

# 수술중 측정한 관상동맥 우회도관 혈류량의 분석

박계현\*·채 현\*·윤양구\*·이재웅\*\*·김관민\*·전태국\*·김진국\*·심영목\*·박표원\*

=Abstract=

## Intraoperative Measurement and Analysis of Coronary Artery Bypass Graft Flow

Kay Hyun Park, M.D. \*, Hurn Chae, M.D. \*, Yang Ku Yun, M.D. \*,  
Jae Woong Lee, M.D. \*\*, Kwhan Mien Kim, M.D. \*, Tae Gook Jun, M.D. \*,  
Jhin Gook Kim, M.D. \*, Young Mog Shim, M.D. \*, Pyo Won Park, M.D. \*

This study aimed to determine factors that influence blood flow through coronary bypass grafts and to analyze relationship between the graft flow and postoperative outcome.

Blood flow through 146 bypass grafts(GBF) was measured with transit-time ultrasound flowmeter during coronary artery bypass grafting operations in 50 patients. Single and multiple regression analyses were done for relationships between the GBF and four variables: internal diameter of recipient coronary artery, myocardial value of bypassed branch(es), type of graft, and finding of preoperative myocardial perfusion scan. The relationship between GBF and postoperative scan finding was also analyzed.

1. The mean GBF was significantly higher in sequential grafts than in single vein grafts or in internal thoracic artery grafts(61.5 vs. 46.9 and 42.5 ml/min).
2. Myocardial value and recipient artery diameter were found to be the factors determining GBF. There was no correlation between GBF and presence of perfusion defect in the preoperative scan.
3. Myocardial value was found to be more important than recipient artery diameter in determining GBF.
4. Reversible perfusion defects were more frequently found in the areas supplied by grafts with low GBF. But this fact had only mild statistical significance.

These results suggest that blood flow through a bypass graft is more determined by the size of its supplying myocardium than by the size of recipient artery. So, we can expect

---

\* 삼성의료원 흉부외과

\* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Samsung Medical Center

\*\* 서울대학교병원 흉부외과

\*\* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University Hospital

† 본 논문은 1996년 10월 18일 제28차 대한흉부외과학회 추계학술대회에서 구연되었음.

논문접수일 : 97년 2월 25일 심사통과일 : 97년 5월 15일

책임저자 : 박계현, (135-230) 서울시 강남구 일원동 50번지, 삼성의료원 흉부외과. Tel. (02) 3410-3486, 3489, Fax. (02) 3410-0089

effective improvement in myocardial flow reserve after grafting of small(1~1.5mm) coronary arteries, if they supply substantial area of myocardium.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1997;30:760-9)

**Key word:** 1. Coronary artery surgery  
2. Blood flow, regional

## 서 론

관상동맥 우회수술중 우회도관의 혈류량을 측정하는 것은 수술이 정확하게 시행되어 심근 혈류 재건의 목적을 충분히 달성하였는지 현장에서 확인할 수 있는 가장 직접적인 방법으로써 수술의 유용한 보조수단으로 여겨지고 있다<sup>1-3)</sup>. 또한 관상동맥 우회도관을 통한 혈류량은 우회도관의 개통성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 만큼 수술후 장기 성적을 결정하는 중요한 인자라고 할 수 있다<sup>4-7)</sup>. 한편 관상동맥 협착의 해부학적 소견이나 사용된 우회도관의 차이 및 수술 방법의 차이 등에 따른 혈류량과 혈류 유형의 차이에 대한 많은 연구들이 우회수술후 심근 관류의 생리를 이해하는데 기여함으로써 현재 보편적으로 받아들여지고 있는 관상동맥 우회수술의 방법 및 수술전략(operative strategy)의 정립에 바탕이 되었다.

이와 같은 중요성에 근거하여 삼성 서울병원 흉부외과에서는 관상동맥 우회수술의 경우, 특히 고위험군 환자에서는 수술 종료전 우회도관의 혈류량을 측정하는 것을 원칙으로 하고 있는 바 본 연구에서는 이를 통하여 관찰된 소견을 바탕으로 수술전 객관적으로 측정이 가능한 인자들중 우회도관의 혈류량에 영향을 미치는 인자들을 분석하므로써 현재 적용하고 있는 수술전략의 의의를 재검토하고자 하였다. 더불어서 우회도관의 혈류량과 수술후 단기 성적과의 관련 여부도 분석하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 관찰 대상 및 분석 대상 변수

50명의 관상동맥 우회수술 시행 환자에서 조성된 총 146개 우회도관의 혈류량을 측정하였다. 이 중에는 좌측 내흉동맥이 16개 포함되었으며 대복재정맥 우회도관중 연속 문합으로 2개 이상의 원위부 문합을 가진 것이 60개, 1개의 원위부 문합을 가진 단순 우회도관은 70개였다. 우회로가 조성된 수혜 관상동맥 분지들은 각 관상동맥 영역에 고르게 분

포하였다(Table 1). 대상 환자들의 평균 연령은 61.2세였고 총 174개의 우회도관을 이용하여 236개(환자 1인당 평균 4.7개)의 원위부 문합이 조성되었으나 우회도관들중 일부는 혈류량 측정 대상에서 제외되었는데 측정 당시 소독된 flowmeter probe 중 적절한 크기가 없었거나 내흉동맥이 매우 약(friable)하여 혈류량 측정 과정중의 손상 우려가 있었던 것 등이 그 이유이다.

우회도관을 통한 혈류량과의 상관 관계를 분석한 대상이 된 변수들은 수혜 관상동맥의 내경, 해당 우회도관이 지배하는 심근 영역, 우회도관의 종류, 수술전 심근 관류 스캔 소견 등이다. 수혜 관상동맥의 내경을 구함에 있어서는 수술전 관상동맥 조영사진의 digitized image를 computer system(Arripro 35<sup>®</sup> system 및 QUANSAD version 2.0)을 이용하여 정량적으로 분석함으로써 원위부 문합이 조성되리라 예상되는 2~3 cm 길이의 구간의 내경을 구하였다. 연속 문합을 한 경우에는 원위부 문합들중 우회도관의 말단에 연결된 관상동맥의 내경을 취하여 분석하였다. 관상동맥의 내경을 분석함에 있어 수술중 probe로 측정된 내경을 취하지 않고 관상동맥 조영사진상의 내경을 취한 것은 수술 계획을 수립할 때 우회도관을 조성할 관상동맥(target artery)을 결정하는 것은 관상동맥 조영사진에 근거하는 것이 보통이기 때문이다. 다만 근위부가 100% 폐색되어 부행혈관에 의하여 혈류가 유지되고 있는 관상동맥 분지들은 실제 내경과 조영사진상의 내경이 크게 차이가 나는 것이 대부분이므로 이런 경우에는 수술중 probe로 측정된 내경을 취하여 변수로 삼아 분석하였다.

심근 영역의 수량화는 Green Lane Hospital의 myocardial value system을 적용하였고 연속 문합 우회도관의 경우에는 해당 우회도관이 연결된 모든 관상동맥 분지의 myocardial value를 합한 값을 취하여 분석대상으로 하였다. 우회도관의 종류는 내흉동맥, 연속 문합 대복재정맥, 단순 대복재정맥의 세가지 명목변수를 대상으로 분석하였으며 마지막으로 수술전 심근 관류 스캔 소견상 각 우회도관의 영역에 가역적 관류 결손이나 관류 감소가 존재하는지 여부를 명목변수로 하여 분석하였다.

Table 1. Type and Target Vessels of Grafts

Target vessel (site of the most distal anastomosis)	Type of graft		
	ITA	sequential vein	simple vein
Left anterior descending artery	14	13	8
Diagonal branch	2	7	19
Obtuse marginal branch	0	21	19
Right coronary artery	0	13	10
Posterior descending artery	0	5	13
Posterolateral branch	0	1	1
Total	16	60	70

ITA = internal thoracic artery

## 2. 우회도관의 혈류량 측정

혈류량 측정은 Transonic사의 ultrasound transit-time flowmeter를 사용하였다. 측정 시기는 심폐 바이패스로부터의 이탈 후 혈액학적 소견이 안정화된 시점으로 심장내 삽관들이 제거되기 전에 시행하되 수축기 혈압이 90 내지 120 mmHg의 범위내에 들 때로 제한하였다. flowmeter probe를 우회도관의 근위부에 거치하여 flowmeter의 표시 화면에 나타나는 혈류량 수치가 10초 이상 안정된 수치를 유지할 때 그 값을 해당 우회도관의 혈류량으로 취하여 기록하였다. 한편 심폐 바이패스 이탈 전후 심전도상이나 경식도 초음파상 심근 허혈의 소견을 보인 환자들은 연구 대상에서 제외하였다.

## 3. 단기 성적의 평가

수술후 성적의 평가는 외래 추적기간 중의 협심증 재발 여부와 심근 관류 스캔 소견을 통하여 이루어졌다. 수술후 생존 환자 모두 3개월 이상 외래 추적이 이루어졌고 34명의 환자에서 수술후 4개월째에 심근 관류 스캔을 시행하여 가역적 관류 결손이나 관류 감소의 잔존 여부 및 새로운 비가역적 관류 결손의 출현 여부를 관찰하였다.

우선 이들 불량한 스캔 소견과 수술중 측정된 우회도관 혈류량과의 상관관계 여부를 분석하였다. 또 다중 선형 회귀 분석 결과 의미있었던 수술전 변수들을 바탕으로 한 회귀식으로부터 우회도관 혈류량의 기대치를 구한 다음 실측치와 기대치의 차이를 기대치로 나눈 값을 fractional flow difference로 명하여 이 값과 불량한 스캔 소견과의 관련 여부를 분석하였다.

Table 2. Mean Value of Blood Flow of Bypass Grafts

	Number	Mean flow $\pm$ S.D. (ml/min)	Range (ml/min)
Single graft			
LAD			
LIMA	14	45.4 $\pm$ 28.0	15 ~ 100
Saphenous vein	8	48.1 $\pm$ 30.6	15 ~ 105
Diagonal	19	42.9 $\pm$ 23.1	15 ~ 100
Obtuse marginal	12	36.3 $\pm$ 35.6	10 ~ 145
RCA	10	81.0 $\pm$ 33.0	40 ~ 150
PDA	13	45.0 $\pm$ 23.9	15 ~ 90
LAD + diagonal*	10	93.5 $\pm$ 24.6	65 ~ 130
Sequential graft			
Diagonal-LAD	13	60.8 $\pm$ 29.9	15 ~ 130
Diagonal-Diagonal	8	48.8 $\pm$ 21.3	15 ~ 85
OM-OM	20	58.0 $\pm$ 27.2	20 ~ 120
RCA-PDA(or PL)	13	68.5 $\pm$ 26.2	20 ~ 100
PDA-PL	5	79.0 $\pm$ 20.7	60 ~ 110

\* ; patients in whom LAD and diagonal branch(es) are separately grafted.

† ; p < 0.05 (Wilcoxon rank sum test)

LAD : Left Anterior Descending Artery

LIMA : Left Internal Mammary Artery

RCA : Right Coronary Artery

PDA : Posterior Descending Artery

OM : Obtuse Marginal Artery

PL : Postero-Lateral Artery

## 4. 통계적 분석

window용 SPSS system을 이용하였다. 수술전 인자와 혈류량의 상관관계의 분석에는 단순 선형 회귀분석, 다중 선형 회귀분석과 분산 분석을 모두 적용하여 각각적으로 검증하였으며 혈류량과 수술후 성적과의 상관관계 분석에는 변수의 특성에 따라  $\chi^2$  test 및 Mantel-Haenszel  $\chi^2$  test를 적용하였다.

## 결 과

### 1. 수혜 관상동맥 영역별 우회도관의 혈류량

수혜 관상동맥에 따른 우회도관의 혈류량 평균치는 좌전 하행지, 대각지, 변연지 및 후하행지에 연결된 단순 우회도관들간에는 차이가 없었고 다만 우관상동맥에 연결된 우회도관의 혈류량이 유의하게 많았다(p < 0.05, Table 2). 좌전하행지 우회도관인 경우 좌측 내흉동맥과 대복재정맥간에는 차이가 없었다. 대각지간, 변연지간, 우관상동맥의 분지들간

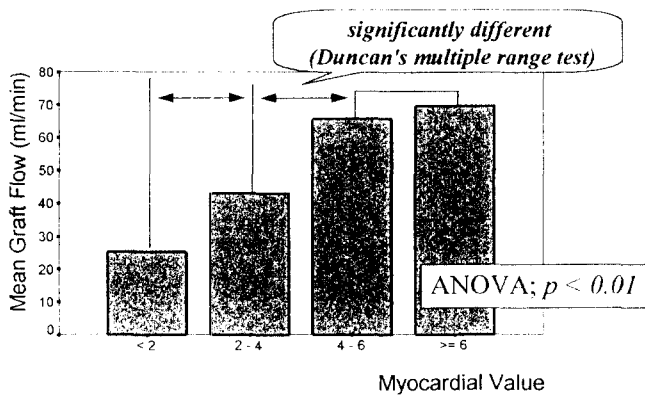


Fig. 1. Myocardial value vs graft flow.

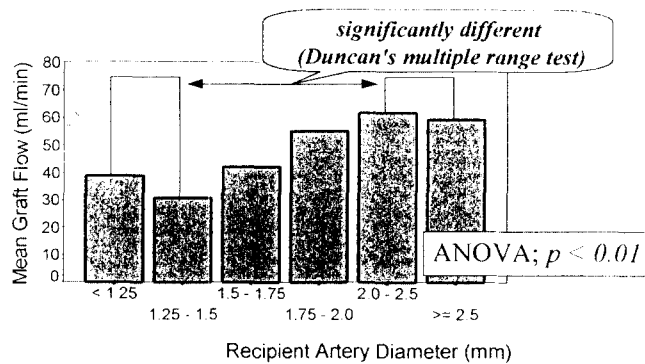


Fig. 2. Recipient coronary artery diameter vs graft flow.

에 각각 연속 문합된 연속 우회도관의 혈류량 평균치는 각각 48.8, 58.0, 79.0ml/min였다. 연속 문합된 우회도관의 평균 혈류량은 61.5ml/min  $\pm$  26.6ml/min로 단순 우회도관의 혈류량 평균치(46.9  $\pm$  30.7ml/min)보다 의미있게 높았다( $p < 0.05$ ). 그러나 말단 원위부 문합이 후하행지나 후측지(posterolateral branch)에 연결되고 우관상동맥을 측부 원위부 문합에 포함시킨 연속 우회도관의 경우는 우관상동맥에만 연결된 단순 우회도관의 혈류량 평균치에 비하여 차이가 없었다.

2. 우회도관 혈류량에 영향을 미치는 인자

myocardial value를 2단위로 나누어 순위척도화하여 ANOVA test를 한 결과 우회도관이 지배하는 영역의 myocardial value가 4 미만인 경우에는 우회도관의 혈류량이 myocardial value에 따라 크게 차이가 있음을 알 수 있었고 myocardial value가 4 이상인 경우에는 혈류량의 차이가 거의 없었다 (Fig. 1). 마찬가지로 수혜 관상동맥의 내경을 순위척도화하여 분석한 결과 내경 1.5 mm 미만인 동맥에 연결된 우회도관과 2.0 mm 이상의 동맥에 연결된 우회도관들 사이에서 뚜렷한 혈류량의 차이가 통계적으로 인정되었다(Fig. 2). 우회도관의 종류에 따른 차이를 분석하였을 때는 원위부 문합의

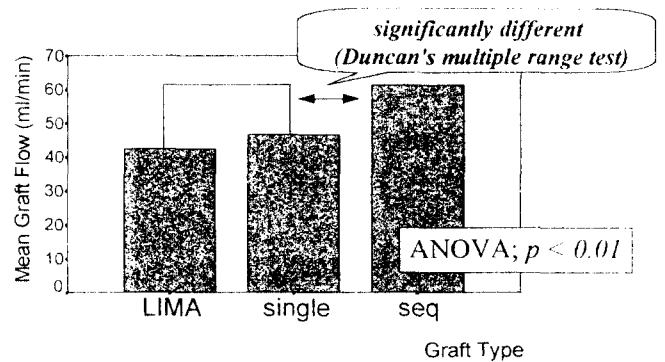


Fig. 3. Graft type vs graft flow.

Table 3. Factors Determining Coronary bypass Graft Flow (multiple linear regression analysis)

Variable	Correlation coefficient	p value
Myocardial value	0.48	< 0.01
Recipient artery diameter	0.29	< 0.01
Graft type (sequential vs non-sequential)		< 0.01
Perfusion defect (preoperative Thallium scan)		n.s.

수가 1개인 경우에는 우회도관을 통한 혈류량이 내흉동맥과 대복재정맥을 이용한 경우들간에 차이가 없었으나 원위부 문합의 수가 2개 이상인 경우, 즉 연속 문합 우회도관들의 경우에는 15 ml/min 정도 높은 혈류량 수치를 보였다(Fig. 3). 한편 우회도관의 해당 심근 영역에 수술전 심근 관류 스캔상 가역적 관류결손의 존재 여부는 혈류량과 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

수혜 관상동맥의 내경과 해당 심근 영역의 크기간에 상관관계가 있을 수 있기 때문에 이를 감안하여 분석하기 위하여 원위부 문합 부위가 1개인 우회도관들만을 대상으로 수혜 관상동맥의 내경과 myocardial value의 두 변수에 대한 canonical correlation analysis를 한 결과 myocardial value가 동일하면 수혜 관상동맥의 내경에 차이가 있어도 우회도관의 혈류량은 별 차이가 없는 것으로 나타난 반면 수혜 관상동맥의 내경이 비슷하더라도 myocardial value가 크면 우회도관의 혈류량은 통계적으로 유의할 만하게 높은 것으로 분석되었다.

이상의 결과들을 최종적으로 다중 선형회귀분석을 통하여 검증한 결과에서도 myocardial value(상관계수=0.48,  $p < 0.01$ ), 수혜 관상동맥의 내경(상관계수=0.29,  $p < 0.01$ ), 우회도관의 종

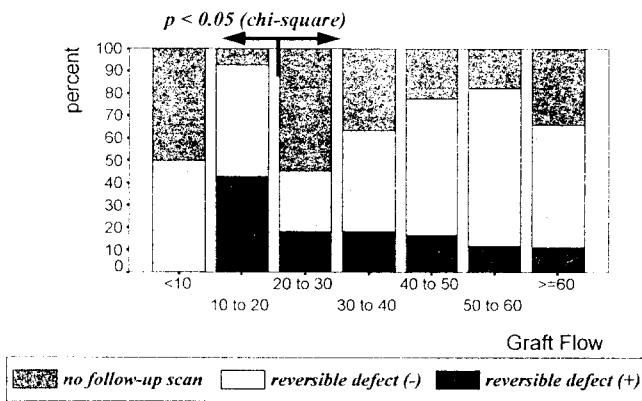


Fig. 4. Graft flow vs postoperative scan finding.

류(sequential graft vs. single graft,  $p < 0.01$ ) 등이 우회도관의 혈류량과 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Table 3). 다중 선형 회귀분석을 토대로 이들 세가지 변수를 가지고 우회도관의 혈류량의 기대치를 구하는 추정식은 단순 복재정맥 우회도관의 경우에는 [혈류량] =  $7.2 \times [\text{myocardial value}] + 16.9 \times [\text{recipient coronary artery diameter}] - 6.8$ , 연속 문합 복재정맥 우회도관의 경우에는 [혈류량] =  $7.2 \times [\text{myocardial value}] + 16.9 \times [\text{recipient coronary artery diameter}] + 2.5$ , 내흉동맥의 경우에는 [혈류량] =  $7.2 \times [\text{myocardial value}] + 16.9 \times [\text{recipient coronary artery diameter}] - 15.4$ 으로 구하여 졌다.

### 3. 수술후 조기 성적

연구 대상이 된 50명의 환자중에서 수술중 혹은 수술 직후 심근 경색이 발생한 경우와 수술 사망 환자는 각각 4명 있었다. 수술후 심전도상 새로운 Q파가 나타났거나 creatine kinase-MB 수치가 50 IU/L 이상 증가하여 심근 경색이 발생한 것으로 진단된 환자중 2명은 심전도 소견으로 미루어 볼 때 내경이 1.5 mm 미만인 관상동맥에 grafting한 영역에서 경색이 발생한 것으로 판단되었다. 이들중 1명은 내경 1 mm 내외의 변연지에 연결된 우회도관의 혈류량이 10 ml/min이었고 다른 1명의 경우에는 직경 1.5 mm인 후하행동맥에 연결된 우회도관의 혈류량이 15 ml/min으로 측정되었었다. 나머지 2명은 모두 우관상동맥 영역에서 심근경색이 발생하였으며 수술중 측정된 우회도관의 혈류량이 50 ml/min 이상이었고 공기 색전증 및 관상동맥내 atheroma의 색전이 경색의 원인이었던 것으로 판단되었다.

사망의 원인중 심근 부전이 원인이었던 경우는 1례도 없었으며 수술후 30일 이내에 사망한 2명중 1명은 대동맥으로부터의 atheroma가 대량 전신 색전증을 일으킨 것이 원인으로 판단되는 다장기 부전(multiorgan failure)으로 사망하였고,

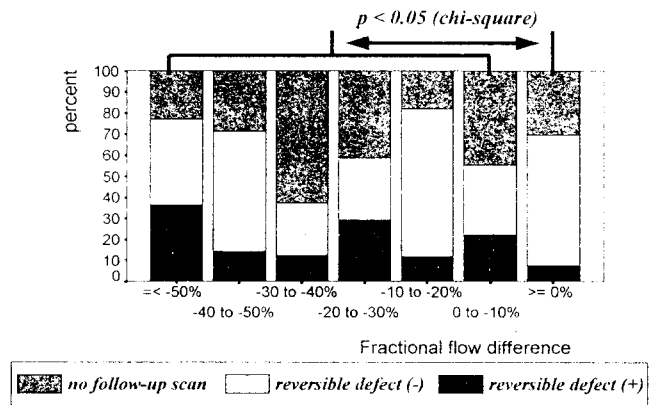


Fig. 5. Fractional flow difference vs postoperative scan finding.

Fractional flow difference = (measured graft flow - estimated graft flow)  $\times 100$

Estimated graft flow =  $7.2 \times [\text{myocardial value}] + 16.9 \times [\text{recipient coronary artery diameter}] + 9.3 \times [\text{sequential?}]^* - 17.9 \times [\text{IMA?}]^{**} - 6.8$

(\*; 1 if sequential graft, 0 if non-sequential graft, \*\*; 1 if IMA graft, 0 if saphenous vein graft)

다른 1명은 심한 뇌경색으로 의식을 회복하지 못하고 사망하였다. 만기 사망례 2명은 각각 급성 심근경색으로 수술후 50일째에, 심실세동시 시행한 심폐소생술시의 저산소성 뇌손상으로 58일째에 각각 사망하였다.

### 4. 우회도관 혈류량과 단기 성적과의 관계

대상 환자중 생존 환자 46명에서 수술후 3개월 외래 추적 시까지 협심증의 재발이 발견된례는 없었고 34명에서 심근관류 스캔을 시행하였다.

수술중 측정된 우회도관의 혈류량과 심근 관류 스캔 추적 검사상 가역적 관류 결손이 발견되는 빈도사이의 상관관계를 분석한 결과 전체적으로 보아서 우회도관의 혈류량이 높을수록 가역적 관류 결손의 잔존 확률이 적어보였지만 통계적 유의성은 없었다. 그러나 혈류량 20~40 ml/min를 기준으로 두 군으로 나누어  $\chi^2$ -test를 해보면 통계적인 차이가 있었다(Fig. 4).

Fractional flow difference와 심근 관류 스캔 추적검사 소견간의 상관관계 여부를 분석한 결과는 fractional flow difference의 정도와 가역적 관류 결손의 잔존 빈도 간에 상관관계가 없었다. 다만 환자를 두 군으로 나누어 fractional flow difference가 0 이상이었던 경우와 0 이하였던 경우들간에 비교하였을 때, 즉 우회도관의 혈류량의 실측치가 기대치보다 컸던 경우와 기대치보다 작았던 경우를 비교하여  $\chi^2$ -test를 하였을 때는 전자에서 가역적 관류 결손의 잔존 빈도가 의미있게 낮음을 볼 수 있었다(Fig. 5).

## 고 찰

### 1. 수술중 우회도관 혈류량 측정의 유용성

관상동맥 우회수술중 우회도관의 혈류량을 측정하는 것은 정확한 문합을 통하여 심근 혈류 재건의 목표를 제대로 달성하였는지 여부를 수술중에 직접 평가할 수 있는 방법중의 하나이다<sup>1-3)</sup>. 수술중 기술상의 오류를 확인할 수 있는 다른 방법으로는 문합 완료 직전 probe를 문합 부위에 통과시켜서, 수술중 관상동맥 조영술의 촬영, thermal angiography를 통한 심근 관류의 확인, 혈관경(angioscopy)을 이용한 문합 부위의 육안 확인, 도플러 초음파 검사를 이용하여 우회도관의 혈류 패턴을 확인하는 방법 등이 있다<sup>8-10)</sup>. 이러한 수단들은 수술의 완성도를 현장에서 평가하므로써 기술상의 오류를 바로 발견하여 교정할 수 있게 하고 수술후 환자 치료에 매우 중요한 정보를 제공하게 되며 한편으로는 관상동맥 우회수술에 대하여 초기 경험 단계에 있는 외과의사의 경험 축적에 크게 도움이 될 수 있다. 특히 혈류량 측정은 다른 수단들에 비하여 간편하고 우회도관이나 문합부위의 손상 위험이 거의 없으며 수술중 측정 시간에 제한을 받지 않는다는 장점이 있다. 관상동맥 우회도관의 혈류량을 연구한 기존의 보고들은 주로 electromagnetic flowmeter를 사용하여 혈류량을 측정했던 것들이었으나 최근에는 transit-time 원리를 이용한 초음파 혈류계(ultrasonic flowmeter)를 이용한 연구들이 보고되면서 그 정확성이 증명되었고 probe가 electromagnetic flowmeter probe에 비하여 우회도관에의 거치가 훨씬 간편하고 우회도관의 직경에 따른 제한을 크게 받지 않는다는 장점 또한 인정되고 있다<sup>2)</sup>.

저자들도 수술중 초음파 혈류계를 이용한 혈류량 측정 과정에서 기술상의 어려움을 전혀 느끼지 않았으며 혈류량 측정에는 probe의 거치를 위하여 내흉동맥 일부 구간의 골격화(skeletonization)에 필요한 시간을 포함하여 10분 이내의 시간만이 추가적으로 소요되었을 뿐이다. 대상 환자중 2명에서는 혈류량 측정을 통하여 좌심실 후면에서 우회도관이 꺾이거나 꼬여 있음을 발견하여 바로 교정할 수 있었다. 또한 심폐기 이탈 곤란을 직면하게 되는 경우에는 우회도관 혈류량 측정을 통하여 기술적 오류(technical error)의 가능성을 배제하고 대동맥내 풍선 펌프 등을 포함한 다음 단계의 치료로 즉시 진행하므로써 불필요한 시간 낭비를 줄일 수 있었던 일도 여러 차례 있었다.

그러나 본 연구에서는 전술한 바와 같은 우회도관 혈류량 측정의 임상적 유용성을 검증하기보다는 혈류량 측정을 통하여 관찰된 소견들을 바탕으로 수술전 계획이 가능한 인자들과 우회도관 혈류량과의 상관관계 여부를 규명하는데 초점을 맞추어 현재 보편적으로 인정되고 있는 관상동맥 우회

수술의 전략(strategy)의 의미를 재검토하고자 하였다. 또한 우회도관 혈류량과 수술후 초기 성적간에 상관관계가 있다면 각각의 우회도관의 혈류량을 최대한 증가시킬 수 있는 적절한 수술 전략을 적용하므로써 장기 성적의 향상을 도모할 수 있으리라는 기대하에 우회도관 혈류량과 수술 성적간의 상관관계 여부를 심근 관류 스캔 소견을 바탕으로 분석하여 보았다.

### 2. 우회도관 혈류량 측정치

우선 본 연구에서 측정된 각 관상동맥 분지별 우회도관의 혈류량 평균치를 여러가지 방법들을 이용하여 혈류량을 측정된 기존 연구 결과들과 비교한 결과 transit-time 초음파 혈류계를 이용한 혈류량 측정에 대한 신빙성을 어느 정도 확인할 수 있었다. 저자들과 같은 transit-time 초음파 혈류계를 사용한 Canver 등<sup>2)</sup>의 결과는 좌전하행지에 연결된 우회도관의 혈류량 평균이 내흉동맥 도관은 35 ml/min, 복재정맥 도관의 경우는 38 ml/min이었던 것으로 보고하였던 바 측정된 혈류량은 본 연구결과에 비하여 약간 작지만 내흉동맥과 복재정맥간의 혈류량 차이가 없었다는 점은 저자들의 결과와 일치하는 바이다. 이 사실은 electromagnetic 혈류계를 사용한 Hamby 등<sup>11)</sup>의 관찰 소견과도 일치하는 것이며 다만 그들이 보고한 좌전하행지 우회도관의 혈류량은 75 ml/min 정도로 본 연구결과와 차이가 났다. 이것은 De Bono 등<sup>12)</sup>이 말하는 것처럼 transit-time 초음파 혈류계로 측정된 혈류량이 electromagnetic 혈류계를 사용하였을 때보다 작게 측정된다는 사실이 한가지 이유일 것으로 생각된다. 실제로 De Bono 등이 측정된 좌전하행지에 연결된 내흉동맥의 혈류량 평균은 47 ml/min로 본 연구와 거의 일치하는 수치를 보였다. 그러나 Louagie<sup>3)</sup>만은 electromagnetic flowmeter를 사용한 연구에서 같은 좌전하행지에 연결된 경우라도 내흉동맥의 혈류량(36 ml/min)이 복재정맥의 혈류량(66 ml/min)보다 유의하게 작은 것으로 위에서 언급한 연구들과는 상이한 결과를 발표하였고 그것은 도플러 혈류계를 이용한 그 자신의 다른 연구 결과<sup>1)</sup>와도 상이한 결론이다. 이와 같은 차이가 나는 것은 Louagie 자신의 지적처럼 내흉동맥과 같이 직경이 작은 혈관의 혈류량 측정시에는 상당한 오차가 생기기 때문일 수도 있고 대상 환자군마다 좌전하행지 근위부 협착 정도가 차이가 나거나 내흉동맥과 혈류 경쟁(flow competition)을 일으키는 대각지 우회도관의 조성 빈도가 달랐기 때문일 수도 있다. 복재정맥과 달리 내흉동맥은 수혜 관상동맥의 근위부에 개통이 유지되고 있거나 동일 영역에 다른 우회도관이 병존하는 경우 혈류량이 감소된 채로 있을 수 있고 수혜 관상동맥계의 혈류 요구량이 증가하면 이에 부응하여 혈류량이 증가되고 내경까지도 증가할 수 있음은 여러 연구를 통하여

밝혀져 있다<sup>13-15</sup>). 그러나 수혜 관상동맥 지배 심근 영역이 넓고 근위부의 협착이 심하며 부행혈관의 발달이 거의 없는 경우에는 수술 직후부터 내흉동맥이 해당 영역의 혈류요구를 충분히 충족시키는 것이 매우 중요할 수 있다. 따라서 향후에는 연구범위를 좌전하행지에 국한하여 근위부 협착의 정도와 혈류 경합을 벌이는 복재정맥 우회도관의 존재 여부, 수술전 환자의 상태 등의 변수에 따른 내흉동맥 혈류량의 변화를 구체적으로 연구할 필요가 있고 혈류량과 수술후 경과 및 성적과의 상관관계 여부도 재검증할 필요가 있다고 판단된다.

본 연구 결과를 보면 대각지, 변연지, 우관상동맥의 말단 분지에 연결된 단순 우회도관을 통한 혈류량은 40 ml/min 내외로 수혜 관상동맥 분지에 따른 차이가 없이 비슷한 수치를 나타냈고 좌전하행지 우회도관의 혈류량 평균과도 차이가 나지 않았는데 이 역시 다른 연구 결과<sup>1)</sup>와 일치하는 바였다. 단순 우회도관중에서 우관상동맥에 연결된 우회도관만은 다른 분지들에 연결된 경우에 비하여 두 배 가까운 혈류량 수치를 보였는데 이것은 Louagic<sup>3)</sup>, Bandyk<sup>10)</sup>, Cartier<sup>16)</sup> 등의 연구들에서도 관찰된 바로써 그것은 심실 수축기중 우심실의 심근내 압력이 좌심실보다 현저히 적으므로 우관상동맥이나 그 우회도관에서는 다른 영역과 달리 수축기중에도 혈류가 유지되기 때문인 것으로 설명되고 있다.

### 3. 우회도관 혈류량의 결정 인자

우회도관의 혈류량을 결정하는 인자에 대하여 분석한 바로는 우회도관이 연결된 수혜동맥이 지배하는 심근의 크기가 가장 중요한 인자로 분석되었는데 이는 기존의 여러 연구결과들과 일치하는 소견이다. Louagic 등<sup>1,3)</sup>, Körfer 등<sup>5)</sup>, Cartier 등<sup>16)</sup>은 우회도관의 혈류량과 수혜 관상동맥의 run-off의 크기간의 상관관계에 대하여 언급하였고 De Bono<sup>12)</sup>는 본 연구에서 분석한 바와 같이 Green Lane 병원의 myocardial score를 대상으로 분석하여 내흉동맥 도관의 혈류량과 상관관계가 있음을 보인 바 있다. 단순 우회도관에 비하여 연속 문합 우회도관을 통한 혈류량의 크기가 훨씬 높음은 본 연구에서뿐 아니라 우회도관의 혈류량을 연구한 대부분의 연구들<sup>1,10,17)</sup>에서 입증된 사실로써 이 역시 연속 문합 우회도관의 수혜 심근 및 run-off 정도가 크기 때문으로 설명할 수 있을 것이다. 수혜 심근의 크기나 관상동맥 run-off 정도에 비하여서는 덜 중요하지만 수혜 관상동맥의 직경도 혈류량에 영향을 미칠 수 있는 인자라고 생각되는데 그것은 동맥의 크기가 작을 수록 문합부위가 좁게 이루어질 가능성이 크고 run-off가 불량하기 때문일 것으로 생각된다.

심근 관류 스캔상 관류 결손의 존재 여부와 우회도관 혈류량간의 상관관계 유무를 분석하여 본 것은 스캔상 관류

결손의 존재는 심근 혈류 예비량이 감소되어 있다는 증거인 만큼 조영사진상 관찰되는 관상동맥 협착의 임상적 의미를 반영한다는 사실에 근거한 것이다. 즉 원위부 심근의 관류결손을 동반하는 관상동맥일 수록 그곳에 연결된 우회도관을 통한 혈류량의 요구가 더 많지 않을까 하는 가정을 바탕으로 한 것이었다. 그러나 통계적 분석 결과 아무런 상관관계를 발견할 수 없었는데 이것은 근위부 관상동맥의 협착 정도와 관계없이 일단 우회도관이 조성되면 수혜 관상동맥의 혈류는 거의 전적으로 우회도관에 의존하게 된다는 사실과 간접적으로 관계가 있을 것이라 추론된다. 결과에서 따로 밝히지는 않았지만 본 연구에서도 근위부 관상동맥 협착 정도를 별도의 독립 변수로 하여 분석하여 보았으나 우회도관 혈류량과의 상관관계를 발견할 수 없어서 이와 같은 추론을 뒷받침할 수 있었다.

하지만 수혜 심근의 생존능(viability)에 따라 우회도관의 혈류량이나 개존율에 대한 차이가 있음을 시사한 연구들<sup>4)</sup>도 있는 바 본 저자들도 연구 대상 환자수가 누적되면 심장 초음파 검사상의 심실벽 운동 양상이나 심근 관류 스캔 소견 등을 통하여 예측되는 심근 생존능과 우회도관 혈류량간의 상관관계 여부도 분석할 필요가 있다고 생각된다.

### 4. 우회도관 혈류량과 수술 성적과의 관계

Louagic<sup>3,18)</sup>의 연구 결과처럼 본 연구 대상에서도 수술후 조기 사망이나 심근경색의 발생과 같은 조기 성적을 우회도관 혈류량과 연관시킬 수 있는 증거는 발견하지 못하였다. 그것은 관상동맥 우회수술 후의 경과나 사망율 등은 상당 부분 환자의 수술전 상태와 심장 이외의 장기와 관련된 위험 인자에 의하여 영향을 받기 때문일 것이다.

그러나 장기 성적, 특히 우회도관의 개존율과는 우회도관의 혈류량이 상관 관계가 있을 것으로 예상되는 바 이는 여러 연구에서 이미 밝혀진 바이다. 우회도관의 혈류량이 클수록, 즉 혈류 속도가 빠를수록 복재정맥내의 내막 증식이 적음이 조직학적 연구들<sup>19,20)</sup>을 통하여 밝혀진 바 있고 Körfer<sup>5)</sup>는 수술후 평균 5개월에 시행한 조영술 추적 검사를 통하여 개통을 유지하고 있는 우회도관의 수술중 혈류량 평균치(78 ml/min)와 폐쇄된 우회도관의 혈류량 평균치(39 ml/min)간에 큰 차이가 있었고 특히 수혜 관상동맥의 직경이 2.5 mm 이상인 경우는 우회도관의 개존율이 100%, 1.5 mm 내외인 경우는 80.5%였던 반면 1 mm 이하인 경우는 전부 폐쇄되어 있었음을 보고하였다. Marco<sup>6)</sup>의 보고는 혈류량과 개존율과의 상관관계를 증명한 대표적 연구로써 수술후 1주일과 1년 후의 조영술 추적 검사를 바탕으로 수술중 측정된 혈류량이 40 ml/min 이하인 우회도관은 수술 직후 25%, 1년 후에는 36%가 폐쇄되어 있었으며 20 ml/min 이하였던 우회도관은

수술 직후 42%, 1년후 63%가 폐쇄되어 있음을 보여주었으며 Nitter-Hauge 등<sup>7)</sup>도 유사한 결과를 보고하였다.

이 연구는 심근 관류 스캔 소견으로 성적을 평가하였을 뿐 혈관 조영술을 통하여 직접 우회도관의 개존 여부를 확인한 것이 아니고 특히 우회도관이 폐쇄 혹은 협착되어 있더라도 관류 스캔상에서는 해당 심근 영역의 결손이 나타나지 않을 가능성도 많으므로 위의 보고들과 같은 결론을 내리는 것은 무리가 있다고 생각된다. 다만 혈류량이 20 내지 40 ml/min 이하인 우회도관의 지배 심근 영역에서 수술후 가역적 관류 결손이 나타나는 가능성이 높았다는 사실은 가능한한 각각의 우회도관의 혈류량이 40 ml/min 이상이 되도록 수술 전략을 수립하도록 권장한 상기 저자들의 의견을 뒷받침할 수 있는 소견이라 생각된다. 한편 혈류량이 높았던 우회도관의 지배 영역에서도 불량한 관류 소견이 종종 발견되었던 것은 수술중 측정된 혈류량 이외에도 우회도관의 원래 상태나 수술중 손상 여부, 수술후 항응고 요법의 종류나 시기, 당뇨나 고지질혈증 등과 같이 기존에 밝혀진 여러가지 인자들이 우회도관의 개존율에 복합적으로 영향을 미침을 간접적으로 시사하는 것이라 할 수 있다.

우회도관 혈류량 절대치와는 달리 fractional flow difference는 관류 스캔 소견과 상관관계가 없는 것으로 분석된 것은 혈류량 기대치가 작은 경우 즉 수혜 관상동맥의 run-off 및 지배 심근 영역이 적은 경우에는 우회도관의 개존 여부가 수술 후의 경과에 큰 영향을 미치지 않음을 시사하는 소견이 아닐까 추론할 수 있다. 그러나 정확한 분석을 위하여서는 우선 우회도관 혈류량 기대치가 정확하게 계산되어야 할 것이므로 본 연구에 대하여 지적할 수 있는 중요한 제한점을 극복할 필요가 있다. 그것은 우회도관의 혈류량에 영향을 미칠 수 있는 다른 인자들, 즉 전술한 바 있는 심근의 생존능 유무 이외에도 우회도관의 직경, 환자의 체격, 심실의 크기 및 비후 여부, 혈류량 측정시의 심박출량과 좌심실 내압, 투여 약물의 유무와 특성 등을 모두 고려하여야 한다는 것이다. 이것은 현실적으로 매우 어려운 만큼 향후 지속적인 연구를 통하여 관찰 대상 환자수가 누적되어야 이와 같은 제한을 극복하고 통계적으로 의미를 부여할 수 있는 결론을 내릴 수 있으리라 기대하고 있다.

### 5. 수술 전략에 대한 검토

본 연구 결과와 상기 고찰 부분에서 제시한 다른 연구 결과들을 요약하자면 관상동맥 우회도관의 혈류량을 결정하는 가장 중요한 인자는 수혜 관상동맥의 지배 심근 영역 및 run-off의 크기이며 우회도관의 혈류량 혹은 혈류 속도는 우

회도관의 개존율에 영향을 미치므로써 장기 성적을 결정하는 중요한 인자의 하나라는 것이다. 이를 바탕으로 수술시 고려하여야 할 사항으로 몇가지 사실을 추론할 수 있으리라 생각된다.

우선 우회도관 조성의 대상이 될 관상동맥(target coronary artery)을 결정함에 있어 협착을 가지고 있는 관상동맥이 지배하는 심근 영역의 크기를 최우선으로 고려하여야 할 것이다. 완전 심근 혈류 재건(complete myocardial revascularization)의 목적을 충분히 달성하여 환자의 예후 호전에 도움을 주기 위해서는 직경 1~1.5 mm인 작은 관상동맥이라도 지배 심근 영역의 면적이 클 경우에는 우회도관을 조성하여 주는 것이 바람직할 것이다. 만약 관상동맥의 직경이 작아서 우회도관의 혈류량이 작을 가능성이 우려되는 경우에는 연속 문합 방법을 적절히 이용하므로써 각각의 우회도관 혈류량이 40 ml/min 이상이 되도록 함으로써 개존율의 향상을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 한 동맥 영역내에 충분한 크기(graftable size)의 관상동맥 분지가 여러개 있는 경우에는 연속 문합을 이용하는 것이 한 우회도관이 지배하는 심근 영역의 크기를 증가시켜 충분한 우회도관의 혈류량을 확보하는데 더 바람직하리라 생각된다. 예를 들자면 myocardial value가 2인 좌심실 전벽(anterior wall)에 각각 근위부 협착을 가진 직경 1.5 mm 이상의 대각지가 두개 있는 경우나 myocardial value가 3인 좌심실 측벽(lateral wall)에 충분한 크기의 변연지가 여러개 있는 경우에는 각 분지마다 따로 우회도관을 조성하기 보다는 한 우회도관으로 연속 문합하여 주는 것이 각 우회도관의 개존율 향상에 도움이 되고 우회도관의 절약에도 도움이 되리라 사료된다.

그러나 연속 문합술의 사용에 대한 이론도 상당히 있는 바 그중에는 우회도관 혈류량의 연구에 근거한 것도 있다. Louagie 등<sup>1)</sup>의 연구에 따르면 비슷한 크기의 관상동맥 분지들에 연결한 경우를 비교하였을 때 두 개의 원위부 문합을 가진 한 개의 연속 문합 우회도관의 혈류량보다는 각각 단 순 문합으로 연결된 두 개의 우회도관들 혈류량의 합이 훨씬 높았다. 본 연구에서도 대각지와 좌전하행지에 연속 문합된 복재정맥 우회도관의 혈류량이 대각지와 좌전하행지에 따로 연결된 우회도관들 혈류량의 합계보다 의미있게 작았음을 보여 주었다. 이 사실을 바탕으로 추론하면 수혜 관상동맥의 내경이 충분히 크고 myocardial value도 4 이상으로 충분한 경우에 단순히 우회도관의 절약 목적으로 연속 문합술을 시행하는 것은 심근의 혈류 요구량을 충분히 충족시키지 못할 가능성을 생각할 수 있다. 따라서 대각지와 좌전하행지간이나 각각 영역이 다른 주요 분지간에 연속 문합술을 적용하는 데는 신중할 필요가 있지 않을까 생각된다.



## 결 론

본 연구에서는 수술중 측정된 관상동맥 우회도관을 통한 혈류량과 수술 전후 제반 인자들간의 상관관계 여부를 연구한 결과 우회도관이 지배하는 심근의 크기가 우회도관의 혈류량을 결정하는 가장 중요한 인자인 것으로 분석되었고 우회도관의 혈류량이 수술 직후의 조기 성적과는 관련이 없으나 심근 관류 스캔 소견으로 분석한 장기 성적과는 어느 정도 상관 관계가 있는 것으로 분석되었다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 관상동맥 우회수술을 통하여 완전 심근 혈류 재건의 목적을 충분히 달성하기 위해서는 수혜 관상동맥의 내경이 크지 않을지라도 지배 심근이 넓은 경우에는 우회도관을 조성하는 것이 필요하며 연속 문합술 등을 포함한 적절한 수술 전략의 적용으로 각 우회도관의 혈류량을 증가시키는 것이 바람직하리라는 결론을 얻었다. 또한 본 연구 결과는 수술중 측정된 우회도관의 혈류량 뿐 아니라 기타 많은 인자가 우회도관의 개존율과 장기 성적에 영향을 미칠 수 있음을 간접적으로 시사하여 적절하고 정확한 수술이외에도 수술 전후의 환자 관리중 우회도관의 개존율에 영향을 미치는 여러 요소들에 대한 관심이 필요함을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

1. Louagie YAG, Haxhe JP, Jamart J, Buche M, Schoevaerdts JC. *Intraoperative assessment of coronary artery bypass grafts using a pulsed Doppler flowmeter.* Ann Thorac Surg 1994;58:742-9
2. Canver CC, Dame NA. *Ultrasonic assessment of internal thoracic artery graft flow in the revascularized heart.* Ann Thorac Surg 1994;58:135-8
3. Louagie YA, Haxhe J, Buche M, Schoevaerdts J. *Intraoperative electromagnetic flowmeter measurements in coronary artery bypass grafts.* Ann Thorac Surg 1994;57:357-64
4. Sharma GV, Khuri SF, Folland ED, Barsamian EM, Parisi AF. *Prognosis for aorta-coronary graft patency. A comparison of preoperative and intraoperative assessments.* J Thorac Cardiovasc Surg 1983;85:570-6
5. Körfer R, Meurs G, Seifert D, Schmiel K, Spiller P, Bircks W. *Reliability of intraoperative flow measurements to determine early graft patency with simultaneous introduction of a new method for distal coronary artery run-off capacity.* J Cardiovasc Surg 1986;27:79-84
6. Marco VD, Barner HB, Kaiser GC, et al. *Operative flow measurements and coronary bypass graft patency.* J Thorac Cardiovasc Surg 1976;71:545-7
7. Nitter-Hauge S, Hall KV, Froysaker T. *Aortocoronary saphenous vein bypass graft: perioperative flow studies related to late graft patency.* Scand J Thorac Cardiovasc Surg 1978;12:235-9
8. Mohr FW, Matloff J, Grundfest W, et al. *Thermal coronary angiography: a method for assessing graft patency and coronary anatomy in coronary bypass surgery.* Ann Thorac Surg 1989;47:441-9
9. Siegel SB, White GH, Colman PD, Nelson RJ. *Intraoperative angioscopy for coronary bypass surgery.* J Card Surg 1995;10:210-20
10. Bandyk DF, Galbraith TA, Haasler GB, Almassi GH. *Blood flow velocity of internal mammary artery and saphenous vein grafts to the coronary arteries.* J Surg Research 1988;44:342-51
11. Hamby RI, Aintablian A, Wisoff BG, Hartstein ML. *Comparative study of the postoperative flow in the saphenous vein and internal mammary artery bypass grafts.* Am Heart J 1977;93:306-15
12. De Bono DP, Samani NJ, Spyt TJ, Hartshorne T, Thrush AJ, Evans DH. *Transcutaneous ultrasound measurement of blood-flow in internal mammary artery to coronary artery grafts.* Lancet 1992;339:379-81
13. Lust RM, Zeri RS, Spence PA, et al. *Effect of chronic native flow competition on internal thoracic artery grafts.* Ann Thorac Surg 1994;57:45-50
14. Seki T, Kitamura S, Kawachi K, et al. *A quantitative study of postoperative luminal narrowing of the internal thoracic artery graft in coronary artery bypass surgery.* J Thorac Cardiovasc Surg 1992;104:1532-8
15. Akasaka T, Yoshikawa J, Yoshida K, et al. *Flow capacity of internal mammary artery grafts: early restriction and later improvement assessed by Doppler guide wire.* J Am Coll Cardiol 1995;25:640-7
16. Cartier R, Dias OS, Pellerin M, Hebert Y, Leclerc Y. *Changing flow pattern of the internal thoracic artery undergoing coronary bypass grafting: continuous-wave Doppler assessment.* J Thorac Cardiovasc Surg 1996;112:52-8
17. O'Neill MJ Jr, Wolf PD, O'Neill TK, Montesano RM, Waldhausen JA. *A rationale for the use of sequential coronary artery bypass grafts.* J Thorac Cardiovasc Surg 1981;81:686-90
18. Louagie YAG, Haxhe JP, Jamart J, Buche M, Schoevaerdts JC. *Doppler flow measurement in coronary artery bypass grafts and early postoperative clinical outcome.* Thorac Cardiovasc Surgeon 1994;42:175-81
19. Rittgers SE, Karayannacos PE, Guy JF, et al. *Velocity distribution and intimal proliferation to autologous vein graft in dogs.* Circ Res 1978;42:792-801
20. Kennedy JH, Wieting DW, Hwang NHC, et al. *Hydraulic and morphologic study of fibrous intimal hyperplasia in autogenous saphenous vein bypass grafts.* J Thorac Cardiovasc Surg 1974;67:805-13

**=국문초록=**

본 연구는 관상동맥 우회수술중 측정된 우회도관의 혈류량을 결정하는 인자들을 분석함으로써 일반적으로 적용되고 있는 수술 전략의 의의를 검토하고자 하였다.

50명의 환자를 대상으로 관상동맥 우회수술중 transit-time ultrasound flowmeter를 이용하여 총 146개의 우회도관의 혈류량(graft blood flow; GBF)을 측정하였다. 수혜관상동맥의 내경, 해당 심근의 면적, 우회도관의 종류, 수술전 심근 관류 스캔 소견 등의 변수와 GBF간의 상관관계를 분석하고 수술 3개월후 시행한 심근 관류 스캔 소견과의 상관관계 여부를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 연속 문합된 복재정맥 우회도관의 GBF(평균 61.5 ml/min)가 내흉동맥(평균 42.5 ml/min)이나 단순 복재정맥 우회도관의 GBF(평균 46.9 ml/min)보다 의미있게 높았다( $p < 0.01$ ).
2. GBF와 myocardial value 및 수혜동맥의 내경 간에 유의할 만한 상관관계가 있었으며 심근 스캔상 관류결손의 유무와는 상관관계가 없었다.
3. 수혜동맥 내경이 1.5 mm 미만이거나 혹은 myocardial value가 2 미만인 경우에는 GBF가 유의하게 낮았다.
4. myocardial value가 같을 경우 수혜 관상동맥의 내경과 GBF간의 상관관계가 약하였던 반면 수혜동맥의 내경이 같을지라도 myocardial value가 클수록 GBF가 증가하였다.
5. GBF 측정치가 회귀분석을 통하여 구한 기대치보다 낮았던 경우와 기대치 이상이었던 경우를 비교하면 전자에서 수술후에 해당 심근영역에서 관류결손이 발견되는 비율이 유의하게 높았다(32.2% vs 15.1%,  $p < 0.05$ ).

이상의 결과는 관상동맥우회도관의 혈류량은 해당 심근 영역과 동맥계(run-off)의 크기에 의하여 주로 결정됨을 시사하는 것으로 내경 1~1.5 mm의 작은 관상동맥일지라도 지배하는 심근의 면적이 클 경우에는 우회도관을 조성하여 좁으므로써 심근 관류를 효과적으로 개선시킬 수 있고 완전 혈류재건(complete revascularization)의 목적을 달성할 수 있음을 확인시켜주는 것이라 할 수 있다. 특히 이런 경우 연속문합술을 이용함으로써 우회도관 근위의 혈류량을 증가시켜 장기 개통율의 향상을 기대할 수 있을 것이라 판단된다.

**중심단어:** 1. 관상동맥수술