, 4).

4) 비 심근경색군과 심근경색군 사이에 있어 관동맥 혈류예비능 및 조영도 감소시간 반감기의 비는 서로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$, Fig. 5).

5) 혈압 및 심박수등의 혈역학적 인자는 심근 조영제

Table 2. Variables of the time-intensity curves after infusion of sonicated hexabrix before and After adenosine infusion and coronary flow reserve determined by intracoronary doppler guidewire

PT. No	CFR	B.I	CPCI			HT			Washout Time		
			A	B	Ratio	A	B	Ratio	A	B	Ratio
1	3.1	54	82	100	1.2	4.5	8	1.8	14	13	0.9
2	3.2	26	57	55	1.0	5	8	1.6	8	15	1.9
3	3.2	25	36	25	0.7	5.5	4	0.7	10	7.5	0.8
4	2.2	33	48	40	0.8	5.5	9.0	1.6	12.5	18	1.4
5	5.2	35	45	65	1.4	8	3	0.4	17	13	0.8
6	3	52	78	83	1.1	6	10	1.7	5	11	2.2
7	5.8	55	66	68	1.0	7	6.5	0.9	20	12	0.6
8	2.6	25	47	40	0.9	6.5	7	1.1	14	19	1.4
9	1.9	58	78	80	1.0	3.5	7	2.0	12.5	7.5	0.6
10	3	85	137	110	0.8	6	7.5	1.3	17	16	0.9
11	1.3	37	58	54	0.9	6.5	8	1.2	19.5	18	0.9
12	2.3	42	53	64	1.2	6	8	1.3	8	19	2.1
13	2.6	33	50	45	0.9	7	9	1.3	12	17	1.4
14	2.9	62	85	100	1.2	8.5	6	0.7	16.5	16	1.0
15	1.5	25	51	50	1.0	6	9	1.5	11	17	1.5
16	2.4	57	73	80	1.1	10	11	1.1	14	21	1.5
Mean	2.9	44.0	65.3	66.2	1.0	6.3	7.6	1.3	13.3	15.0	1.2
SD	1.2	17.2	24.2	24.2	0.2	1.6	2.0	0.4	4.1	4.0	0.5

BI : Basal intensity, HT : Half-time of contrast washout, CPCI : corrected peak contrast intensity, Ratio : B/A, A : Measurement at baseline, B : Measurement at peak hyperemia after intracoronary administration of adenosine, CFR : coronary flow reserve

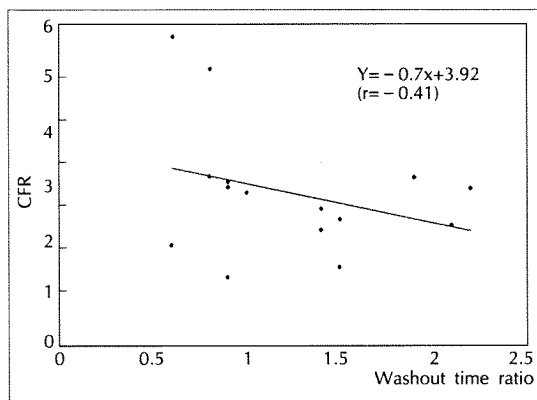


Fig. 2. Correlation between CFR and washout time ratio.

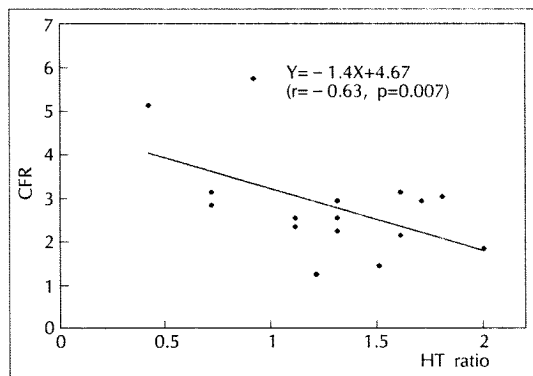


Fig. 3. Correlation between CFR and HT ratio.

주입전후에 유의한 변화를 보이지는 않았다(Table 3).

고 안

심근 조영 초음파도를 이용한 심근관류 및 혈류예비능의 측정방법으로는 관동맥으로 음파처리(sonication)된 조영제로 형성한 미세기포를 주입하여 나타난 심근 조영

영상을 비교하여 조영도 변화나 조영 분포면적 또는 조영도 감소시간을 측정하여 비교하는 것이 유용한 것으로 알려져 있다¹⁵⁾. 심근의 조영효과는 혈관내로 주입된 미세기포의 농도에 의하여 형성되는데 혈액과 혼합된 미세기포는 적혈구와 같은 양상으로 혈류의 분획율(flow fraction)에 비례하여 모든 기관에 균일하게 분포되고¹⁶⁾, 혈류변화에 의한 심근내 변화된 단위용적(volume) 당의 적혈구 수의 변화가 미세기포 양과 비례하여 조영

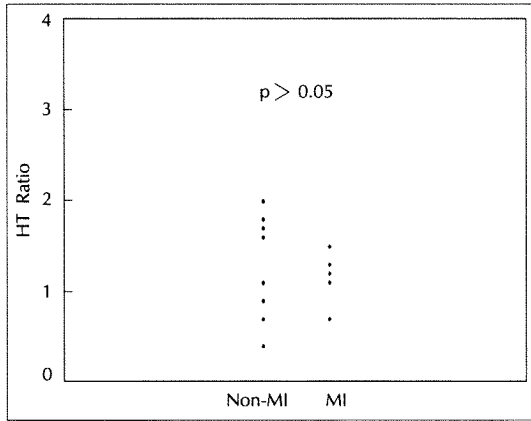


Fig. 4. HT ratio in non myocardial infarction and myocardial infarction groups.

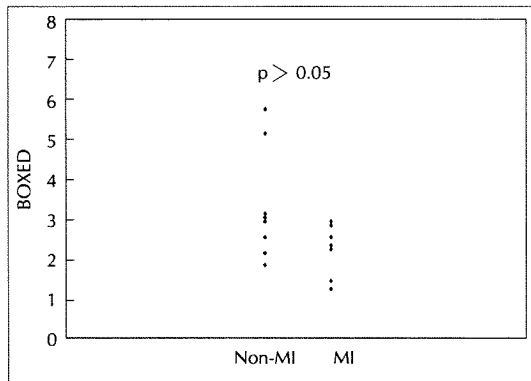


Fig. 5. CFR in non myocardial infarction and myocardial infarction groups.

도 변화로 측정되어 혈류변화를 나타내는 지표로 사용될 수 있다.¹⁷⁾ 또한 adenosine 이나 papaverine 같은 미세혈관 확장제를 관동맥내로 주입한 후 변화한 혈관의 조영도나 조영 분포면적은 심근내 혈류량과 혈류분포 양상의 변화를 나타내며 이는 Doppler 카테터를 이용하여 혈류속도의 변화로 측정된 혈관예비능과 유의한 관련을 가진다¹⁸⁾. 본 연구에서는 혈류속도에 의하여 측정된 혈류예비능의 변화와 심근내 관심영역 조영도 변화의 상관관계를 비교하였는데 이는 한 관심영역의 조영도변화의 측정이 혈류의 유입은 반영할 수 있지만 혈관예비능을

결정하는 요소인 혈류량이나 단면적의 변화를 정확히 반영할 수 없기 때문에 유의한 상관관계는 없을 것으로 생각되어지며 이는 본 연구의 결과 및 Kitzman과 Dul-ing¹⁹⁾등의 보고와도 일치하는 바이다.

Kaul등^{15,20)}의 보고에 의하면 협착이 없는 혈관에서 최대조영된 심근영상에서 기저조영에 도달하는 시간인 조영도 감소시간이나 최대조영도와 기저조영도의 평균에 도달하는 시간인 조영도 감소시간 반감기는 심근의 혈류용적 변화와는 비례하고, 혈류분포 단면적과는 역비례하여 혈류량의 변화를 반영할 수 있다고 알려져있다. 그러므로 혈관확장제 주입 전후에 조영도 감소시간의 변화는 혈류량 및 혈류분포 면적의 변화를 반영하고 조영 감소시간의 비는 혈류량에 대한 혈류분포의 비에 비례하여, 이의 측정은 혈류예비능에 의한 혈류량의 변화를 측정할 수 있어 혈류예비능과 유의한 상관관계가 있는 것으로 생각된다²¹⁻²²⁾.

본 연구의 결과에 의하면 혈류예비량의 변화는 혈관확장제 주입 전후의 조영도 감소시간의 비와는 유의한 상관관계가 없었으나 조영도 감소시간 반감기의 비와는 유의한 상관관계를 관찰할 수 있었다. 이는 확장된 혈관의 초기 조영도 감소시간이 급속히 사라지는 혈관확장제 효과로 인한 혈류량의 감소를 비교적 잘 반영할 수 있어 조영도 감소시간 반감기의 비가 혈류예비능의 변화와 유의한 상관관계를 가질것으로 생각되나²³⁾, 후기의 조영도 감소시간은 조영제의 감소가 비교적 완만히 일어나는 혈류량의 감소를 정확히 반영하지 못하여 조영도 감소시간은 혈류예비능과 유의한 상관관계를 나타내지 않을 것으로 생각되어지는데 이는 Keller등¹⁸⁾의 보고와도 일치하는 바이다. 따라서 조영도 감소시간 반감기 비의 측정은 확장된 혈관내로 증가된 혈류량을 잘 반영할 수 있어 혈류예비량의 변화를 평가하는 중요한 수단이 될 것으로 사료되지만, 이러한 조영상태의 변화를 이용한 시간-조영도 곡선의 분석상 조영제의 종류나 미세기포의 크기및 조영제 주입속도 등에 상당히 영향을 받을 것으로 생각되어 정확한 혈류예비능의 분석을 위하여서는 좀 더 표

Table 3. Hemodynamic variables before and after contrast infusion

	Before contrast infusion	After contrast infusion	p value
Systolic BP	131 ± 24mmHg	127 ± 24mmHg	p > 0.05
Diastolic BP	75 ± 24mmHg	71 ± 12mmHg	p > 0.05
Heart rate	76 ± 9beats/min	72 ± 11beats/min	p > 0.05

BP : Blood pressure

준화된 방법이 필요할 것으로 생각된다.

관동맥 혈류예비능의 측정방법으로는 관동맥내 도플러 검사(intacoronary Doppler catheter or Doppler-tipped guidewire), 관동맥동의 온도희석법(coronary sinus thermodilution), 디지털 감산 혈관조영술(digital subtraction angiographic techniques), 심근 조영 초음파검사법(myocardial contrast echocardiography) 등이 있고^{13-14,24-25)}, 혈류예비능은 기능상의 관동맥 질환을 평가하는 유용한 수단이며 고혈압, 심근경색증, 좌심실비대 및 당뇨 환자등에서 감소되는 것으로 알려져 있다¹¹⁻¹²⁾. 그러나 본 연구에서는 관동맥 조영술상 유의한 협착이 관찰되지 않고 심근경색으로 진단된 환자에서 혈류예비능의 유의한 저하는 관찰할 수 없었는데, 심근경색 환자에서의 미세혈관의 혈류장애는 좀 더 연구 되어져야 할점으로 생각된다.

본 연구에서는 조영제로 사용되고 있는 hexabrix를 음파처리(sonication)하여 관동맥 내로 주입하여 심근 조영영상을 얻었는데 비교적 미세기포의 크기가 균일하고 적혈구와 비슷하여($8.2 \pm 2.2 \mu\text{m}$) 주입 전후에 심각한 합병증이나 혈액학적 변화는 관찰되지 않았다. 미세기포를 형성을 위해 생리식염수나 dextrose 용액, hand-agitated Renografin-76, gelatin microsphere, 여러 가지의 sonicated solution²⁶⁻²⁸⁾ 등의 다양한 조영제들이 사용되었으나, 미세기포의 크기나 균일성의 문제로 공기색전 및 좌심실기능 저하 등의 심각한 부작용을 초래할 수 있어 이상적인 미세기포의 개발이 필요한 실정이었다. 이상적인 미세기포는 크기가 적당하고 균일하여 주입후 관동맥 혈류의 혈액학적 변화가 없어야하고 심근 내에 일정농도를 유지하여 충분한 초음파반사를 이루며 안정성이 높아야 하는데, 대개 $2 \sim 8 \mu\text{m}$ 정도의 크기가 적당한 것으로 알려져 있다²⁹⁾. Feinstein 등³⁰⁾은 음파처리(sonication)의 방법으로 여러 약제를 개발하였는데 최근에는 상품화에 성공하여 정량검사가 가능한 비교적 균일한 미세기포의 크기를 가진 Albunex등이 상품화되어 임상적으로 널리 사용되고 있다. 그러나 국내에서는 아직 상품화된 조영제를 이용할 수 없는 실정이며 이런 이상적인 조영제의 사용이 임상적으로 널리 이루어진다면 폭 넓은 심근 조영 초음파도의 임상적 역할이 이루어질 것으로 기대되어 진다.

최근 심근 조영 심초음파도는 관동맥 혈류양상이나 혈

류예비능 평가에 유용한 것으로 알려진 방사성 microsphere³¹⁾, digital subtraction angiography³²⁾, monostiral blue³³⁾ 등을 이용한 실험이나, 최근에 관심을 모으고 있는 positron emission technique(PET)³⁴⁾를 이용한 방법들에 비해 간편하고 경제적으로 혈류예비능을 평가할 수 있을 뿐아니라, 조영제를 이용한 관동맥 혈류양상을 반영하여 동적상태의 관류양상을 평가할 수 있기 때문에 앞으로 관동맥 폐색 위험부분의 평가, 재관류후 경색의 크기나 측부 순환혈류량 측정, 심근 생존가능성 평가, 경피적 관동맥 확장술의 효과판정등에 광범위한 응용이 기대되어진다. 그러나 심근조영을 위해서는 관동맥이나 대동맥판막 직상방에서 조영제를 직접 주입해야하는 불편함 뿐아니라, 표준화된 조영제 및 미세기포의 사용, 규격화된 초음파 영상획득 및 분석등의 보완이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 몇가지 제한점을 지적하고자 한다. 첫째, 혈관확장제인 adenosine을 이용한 도플러 검사는 관동맥 혈류예비능 평가에 유용한 검사로 알려져 있지만, 혈류예비능은 혈압, 맥박수, 혈류속도, 혈류량 등에 영향을 받으며 특히 혈류량의 변화를 정확하게 반영하지 못할 수 있으므로 혈류예비능 측정에 문제점을 가질 수 있다. 둘째, 본 연구에서와 같이 음파처리로 만든 미세기포의 크기나 안정성이 표준화되지 못하여 조영제의 조영도 감소시간이 실제 혈류량을 정확히 반영할 수 없을 가능성이 있어, 앞으로 적혈구와 비슷한 균일한 크기의 Albunex와 같은 상품화된 제제의 사용이 필요할 것으로 사료된다³³⁾. 셋째, 조영제 주입이 손으로 이루어진바 이에 의한 개인간의 차이를 교정할 수 있는 표준화된 기계식 주입이 검토되어야 하며, 획득한 조영영상의 분석상 심근내 관심 영역의 설정 및 시간-조영도 곡선의 분석이 표준화된 방법으로 이루어져야 할 것이다. 넷째, 본 연구는 영상의 명암을 주로 비교하는 방법으로 개인간의 차이가 심해 명료한 영상이 아닌 경우 분석에 오차가 생길 소지가 많아 영상이 좋은 환자에서 부분적으로 사용될 수 있고 마지막으로, 심근관류의 절대적인 평가와 함께 조영 영상이 실제로 혈류를 적절히 반영하고 있는지를 검증하기 위해 동위원소나 색소인자를 이용한 관류평가를 동시에 시행하지 못한 점이 본 연구의 제한점이라 하겠다.

요 약

연구배경 :

심근 관류 및 혈류예비능의 평가는 관동맥의 단순한 해부학적 협착 존재의 유무에 관계없이 기능상의 관동맥 질환을 결정하는 유용한 수단이며, 이의 평가 방법으로 Doppler 카테터를 이용한 혈류속도 측정이 유용한 방법으로 알려져 있는 바, 이를 이용하여 측정한 관동맥 혈류예비능과 조영 심초음파도의 영상 분석을 통한 여러 인자들을 비교하여 관동맥 혈류예비능 측정에서 조영 심초음파도의 유용성을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법 :

관동맥 조영술상 유의한 협착이 없는 환자 16례(평균 나이 : 57세, 남 : 6, 여 : 10)를 선별하여 0.018 또는 0.014 인치 Doppler-tipped guidewire를 이용하여 관동맥내 혈류속도를 측정하여 혈류예비능을 측정한 후, 혈관조영제로 사용되고 있는 Hexabrix를 Branson sonifier 250기기를 이용하여 sonication하여 관동맥 내로 일정한 속도로 주입하면서, 심초음파기기(Hewlett-Packard Sonos 1500)를 이용하여 유두부 부위의 단축 심근영상을 획득하여 기저영상을 얻고, adenosine 주입 전후의 심근 조영영상을 녹화 기록하여, Freeland사의 Software인 Prism Lite Window 5.10을 이용한 contrast diastole study로 좌관동맥의 영역에 위치하는 영상이 가장 잘 보이는 부위를 관심영역 (region of interest)으로 설정하여, 시간-조영도 곡선(time-intensity curve)의 분석을 이용하여 심근의 기저조영도(basal intensity), 최대조영도(peak intensity) 및 조영도 감소시간(washout time), 조영도 감소시간 반감기(half time of washout)를 측정한다.

결 과 :

1) 기저상태에서 심근조영제(sonicated hexabrix) 주입 후와 adenosine 주입한 후 심근조영제 주입전후의 관동맥 혈류예비능에 따른 최대조영도 및 최대조영도의 비는 서로 유의한 차이나 상관 관계가 없었다($p > 0.05$).

2) 기저상태에서 심근조영제 주입후와 adenosine을 주입한 후 심근조영제 주입 전후의 관동맥 혈류예비능에 따른 조영도 감소시간, 조영도 감소시간의 비, 조영도 감소시간의 반감기는 서로 유의한 차이나 상관관계는 없었

으나($P > 0.05$), 조영도 감소시간 반감기의 비와는 서로 유의한 상관관계를 보였다($r=0.63$, $p < 0.05$).

3) 비 심근경색군과 심근경색군 사이에 있어 관동맥 혈류예비능 및 조영도 감소시간 반감기의 비는 서로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).

4) 혈압 및 심박수등의 혈역학적 인자는 심근 조영제 주입전후에 유의한 변화를 보이지는 않았다.

결 론 :

심근 조영 초음파도를 이용하여 평가한 심근 조영영상의 분석은 관동맥의 혈류양상을 반영한 혈류예비능과 유의한 상관관계를 가져 동적상태의 관류양상 평가에 안전하고 유용한 방법으로 사료되어, 앞으로 심근의 관류상태에 따른 생존능력의 평가등에 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- 1) Gramiak R, Shah PM, Kramer DH : *Ultrasound cardiography : Contrast studies in anatomy and function. Radiology* 92 : 939-948, 1969
- 2) Feigenbaum H, Stone JM, Lee DA : *Identification of ultrasound echoes from the left ventricle by use of intracardiac injection of indocyanine green. Circulation* 41 : 615-621, 1970
- 3) Kerber RE, Kioschos JM, Lauer RM : *Use of an ultrasonic contrast method in the diagnosis of valvular regurgitation and intracardiac shunts. Am J Cardiol* 34 : 722-7, 1974
- 4) Valdes-Cruz LM, Sahn DJ : *Ultrasonic contrast studies for the detection of cardiac shunts. J Am Coll Cardiol* 52 : 375-380, 1983
- 5) Armstrong WF, Mueller T, Kinney E : *Assessment of myocardial perfusion abnormalities with contrast enhanced two-dimensional echocardiography. Circulation* 66 : 166-173, 1982
- 6) Kemper AJ, O'Boyle JE, Sharma S : *Hydrogen peroxide contrast enhanced two-dimensional echocardiography : Real-time in vivo delineation of regional myocardial perfusion Circulation. 68 : 603-611, 1983*
- 7) Ten Cate FJ, Drury JK, Meerbaum S : *Myocardial contrast two-dimensional echocardiography : Experimental examination at different coronary flow levels. J Am Coll Cardiol* 3 : 1214-1226, 1984

- 8) Tei C, Kondo S, Meerbaum S : *Correlation of myocardial echo contrast disappearance rate("washout") and severity of experimental coronary stenosis. J Am Coll Cardiol* 3 : 39-46, 1984
- 9) Kemper AJ, Force T, Kloner R : *Contrast echocardiographic estimation of regional myocardial blood flow after acute coronary occlusion. Circulation* 5 : 1115-1124, 1985
- 10) Leaf A, Cell swelling : *A factor in ischemic tissue injury. Circulation* 48 : 455-458, 1973
- 11) Strauer B : *The significance of coronary reserve in clinical heart disease. J Am Coll Cardiol* 15 : 775-783, 1990
- 12) Klein LW, Agarwal JB, Schneider RM, Hermann G, Weintraub WS, Helfant RH : *Effects of previous myocardial infarction on measurement of reactive hyperemia and the coronary vascular reserve. J Am Coll Cardiol* 8 : 357-63, 1986
- 13) Wilson RF, White CW : *Intracoronary papaverine : An ideal coronary vasodilator for studies of the coronary circulation in conscious humans. Circulation* 73 : 444-51, 1986
- 14) Wilson RF, Macus ML, White CW : *Prediction of physiologic significance of coronary arterial lesions by quantitative lesions geometry in patients with limited coronary arterial disease. Circulation* 75 : 723-32, 1987
- 15) Kaul S, Review : *Assessment of myocardial perfusion with contrast two-dimensional echocardiography. Am J Med Sci* 229 : 113-130, 1990
- 16) Duran WN, Alvarez OA, Yudilevich : *Influence of maximal vasodilatation on glucose and sodium blood-tissue transport in canine heart. Microvasc Res* 6 : 347-59, 1973
- 17) Shapiro JR, Reisner SA, Lichtenberg GS : *Intravenous contrast echocardiography with use of sonicated albumin in humans : Systolic disappearance of left ventricular contrast after transpulmonary transmission. J Am Coll Cardiol* 16 : 1603-1607, 1990
- 18) Keller MW, Glasheen W : *Myocardial contrast echocardiography in humans. II. Assessment of coronary blood flow reserve. J Am Coll Cardiol* 12 : 925-34, 1988
- 19) Klitzman B, Duling BR : *Microvascular hematocrit and red cell flow in resting and contracting striated muscle. Am J Physiol* 237 : H481-H90, 1979
- 20) Kaul S, Kelly P, Oliner JD : *Assessment of regional myocardial blood flow with myocardial contrast two-dimensional echocardiography. J Am Coll Cardiol* 13 : 468-82, 1989
- 21) Kaul S : *Quantitation of myocardial perfusion with contrast echocardiography. Am J Card Imaging* 5 : 200-16, 1991
- 22) Sijlstra F, Serruys PW, Hugenholtz PG : *Papaverine : The ideal coronary vasodilator for investigating coronary flow reserve? A study of timing, magnitude, reproducibility, and safety of the coronary hyperemic response after intracoronary papaverine. Circulation* 12 : 298-303, 1986
- 23) Ten Cate FJ, Huang H : *Assessment of contrast decay half life by myocardial contrast two-dimensional echocardiography. J Am Coll Cardiol* 5 : 151-62, 1991
- 24) Shapiro JR, Reisner SA, Meltzer RS : *Clinical applications of myocardial contrast echocardiography. Dordrecht, The Netherlands : Kluwer, 191-201, 1989*
- 25) Berwing K, Schepper M : *The assessment of myocardial perfusion using contrast echocardiography. Rontgenblatter* 43 : 377-83 1990
- 26) Meltzer RS, Vered Z, Roelandt J : *Systematic analysis of contrast echocardiograms. Am J Cardiol* 53 : 375-380, 1983
- 27) Tei C, Sakamaki T, Shah PM : *Myocardial contrast echocardiography : A reproducible technique of myocardial opacification for identifying regional perfusion deficits. Circulation* 67 : 585-593, 1983
- 28) Cheirif J, Zoghbi WA, Raizner AE, et al : *Assessment of myocardial perfusion in humans by contrast echocardiography. I. Evaluation of regional coronary reserve by peak contrast intensity. J Am Coll Cardiol* 11 : 735-743, 1988
- 29) Feinstein SB, Shah PM, Bing RJ : *Microbubble dynamics visualized in the intact capillary circulation. J Am Coll Cardiol* 4 : 595-600, 1984
- 30) Feinstein SB, Cheirif J, Silverman PR, Heindenreich PA, Dick C, Deisir RM, Armstrong WF : *Safety and efficacy of a new transpulmonary ultrasound contrast agent : Initial multicenter clinical results. J Am Coll Cardiol* 16 : 316-324, 1990
- 31) Berdeaux A, Farcot J, Bourdarias J : *Effects of diastolic synchronized retroperfusion on regional coronary blood flow in experimental myocardial ischemia.*

Am J Cardiol 47 : 1033-1040, 1981

- 32) Chang BL, Drury JK, Fishbein MC : *Ischemic myocardial washout and retrograde blood delivery during synchronized coronary venous retroperfusion. J Am Coll Cardiol* 9 : 1041-1048, 1987
- 33) A Meesmann M, Karaguenzian HS, Ino T : *Selective perfusion of ischemic myocardium during coronary venous retroinjection : A study of the causative role of venoarterial and venoventricular pressure gradients. J Am Coll Cardiol* 10 : 887-897, 1987
- 34) O'Byrne GT, Nienaber CA, Miyazaki A : *Positron emission tomography demonstrates that coronary sinus reperfusion can restore regional myocardial perfusion and preserve x metabolism. J Am Coll Cardiol* 18 : 257-270, 1991