

관상동맥 조영술의 평가에 있어서 관측자간의 변이

— 주관적 관측 및 컴퓨터를 이용한 정량적 관측의 비교 —

동아대학교 의과대학 내과학교실

김영대 · 박 일 · 김선택 · 도현국 · 김무현 · 주승재 · 강창운 · 김기현 · 김종성

= Abstract =

Interobserver Variability in the Assessment of Coronary Arteriogram

— Comparison between Visual and Computer based Quantitative Estimation —

Young Dae Kim, M.D., Il Park, M.D., Sun Taek Kim, M.D.,

Hyun Guk Do, M.D., Moo Hyun Kim, M.D., Seung Jae Joo, M.D.,

Chang Woon Kang, M.D., Ki Hyun Kim, M.D., Jong Seong Kim, M.D.

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

Background : Conventional visual assessment of coronary arteriogram is fraught with large interobserver variance and disagreement with pathologic findings. Thus quantitative coronary angiography has been recently developed to meet the requirement of more reproducible measurement of severity of coronary artery disease. This study was designed to evaluate the interobserver variability of quantitative coronary angiography and its usefulness in clinical application.

Method : Three independent observers analysed coronary angiogram of 31 consecutive patients by visual assessment and quantitative measurement using computer based algorithm.

Results : 1) There was considerable disagreement between 3 observers in the identification of significant coronary stenosis. Complete agreement was achieved in only 29/61 (47%) coronary lesion and agreement of more than 2 observers in 41/61(67%) lesion.

2) In visual assessment, the largest interobserver variance was found in acute marginal artery and distal circumflex artery, whereas the least variance was observed in proximal right coronary artery.

3) The average interobserver variance was 13.3% in visual assessment, 14.9% in geometric analysis, and 10.5% in video densitometric analysis. There was no significant difference between these values.

4) Visual assessment was noted to overestimate the severity of stenotic lesion, by 5.6% compared to geometric analysis and by 11.8% compared to video-densitometric analysis.

Conclusion : These findings suggest that identifying significant lesion is major source of interobserver variability in both visual and quantitative analysis of coronary arteriogram. In addition, suboptimal image quality was responsible for the inability of quantitative analysis to reduce the variance. These factors seem to be major limitation of quantitative coronary arteriogram.

KEY WORDS : Interobserver variability · Quantitative coronary arteriography.

서론

관상동맥 질환에서 관상동맥 병변의 정도는 임상예후를 결정하는 주요 인자이며 이의 평가는 전통적으로 관상동맥 조영상에 나타난 협착에 대한 육안적 관측에 의존해 왔다. 그러나 이러한 주관적 평가는 관측자간의 변이가 상당한 것으로 나타났을 뿐 아니라¹⁻³⁾, 부검시 측정된 협착 정도와의 상관관계도 낮은 것으로 알려져 있다⁴⁻⁷⁾. 따라서 육안적 관찰에 의존한 관상동맥조영의 평가가 더이상 임상연구의 표준척도가 될수 있는가에 대한 심각한 의문이 제기되고 있다⁸⁾. 더구나 근래에 와서 활발히 시행되는 중재적 시술이나 혈관협착의 후퇴(regression)에 대한 연구는 보다 더 재현성있고 객관적인 관상동맥질환 평가를 요구하고 있다⁹⁾.

정량적 관상동맥 조영술은 이러한 요구에 부응하기 위해 개발된 것으로 초기의 測徑器(caliper)를 이용한 것부터¹⁰⁾¹¹⁾ 컴퓨터 술식(algorithm)을 이용한 혈관영상의 재구성¹²⁾이나, 혈관윤곽의 탐지¹³⁻¹⁶⁾, 광밀도측정(videodensitometry)에 의한 정량¹⁷⁻¹⁹⁾ 등의 방법이 개발되었다. 이러한 정량적 관상동맥조영술은 주관적 관찰시 생기는 관측자 변이를 줄이는 한편 협착병변의 정확한 측정에도 도움을 준다고 알려져 있다¹⁰⁻¹⁹⁾. 그러나 정량적 관상동맥조영술도 시간이 많이 걸린다는 점외에, 영상 frame 선정이나²¹⁾ 조영제 농도변화에 따르는 변이가 있을수 있을 뿐 아니라²⁰⁾, 정량분석을 위한 병변의 선택여부는 결국 주관적 판정에 따르게 되는 문제점을 가지고 있다²¹⁾.

따라서 본 연구는 새로운 방법인 정량적 관상동맥 조영술을 적용하여 관측자 변이를 알아보고 이를 주관적 관측 성적과 비교함으로써 임상적 유용성에 대해 평가하고자 하였고 또한 관측자 변이에 관련된 요인을 알아보고자 시도되었다.

연구대상 및 방법

1. 대 상

1992년 7월부터 9월까지 동아대학 부속병원 내과에 입원하여 관상동맥 조영술을 시행받은 31명의 환자로서 구성은 안정 협심증 10명, 불안정 협심증

13명, 급성심근경색증 8명이었고 평균나이 51.2세(36세부터 74세까지), 남여비는 22대 9대였다(Table 1).

2. 방 법

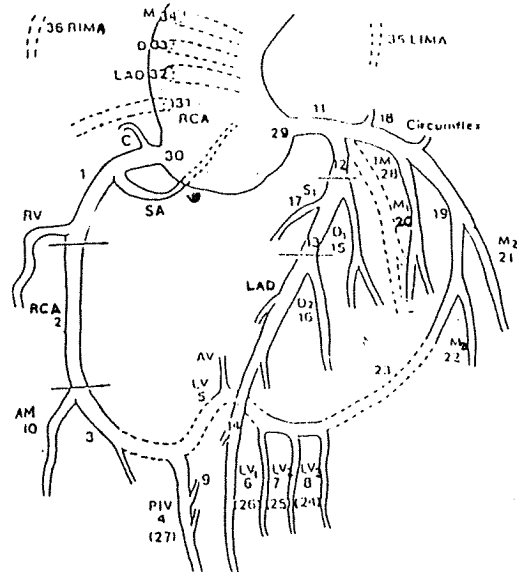
① 관상동맥조영술 : 장비는 focal spot size 0.6/1.3 cm, 직경 22/17/14cm의 trimodal image intensifier를 갖춘 독일 Siemens사의 angiosystem으로서, 초당 30 frame의 속도로 촬영, Arriflex camera에 기록하였다. 투사각도는 필요에 따라 전후, 좌우전사, 측면 각도에다 頭尾경사를 추가하였다.

Table 1. Patients characteristics in study groups

	male	female
Stable angina	8	2
Unstable angina	7	6
Acute MI*	7	1
Total	22	9

*MI : Myocardial infarction

Lesion location



Projection

- 1 : Anteroposterior view
- 2 : Right anterior oblique, cranial angulation
- 3 : Right anterior oblique, caudal angulation
- 4 : Lateral view
- 5 : Left anterior oblique, cranial angulation
- 6 : Left anterior oblique, caudal angulation

Fig. 1. Designation of lesion location and projection angle.

② 주관적 평가 : 관동맥조영술에 관여하는 세사람의 관찰자가 각기 따로 Targano투사기에 비친 관동맥 조영상을 관측하였다. 관상동맥의 부위를 Figure 1과 같이 구분하여 첫째, 50% 이상의 유의한 협착이 있다고 생각되는 부위의 구역번호와 그 협착정도를 근접 5%단위의 협착 백분율로서 표기하게 하였으며 둘째로 병변을 가장 잘 나타낸 투사를 Figure 1에 따라 번호로 기입하였다.

③ 정량적 관동맥조영술 : Targano투사기에 비친 화면을 상용 video camera로 촬영한후 이를 스위스 Kontron사이의 Cardio 500 image analysis computer system에 입력하였다. 여기서 관상동맥 조영 frame을 2배로 광확대한 후 8bit gray scale을 가진 512×512 matrix에 digitize하였다. 영상분석은 화면상의 cursor로서 협착 양측의 정상이라고 생각되는 부위 중간에 표시를 하면 computer가 병변 혈관의 centerline과 혈관 경계를 결정하며 화면상 혈관경계에 오차가 있다고 판단되면 관측자가 수정할 수 있는 operator-interactive method방식이었다 (Fig. 2)

i) 기하학적 정량법(geometric analysis)

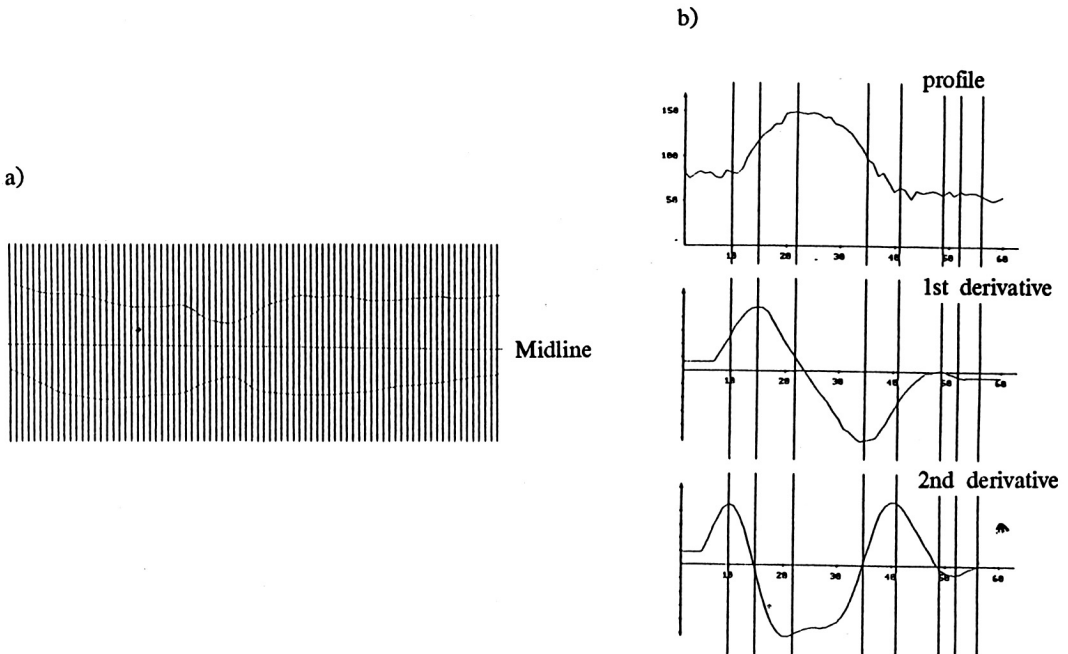


Fig. 3. Edge detection by geometric analysis.

a) Drawing of multiple scan line along the midline.

b) 1st and 2nd derivative curve of gray scale.

컴퓨터가 결정한 centerline에 수직인 각 scan-line에서 digital data를 sampling하여 gray scale 곡선 (Fig. 3)을 구하고 이를 컴퓨터 술식을 이용하여 일차미분 극점(maxima)과 2차미분극점의 60% 중간지점을 혈관 경계로서 규정하였다. 실제 혈관크

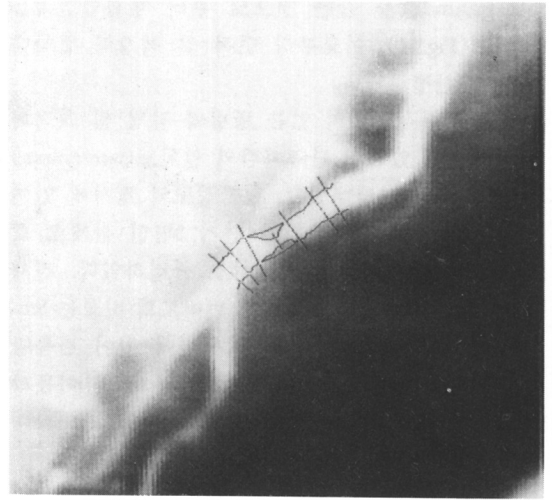


Fig. 2. Dilatation of vessel contour by computer based algorithm.

기에 관한 환산은 직경을 알고 있는 심도자의 화면상 직경 길이를 기준으로 산정하였다.

ii) 광밀도에 의한 분석(densitometric analysis)

광밀도 분석은 광흡수도의 자연대수는 통과물질의 단면적에 비례한다는 Lambert-Beer법칙을 이용¹⁷⁾ 하였으며, 해당부위 gray scale곡선의 적분가에서 background값을 감한 것으로 부터 혈관단면적을 구하고(Fig. 4), 이로부터 면적 및 직경의 협착백분율을 산정하였다.

④ 통계분석: 유의 있는 병변의 감정 및 최적의 투사선택에 있어서 관측자간의 일치도(agreement)는 백분율로 나타내었고, 협착정도의 평가에 있어 관측자간 변이는 관측자가 단지 3명인 관계로 최대관측치와 최적관측치 차이로 규정하였다. 전체 병변에서 각 분석방법에 따른 변이도의 비교는 Student t test를 이용하였고, 각 병변에 있어 관측방법에 따른 변이도의 비교는 paired t test를 이용하였다. 모든 통계수치는 평균±표준편차로 나타내었다.

결 과

1) 유의 병변 및 최적 투사에 관한 주관적 선택

Table 2에서 나타나듯 총 61개의 부위에서 3인 관측자 모두가 유의한 병변으로 평가한 곳은 29개로 47%의 일치율을, 2인 이상이 일치한 곳은 42군데로 67%의 일치율을 보였다. 3인 관측자가 모두 유의한 병변으로 지정한 29개의 부위에서 각 관측자가 선택한 최적의 투사각도는 3인 모두가 일치한 경우는 15개로 51%의 일치율을, 2인 이상이

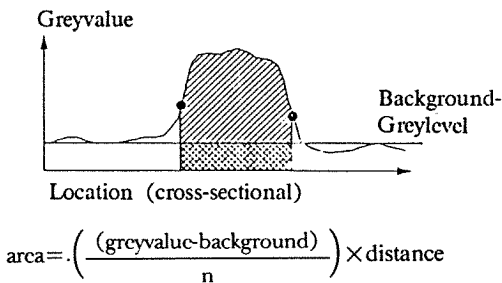


Fig. 4. Determination of cross sectional area from gray scale curve.

일치한 경우는 27예로서 93%의 일치율을 보였다.

2) 협착정도에 대한 주관적 관찰

협착 정도에 대한 주관적 관찰의 관측자 변이는

Table 2. Agreement for identifying significant stenosis

Agreement Lesion	3	2	1
1	2		1
2	2		1
3	2	1	
4			1
5			1
10		1	1
11	2	1	2
12	5	2	1
13	6	1	3
14	1	1	2
15		2	4
16			
17	1		
18	1	1	
19	2	1	
22			1
28			1
Total	29	13	19

Table 3. Interobserver variability in each location of lesion

Location	Variability(mean±S.D.)
10(AM)	25.0± 0
16(D2)	24.5± 34.6
19(dCx)	18.8± 17.0
15(D1)	18.0± 24.6
2(mRCA)	14.7± 10.5
13(mLAD)	13.0± 14.8
3(dRCA)	12.0± 10.4
12(pLDA)	11.6± 9.5
11(LM)	10.0± 12.3
14(pCx)	10.0± 19.3
18(dLAD)	10.0± 14.1
1(pRCA)	6.7± 11.6

LM=left main coronary artery, p=proximal, m=middle, d=distal, AM=acute marginal branch, D=diagonal branch,

LAD=left anterior descending artery, Cx=circumflex artery, RCA=right coronary artery

평균 13.3% 정도였다. 이를 각 부위별로 관측자 변이를 구분하여 알아본 결과는 Table 3와 같다. 즉 예각변연동맥과 원위좌회선지, 대각선지등에서 관측자 변이가 컸으며 근위 우관상동맥 부위가 가장 작았다. 또한 left main artery의 변이도는 10.0% 정도로서 상대적으로 낮은 편에 속하였다.

3) 각 방식에 따른 변이도

3인이 모두 유의하다고 본 29개의 병변에 대해서 각 방식에 따른 변이도는 Table 4와 같다. 여기서 직경의 협착 백분율을 비교하면 주관적 관찰에서 변이도 13.3%, 정량적 조영술에서 기하학적 분석에서는 14.9% 정도로 유의한 차이가 없었으며 광밀도 분석에서도 10.5%로서 주관적 관측에서 보다 줄어든 값이나 역시 유의한 차이가 없었다. 기하학적 분석에서 직경 절대치의 변이도는 0.36mm 이었다.

4) 주관적 관측과 정량적 분석간의 관측치 차이 (Table 5)

표에서 보듯, 전체적으로 주관적 관측은 기하학적 분석에 비해 5.6% 정도의 과대평가를, 광밀도 측정 에 비해서는 11.8% 정도의 과대평가를 하는 것으로 나타났으며, 부위별로는 좌전하행동맥과 중간 우관상동맥에서 그러한 경향이 두드러졌다.

고 찰

영상획득에 따르는 변수: 영상 분석에 따르는 제반 문제를 살피기 전에 먼저 영상에 영향을 미치는 기계, 기술적인 요인을 고려해야 한다. 즉 일반적인 영화 촬영술에서 나타나는 focal spot blur나 pincushion distortion등 촬영기기 자체 혹은 촬영기법에 필연적으로 따르는 영상왜곡현상은²²⁾ 본 연구에서도 같은 영향을 끼쳤으리라고 생각한다. 그러나 저자들은 이러한 것들이 촬영상의 고유한 성질이라고는 하더라도 이를 최소화하려고 노력하였다. 예를 들어 촬영시 X선투표를 환자에게 최대한 접근시켜서 focal spot blur를 줄이고자 한 것 등이다. 또한 본 연구에서 관상동맥조영술시 사용한 14 inch image intensifier는 큰 직경으로 인해 input phosphor가 거의 평면을 이루고 있어 pincushion distortion을 최소화 할 수 있는 것으로 알려져 있다

Table 4. Interobserver variability in each method

1. Visual assessment
Percent stenosis : $13.3 \pm 10.7\%$ *
2. Computer based quantitation
 - Geometric analysis
Percent stenosis : $14.9 \pm 8.0\%$ *
Stenosis diameter : $0.36 \pm 0.2\%$
 - Densitometric analysis
Percent stenosis : $10.5 \pm 6.6\%$ *
Percent area stenosis : $8.3 \pm 5.5\%$ *

*No significant difference between each methods

Table 5. Difference in percent stenosis(% S) between three methods (paired t test, *p<0.005)

Losion	Visual-geometric % S	t	p
	Visual-densito % S		
1(pRCA)	-3.21 ± 14.53	-0.54	0.61
	8.62 ± 17.33	1.22	0.28
2(mRCA)	19.43 ± 4.06	11.71	0.0001*
	23.62 ± 10.85	5.33	0.0031*
3(dRCA)	6.75 ± 19.47	1.34	0.20
	10.47 ± 11.21	3.65	0.0026*
11(LM)	9.65 ± 20.03	1.18	0.29
	22.80 ± 23.39	2.39	0.063
12(pLAD)	7.87 ± 10.32	2.95	0.011*
	7.63 ± 6.33	4.67	0.001*
13(mLAD)	5.86 ± 9.37	2.66	0.017*
	15.48 ± 19.16	3.43	0.032*
14(dLAD)	10.90 ± 3.98	4.74	0.042*
	18.87 ± 3.98	8.21	0.015*
18(pLCX)	-3.00 ± 11.25	-0.46	0.69
	5.21 ± 15.54	0.73	0.54
19(dLCX)	1.45 ± 12.36	0.41	0.69
	7.79 ± 13.70	1.97	0.075

(Visual - geometric) % S : 5.58 ± 13.70 (t=3.98
p<0.05)

(Visual - densitometric) % S : 11.81 ± 15.45 (t=7.31
p<0.05)

¹⁸⁾ 다만 본 연구의 주된 관점이 영상 획득이후의 판정에 관한 문제이므로 전단계인 영상획득에 관한 문제는 이정도로서 언급하고자 한다.

의미있는 병변의 선정 : 관측자에 의한 의미있는 병변의 선정은 관동맥질환의 판정에 있어서 첫단계일뿐아니라 그 결과에 따라 정량적 관동맥 조영술 실시여부를 평가하는 주요과정이다. 즉 병변의

선정 자체는 주관적인 판단이지만 객관적 정량분석의 중요한 일부분이 되는 셈이다. 본 연구에서 유의한 병변의 기준은 협착 백분율 50% 이상인 것으로 정하였는데 이는 이시점에서 관동맥 혈류예비(coronary flow reserve)가 실질적으로 감소하기 시작하기 때문이다.²³⁾ 일반적으로 중간 정도의 협착에서는 관측자간 변이가 많다고 알려져 있고²⁾⁽¹¹⁾⁽²⁴⁾ 심한 병변에서는 변이가 줄어드는 것이 보고되어 있으므로²⁵⁾, 50% 협착이라는 기준의 선택이 본 결과와 같이 관측자간 일치도를 떨어뜨린 요소가 될 수도 있겠다. 그러나 바로 이러한 이유로 해서 중간 단계의 협착이 정량적 분석이 가장 필요한 범위라 할 수 있겠고 관측자간 변이 비교를 위한 기준으로서 여전히 유효하다고 본다.

본 연구 결과에서 유의한 병변 선정시 완전일치도 47%, 3인중 2인 이상 일치 67%로서 Gurley 등²¹⁾에서의 완전일치 28%, 4인중 3인 이상 일치 53%인 것 것과 비교할 때 나온 결과이나, 여전히 심한 관측자간 변이를 반영하고 있다. 결국 본 연구에서와 같이 유의하다고 판단된 병변만 정량적 분석에 응용시키게 되므로 병변의 선정이 주관적 관측뿐 아니라 정량적 분석에서도 커다란 관측자간 변이 요소이며, 극복해야 할 과제로 남아 있는 것을 알 수 있다. 최적의 투사를 결정하는 과정에서는 완전일치 51%, 2인 이상 일치가 93%로서 비교적 높은 일치율을 보였다. 이는 투사 선택 종류가 제한되어 있음으로 해서 상대적으로 일치율이 높아졌거나, 실제 적정 투사 선택에 있어서는 관측자간에 차이가 크지 않음을 나타내준다고 본다. Meier 등³⁾의 연구에서도 투사 선정에 있어서는 intervention 직후를 제외하면 비교적 높은 일치율을 보고하고 있다.

협착 정도에 관한 주관적 관측의 변이 : 본 연구의 결과는 역시 기존의 보고와 유사하게 많은 관측자간 변이를 나타내었다. 즉 대부분의 연구에서 관상동맥 조영술 요원이 참가한 경우라도 육안 관찰시 변이도는 7%에서 18% 정도를 보고하고 있으며²⁾⁽³⁾⁽¹¹⁾⁽²⁶⁾, 본 연구 결과에서도 전체 병변의 평균 변이는 13.3% 수준이었다. 이러한 관측자간 변이는 여러 투사에서의 평가치를 평균하거나³⁾, 다수인이 공동 참여하는 panel 방식에 의해²⁴⁾ 줄어들 수 있다고는 하나, 상반된 보고도 있어²⁶⁾ 궁극적으로 육안적 관찰에 의한 한계성을 극복하지는 못할 것으로 본다.

병변 부위별로 나누어 본 변이도에서도 본 연구는 기존의 연구와 유사한 결과를 보여주었다. 즉 De-Rouen 등²⁾, coronary bypass surgery study (CASS)²⁷⁾에서와 같이 근위 우관상동맥에서 가장 변이도가 작았으며 원위부 관동맥이나 대각선지 등에서 변이도가 컸던 것이 그것이다. 다만 일반적으로 left main artery에서는 변이도가 크다고 알려졌는데 반해²⁸⁾ 본 연구에서는 상대적으로 변이도가 작은 편에 속하였는데, 이는 환자수도 적었을 뿐 아니라 다른 데 병변이 동반되지 않은 isolated left main disease로서 비교적 병변 인식이 용이하였던 탓으로 생각한다.

정량적 관동맥 조영술에 의한 분석 : 본 연구에서는 기하학적 분석 및 광밀도 분석 두 가지를 다 사용하였다. 기하학적 분석에서 edge detection의 추출 산술식은 각 scanline gray scale 곡선의 1차 미분 및 2차 미분 극점의 60% 중간지점으로 하였는데, 이것이 edge detection을 정하는 최선은 아니지만, Reiber²⁹⁾에 따르면 1차 미분 방식은 혈관 윤곽을 너무 좁게, 2차 미분 방식은 너무 넓게 잡는다고 추정되므로 이는 받아들일 만한 술식이라고 생각되며 현재로 가장 많이 쓰이는 방식이기도 하다. 한편 광밀도 분석은 전술한 대로 Lambert-Beer 법칙⁷⁾에 의거한 방식을 사용하였다.

본 연구에서는 기존의 연구결과와 달리 정량적 분석에서도 관측자간 변이도가 향상되지 못한 결과를 나타내었다. 일반적용 기하학적인 정량분석에서 정확도는 협착 직경의 0.1mm 범위 이내이며 협착 백분율의 변이도도 3~4% 정도로 양호하나¹³⁻¹⁵⁾, 본 연구에서는 협착 직경의 범위 0.36mm, 협착 백분율 14.9% 정도로 주관적 관측과 별 차이 없는 변이를 나타내었다. 여기에 대해서는 여러 가지 설명이 있겠지만 가장 중요한 것은 열악한 영상화질이라고 생각된다. 즉 관상동맥 조영상을 화면 투사한 후 이를 video camera로 촬영하여 computer analyzer에 입력함으로써 영상의 질이 떨어졌기 때문에 실제 edge detection시 computer outlining이 빛나가는 경우가 잦아서 operator가 다시 윤곽을 교정하는 수가 많아 결국 주관적 요소가 크게 개입되고 관측자간 변이도 크게 나타난 것으로 사료가 된다. 다른 연구에서도 영상의 낮은 질로 인해 정량분석 응용이 부적합한 예를 보고하고 있다²¹⁾. 이외에도 분석을 위해 cardiac cycle 중 일정 frame을 지정¹⁶⁾

하지 못했던 것도 관측자 변이의 한 요인이 되었을 것이라고 생각된다.

광밀도 분석에서는 협착 백분율의 관측자 변이가 10.5% 정도로서 주관적 관측에 비해 줄어든 편이나 여전히 큰 변이를 나타내었다. 원래 광밀도 분석은 이론적으로 기하학적 분석에 비해서 정확한 edge detection이 필요없고 혈관내부 형태에도 큰 영향을 받지 않은 장점이 있다²⁹⁾³⁰⁾. 본 연구에서도 광밀도 분석에서 관측자 변이가 기하학적 분석에 비해 줄어든 것도 이 방법이 영상의 선명도에 덜 영향을 받았기 때문일 가능성이 있다. 그러나 이 결과 역시 기존의 연구에서 변이도가 표준오차도 4~6% 정도임을 볼때¹⁷⁾¹⁸⁾, 상당한 차이를 보이고 있다. 이러한 결과는 광밀도 분석 자체에 수반된 여러 제한점이 일부 작용했었을 가능성이 있다. 즉 scattering이나 beam hardening 등 균일한 방사선 투사를 저해하는 현상이 있으면 광밀도 분석에 오차를 가져올 수 있고²²⁾, X-ray광선이 혈관의 장축에 수직이 되지 않는 경우에 과대 평가가 될 수 있으며³¹⁾, 대상 혈관 주위의 side branch나 근처 혈관이 근접하고 있을 때는 background correction에 지장을 줄 수 있을 것이라는 것이³¹⁾ 큰 제한점중의 하나이다.

주관적 관측치와 정량적 분석치의 차이 : 본 연구 결과에서 주관적 관찰 및 정량적 분석 모두에서 상당한 관측자 변이가 관찰되긴 하였으나 각 병변별로 양쪽 분석치를 비교한 결과는 전체적으로 비슷한 수준의 격차를 보이고 있었다. 즉, 주관적 관측치는 기하학적 분석치에 비해서는 5.6% 정도, 광밀도 분석치에 비해서는 11.8% 정도의 과대평가를 하고 있는 것으로 나타났으며, 좌전하행지나 중간 우관상동맥에서 두드러졌다. 50% 이상의 병변에서 주관적 관측치가 과대평가를 하는 경향은 이미 보고된바 있으며¹¹⁾, 이러한 경향은 관측자가 관동맥 성형술등의 중재적 시술을 하는 경우에는 더욱 두드러지기 때문에 실제로 정량적 분석을 응용한 임상연구에서는 병변의 협착정도가 사람들이 생각하는것보다 덜 심한 것으로 나타나는것을 볼 수 있다³²⁾. 이러한 이유로 현재 시행되는 관동맥 중재에 관한 대규모 임상연구 Emory Angioplasty Surgery Trial(EAST), Bypass Angioplasty Revascularization Investigation(BARI)에서는 병변의 평가에 모두 객관적 정량을 사용하고 있다⁹⁾.

본 연구의 제한점 : 첫번째는 전술한 바와 같이 영상화질의 문제점이다. 이는 본 연구에서 정량적 분석의 변이도가 기존의 연구에 비해 상당히 크게 나타나게된 주요 원인이라 생각하면 따라서 본 연구의 결과를 일반화 할 수는 없으리라 본다. 향후 on line video image processor나³¹⁾, cine-video converter¹⁴⁾ 등을 사용한다면 나은 결과를 기대할 수 있으리라고 본다. 두번째는 제한된 수의 관측자 모두가 심도자술에 참여하였던 인원으로서 환자의 조영 소견에 대해 blind한 상태가 아니었으므로 이것이 개개인의 관측에 상당히 영향을 미쳤을 것이라는 점이다. 세번째는 본 연구에서는 phantom study를 하지 못하였으므로 정량분석 방식의 정확도에 대해 검증 과정을 거치지 못했다는 점이다. 마지막으로 고려해야할 점은 본 연구 뿐만 아니라 관상동맥 조영술 자체에 내재하고 있는 고유의 문제점이다. 즉 영상에 나타난 협착 정도가 과연 관동맥 협착에 따르는 생리학적인 면을 반영하는가 하는 것이다. 1984년에 발표된 연구에서는 주관적 및 정량적 분석에 의한 협착 백분율을 생리적 지표인 관동맥 혈류예비와의 상관 관계가 낮음을 보고하고 있다³³⁾³⁴⁾. 이러한 관동맥 혈류예비를 알기 위해서는 intracoronary Doppler catheter를 이용한 혈류 속도 측정³⁵⁾, 또는 현재 보급이 진행중인 digital angiography를 이용한 방법³⁶⁾³⁷⁾, positron emission tomography를 이용한 측정 방법³⁸⁾³⁹⁾이 있다. 가까운 미래에 이러한 설비가 보급되면 조영술에 따르는 여러가지 제한점을 극복하고, 해부학적 뿐만아니라 생리학적인 중요성에 관해서도 정보를 얻을 수 있을 것이다.

요 약

연구배경 :

관동맥 조영상의 주관적 평가는 관측자 변이가 많은 것으로 알려져 있고 이를 개선하기 위해 정량적 관동맥 조영술이 개발되었다. 본 연구는 컴퓨터를 이용한 정량적 관동맥 조영술을 적용하여 변이도를 알아보고 이를 주관적 관측과 비교함으로써 그 유용성을 알아보고자 하였다.

방 법 :

31명 환자의 관동맥 조영상을 3명의 독립된 관

찰자가 각기 육안적 관측으로 유의한 병변 및 적정 투사를 선정하고 협착정도를 백분율로 표시하였으며, 한편으로 컴퓨터를 이용한 정량적 분석을 적용, 기하학적 분석 및 광밀도 분석을 시도하였다.

결 과 :

1) 주관적 및 객관적 분석의 토대가 되는 유의한 병변의 선정은 완전일치 47%, 3이중 2인이상 일치 67%로서 낮은 일치율을 보였다.

2) 주관적 관찰의 관측자간 변이는 근위 우관 동맥에서 가장 작았고 원위 좌회선지, 예각변연동맥에서 가장 컸었다.

3) 분석 방법별로 비교한 관측자 변이는 주관적 관찰에서 평균 13.3%, 기하학적 분석 14.9%, 광밀도 분석에서 10.5%였으며 세방법 사이에 유의한 차이는 없었다.

4) 각 방법별 관측치를 비교한 결과 주관적 관찰은 기하학적 분석에 비해서는 5.6% 정도, 광밀도 분석에 비해서는 11.8% 정도의 과대 평가를 하는 것으로 나타났다.

결 론 :

이상의 결과는 정량적 관동맥 조영에서도 유의한 병변의 선정이 관측자 변이의 주요 요인이고, 영상화질에 따라서는 주관적 관찰에 비해 관측자 변이를 크게 개선시킬수 없음을 암시하며, 이러한 요인들이 극복해야할 제한점이라고 사료된다.

References

- 1) Zir LM, Miller SW, Dinsmore RE, Gilbert JP, Harthorne JW : *Interobserver variability in coronary arteriography*. *Circulation* 53 : 627, 1976
- 2) DeRouen TA, Murray JA, Owen W : *Variability in the analysis of coronary arteriograms*. *Circulation* 55 : 324, 1977
- 3) Meier B, Gruentzig AR, Goebel N, Pyle R, Gossler W, Schlumpf M : *Assessment of stenosis in coronary angioplasty. Inter and intraobserver variability*. *Int J Cardiol* 3 : 159, 1983
- 4) Vlodaver Z, Frech R, Van Tassel RA, Edwards JE : *Correlation of the antemortem coronary arteriogram and the postmortem specimen*. *Circulation* 47 : 162, 1973
- 5) Arnett EN, Isner J, Redwood DR, Kent KM, Baker WP, Ackerstein H, Roberts WC : *Coronary artery narrowing in coronary heart disease : Comparison of cineangiographic and necropsy findings*. *Ann Intern Med* 91 : 350, 1979
- 6) Grondin CM, Dydra I, Pasternac A, Campeau L, Bourassa MG, Lesperance J : *Discrepancy between cineangiographic and postmortem findings in patients with coronary artery disease and recent myocardial revascularization*. *Circulation* 49 : 703, 1974
- 7) Thomas AC, Davies MJ, Dilly S, Dilly N, Franc F : *Potential errors in the estimation of coronary arterial stenosis from clinical arteriography with reference to the shape of the coronary arterial lumen*. *Br Heart J* 55 : 129, 1986
- 8) Marcus ML, Skorton DJ, Johnson MR, Collins SM, Harrison DG, Kerber RE : *Visual estimates of percent diameter coronary stenosis : "A battered gold standard"*. *J Am Coll Cardiol* 11 : 882, 1988
- 9) Stadius ML, Alderman EL : *Coronary artery revascularization. Critical need for, and consequence of, objective angiographic assessment of lesion severity*. *Circulation* 82 : 2231, 1990
- 10) Gensini GG, Kelly AE, DaCosta BCB, Huntington PP : *Quantitative angiography : the measurement of coronary vasomobility in the intact animal and men*. *Chest* 60 : 522, 1971
- 11) Scoblionko DP, Brown BG, Mitten S, Caldwell JH, Kennedy JW, Bolson EL, Dodge HT : *A new digital electronic caliper for measurement of coronary stenosis : comparison with visual estimate and computer-assisted measurement*. *Am J Cardiol* 53 : 689, 1984
- 12) Brown BG, Bolson E, Frimer M, Dodge HT : *Quantitative coronary arteriography : estimation of dimension, hemodynamic resistance, and atheroma mass of coronary artery lesions using the arteriogram and digital computation*. *Circulation* 55 : 329, 1977
- 13) Spears JR, Sandor T, Als AV, Malagold M, Markis JE, Grossman W, Serur JR, Paulin S : *Computerized image analysis for quantitative measurement of vessel diameter from cineangiograms*. *Circulation* 58 : 453, 1983
- 14) Reiber JH, Serruys PW, Kooijman C, Wijns W, Slager CJ, Gerbrands JJ, Schuurbijs JCH, den Boer A, Hugenholtz P : *Assessment of short, me-*

- dium, and long-term variations in arterial dimension from computer-assisted quantitation of coronary cineangiograms. *Circulation* 71 : 280, 1985
- 15) Mancini GBJ, Simon SB, McGillem MJ, LeFree MT, Friedman HZ, Vogel RA : Automated quantitative coronary arteriography : Morphologic and physiologic variation in vivo of a rapid digital angiographic method. *Circulation* 75 : 452, 1987
 - 16) Selzer RH, Hagerty C, Azen SP : Precision and reproducibility of quantitative coronary arteriography with application o controlled clinical trials. *J Clin Intest* 83 : 520, 1989
 - 17) Sandor T, Als AV, Panlin S : Cine-densitometric measurement of coronary arterial stenosis. *Cathet. Cardiovasc Diag.* 5 : 229, 1979
 - 18) Nicholas AB, Gabrieli CFO, Fenoglio JJK, Esser PD : Quantification of relative coronary arterial stenosis by cinevideo-densitometric analysis of coronary arteriograms. *Circulation* 69 : 512, 1984
 - 19) Tobis J, Nalcioğlu O, Johnston WD, Qu L, Reese T, Sato D, Roeck W, Montelli S, Henry WL : Videodensitometric determination of minimum coronary artery luminal diameter before and after angioplasty. *Am J Cardiol* 59 : 38, 1987
 - 20) Spears JR, Sandor T : Quantitation of coronary artery stenosis severity : limitation of angiography and computerized information extraction. In Reiber JH C, Serruys PW, eds. *State of art in quantitative coronary arteriography*. Dordrecht, the Netherlands, Martinus Nijhoff, p103, 1986
 - 21) Gurley JC, Nissen SE, Booth DC, Demaria AN : Influence of operator-and patient-dependent variables on the suitability of automated quantitative coronary arteriography for routine clinical use. *J Am Coll Cardiol* 19 : 1237, 1992
 - 22) Gibson CM, Safian RD : Limitations of cineangiography. Impact of new technology for image processing and quantitation. *Trends Cardiovasc Med* 2 : 156, 1992
 - 23) Gould KL, Lipscomb K, Hamilton GW : Physiologic basis for assessing critical coronary stenosis. Instantaneous flow reserve response and regional distribution during coronary hyperemia as measures of coronary flow reserve. *Am J Cardiol* 33 : 87, 1974
 - 24) Beuman GJ, Vogel RA : Accuracy of individual and panel visual interpretations of coronary arteriogram : Implications for clinical decisions. *J. Am Coll Cardiol* 16 : 108, 1990
 - 25) Shub C, Vlietstra RE, Smith HC : The unpredictable progression of symptomatic coronary artery disease : A serial clinical-angiographic analysis. *Mayo Clin Proc* 56 : 155, 1981
 - 26) Galbraith JE, Murphy ML, de Soyza N : Coronary angiogram interpretation. *JAMA* 240 : 2053, 1978
 - 27) Fisher LD, Judkins MP, Lesperance J : Reproducibility of coronary arteriographic reading in the Coronary Artery Surgery Study(CASS). *Cathet, Cardiovasc. Diagn* 8 : 565, 1982
 - 28) Cameron A, Kemp HG, Fisher LD, Gosselin A, Judkins MP, Kennedy JW, Lesperance J, Mudd JG, Ryan TG, Silverman JF, Tristani F, Vlietstra RE, Wexler LF : Left main coronary stenosis : angiographic determination. *Circulation* 68 : 484, 1983
 - 29) Reiber JHC, Seruys PW : Quantitative coronary angiography. In *cardiac Imaging*. Marcus ML Scheibelert HR, Skorton DJ, Wolf GL, 1st Ed. p211, Philadelphia, WB Saunders Co, 1991.
 - 30) Serruys PW, Reiber JHC, Wijns W : Assessment of percutaneous transluminal coronary angioplasty : Diameter versus videodensitric area measurement : *Am J Cardiol* 54 : 482, 1984
 - 31) Tobis J, Nalcioğlu O, Johnston WD, Qu L, REESE T, Sato D, Roeck W, Mantellis, Henry WL : Videodensitometric determination of minimum coronary artery luminal diameter before and after angioplasty. *Am J Cardiol* 59 : 38, 1987
 - 32) Goldberg RK, Kleiman NS, Minor ST, Abukhalil T, Kaisner AE : Comparison of quantitative coronary angiography to visual estimates of lesion severity. *Am Heart J* 119 : 178, 1990
 - 33) White CW, Wright CB, Doty DB, Hiratzka LF, Eastman CL, Harrison DG, Marcus ML : Does Visual Interpretation of the coronary arteriogram predict the physiologic importance of a coronary stenosis ? *N Engl J Med* 310 : 819, 1984
 - 34) Harrison DG, White CW, Hiratzka LF, Doty DB, Barnes DH, Eastham CL, Marcus ML : The value of lesion cross-sectional area determined by quantitative coronary angiography in assessing the physiologic significance of proximal left anterior descending coronary arterial stenosis. *Circulation* 6 : 1111,

1984

- 35) Wilson RF, Laughlin DE, Ackell PH : *Transluminal subselective measurement of coronary arterial blood flow velocity and vasodilator in man* *Circulation* 72 : 82, 1985
- 36) Vogel R, LeFree M, Bates E : *Application of digital techniques to selective coronary arteriography : Use of myocardial contrast appearance time to measure coronary flow reserve.* *Am Heart J* 107 : 152, 1984
- 37) Cusma JT, Toggart EJ, Folts JD : *Digital subtraction angiographic imaging of coronary flow reserve.*

Circulation 75 : 461, 1987

- 38) Bergmann SR, Fox KAA, Geltman EM, Sobel BE : *Positron emission tomography of the heart.* *Prog Cardiovasc Dis* 38 : 165, 1985
- 39) Schelbert HR, Wisenberg G, Phelps ME : *Noninvasive assessment of coronary stenosis by myocardial imaging during pharmacologic coronary vasodilation. VI. Detection of coronary artery disease in human beings with intravenous N-13 ammonia and positron computed tomography.* *Am J Cardiol* 49 : 1197, 1982