

## 내유동맥의 골격화 채취는 흉골로의 혈류 감소 측면에서 과연 유리한가?: 골주사를 이용한 평가

백완기\* · 손국희\* · 김영삼\* · 김정택\* · 윤용한\* · 김광호\* · 최원식\*\*

### Is Skeletonized Internal Mammary Artery Harvesting better than Pedicled Harvesting in Respect of the Sternal Blood Flow?: An Estimation Using Bone Scan

Wan Ki Baek, M.D.\*, Kuk Hui Son, M.D.\*, Young Sam Kim, M.D.\*, Joung Taek Kim, M.D.\*  
Yong Han Yoon, M.D.\*, Kwang Ho Kim, M.D.\*, Wonsick Choe, M.D.\*\*

**Background:** One of the theoretical advantages of skeletonized internal mammary artery harvesting in coronary artery bypass surgery is to minimize the interruption of the sternal blood flow inevitably accompanied by internal mammary harvesting. A study using bone scan is designed to determine the effects of internal mammary artery harvesting technique on the sternal blood flow. **Material and Method:** From April 2002 to March 2003, 27 patients out of 48 patients who underwent the isolated coronary bypass surgery were enrolled into the study. The enrolled patients underwent bone scan in the preoperative period and postoperative period respectively. Bilateral internal mammary arteries were used in 8 patients (BIMA group) and single left internal mammary artery in 19 patients (LIMA group). The patients in LIMA group were divided into two groups: LIMA\_skel group, in whom left internal mammary artery was harvested in skeletonized fashion (n=12), and LIMA\_ped group, in whom left internal mammary artery was harvested in pedicled fashion (n=7). After the bone scan, the region of interest (ROI) was created on the left half of the sternum and the mirror image with the same pixel numbers was placed on the right half of the sternum. The mean counts per pixel on the left side of the sternum was compared with those on the right side and expressed as left to right ratio (L/R ratio). **Result:** In LIMA group, the L/R ratio decreased from  $94.6 \pm 4.1\%$  to  $87.9 \pm 6.9\%$  ( $p=0.003$ ) after the operation as compared to BIMA group, in which no change of the L/R ratio was observed. The changes of the L/R ratio in LIMA\_skel group and LIMA\_ped group were from  $95.3 \pm 4.2\%$  to  $88.3 \pm 7.7\%$  and from  $93.4 \pm 3.9\%$  to  $87.4 \pm 5.8\%$  respectively. The % changes in L/R ratio were  $-7.44 \pm 7.08$  in LIMA\_skel group and  $-6.17 \pm 9.08$  in LIMA\_ped group, which did not reach the statistical difference. **Conclusion:** Ipsilateral sternal blood flow is interrupted by internal mammary artery harvesting as evidenced by the decrease in L/R ratio after left internal mammary artery harvesting irrespective of the harvesting techniques. Skeletonized harvesting did not show superiority in respect to sternal blood flow as compared to pedicled harvesting.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2004;37:511-516)

\*인하대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Inha University

\*\*인하대학교 의과대학 핵의학교실

Department of Nuclear Medicine, College of Medicine, Inha University

† 이 논문의 내용은 제35차 대한흉부외과학회 추계학술대회에서 구연되었음.

‡ 본 연구는 1999년도 인하대학교 교내연구비 지원에 의함.

논문접수일 : 2003년 12월 2일, 심사통과일 : 2004년 3월 18일

책임저자 : 백완기 (400-711) 인천광역시 중구 신흥동 3가 7-206, 인하대병원 흉부외과

(Tel) 032-890-2127, (Fax) 032-890-3099, E-mail: wkbaek@imha.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

**Key words:** 1. Skeletonization  
2. Internal mammary artery  
3. Regional blood flow  
4. Coronary artery bypass

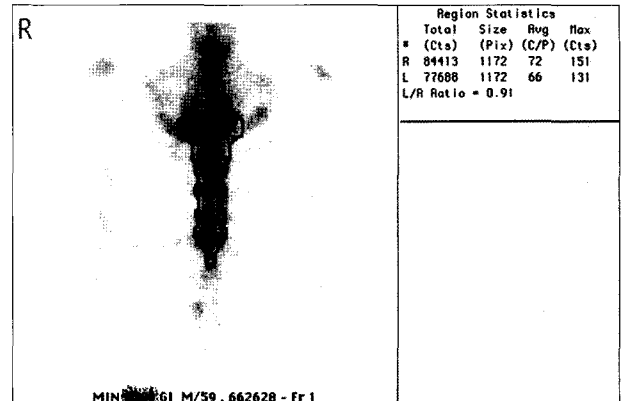
## 서 론

관상동맥 우회술에 있어 내유동맥편의 골격화 채취는 점점 보편화되고 있는 추세로 골격화 채취법의 이론적인 장점들의 하나는 골격화 채취가 내유동맥의 채취에 필연적으로 수반되는 흉골로의 혈류 공급의 감소를 최소화시켜 술 후 흉골감염 빈도의 감소를 기대할 수 있다는 것이다[1,2]. 특히 당뇨 환자들에서 양측의 내유동맥을 채취하였을 때 흉골 감염의 위험도가 높아 가급적 당뇨 환자들에서는 양측의 내유동맥의 채취를 피하는 경향인데, 골격화 채취를 하게 되면 당뇨 환자들에서도 추가적인 위험 없이 양측 내유동맥을 사용할 수 있다는 보고들도 최근 다수 발표되고 있다[2-4]. 저자들은 골 주사를 통한 흉골로부터의 방사능 동위원소의 흡수도 측정이 흉골로의 혈류 공급을 반영할 수 있다고 가정하고 전향적인 분석을 통해 이를 입증한 다음 이를 토대로 내유동맥편의 골격화 채취가 과연 흉골로의 혈류공급 측면에서 우수함을 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

2002년 4월부터 2003년 3월까지 약 1년 간 인하대병원에서 시행한 48예의 고립(isolated) 관상동맥우회술 환자 중 무작위로 선택한 27예에서 수술을 전후해 골 주사를 시행하여 그 결과를 분석하였다. 이 중 채취방법에 상관 없이 양측 내유동맥을 모두 사용한 군(BIMA group)은 8예였으며 좌측 내유동맥만을 사용한 군(LIMA group)은 19예로, 상기 19예 중 골격화 채취를 한 군(LIMA\_skel group)은 12예, 골격화 채취를 하지 않은 군(LIMA\_ped group)은 7예였다.

골 주사는 동일한 환자에서 수술 2~3일 전과 수술 후 제1병일째 동일한 방법으로 1회씩 모두 2회 시행하였다. Tc-99m-HDP (Hydroxydiphosphonate) 20 mCi를 정맥주사하고 3시간 후에 환자를 양와위 상태에서 Low energy high



**Fig. 1.** Illustrative picture of estimating sternal blood flow and calculation of L/R ratio by bone scan: an imaginary line was drawn along midline and border of the left half of the sternum and thus ROI (region of interest) was created. The mirror image with an equivalent pixel number was placed on the right side. The calculated mean number of the counts per pixel for each side of the sternum and L/R ratio were seen on the right upper corner of the picture.

resolution collimator를 장착한 gamma camera (Orbitor, Siemens)로 흉부를 촬영하였다. 촬영 후 분석은 환자의 임상 정보를 모르는 동일한 핵의학자가 하였다. 촬영된 흉부 영상에서 임의의 정중선을 기준으로 흉골의 우측 윤곽을 따라 가상선을 그려 관심영역(ROI: region of interest)을 설정한 후 흉골의 반대편 면에 동일한 화소 수를 가지는 대칭영상(mirror image)을 만들었다. 좌우의 관심영역(ROI)이 설정되면 각 관심영역의 화소당 평균 산출치(average count)를 택하여 좌우비(L/R ratio)를 산출하였다(Fig. 1).

통계처리에는 SPSS 11.0 for Windows를 사용하였다. 변수들의 평균치는 평균±표준편차로 표시하였으며 동일한 표본에서 산출되는 수술을 전후한 좌우비의 비교에는 Wilcoxon signed ranks test를, 범주형 변수(categorical variable)의 비교에는 Fishers exact test를, 그리고 좌우비의 변화도의 비교에는 Mann-Whitney test를 각각 사용하였다.

**Table 1.** The patient characteristics between BIMA and LIMA group

	BIMA (n=8)	LIMA (n=19)	p Value
Age (yrs)	56.1±11.3	59.4±10.3	NS
Sex (M/F)	5/3	11/8	NS
Extent of disease			NS
2 VD	1	4	
3 VD	5	13	
LMD	1	2	
EF (%)	59.3±11.3	52.0±13.6	NS
Unstable angina	6	13	NS
DM	0	7	0.07
No of graft	3.13±1.13	3.42±1.07	NS
ACC time (min)	98.2±27.3	111.6±31.0	NS
CPB time (min)	150.0±55.4	152±39.1	NS
Off pump	3	7	NS

BIMA=Bilateral internal mammary artery; LIMA=Left internal mammary artery; VD=Vessel disease; LMD=Left main disease; EF=Ejection fraction; DM=Diabetes mellitus; ACC=Aorta cross clamp; CPB=Cardiopulmonary bypass.

## 결 과

양측 내유동맥을 모두 사용한 BIMA군과 좌내유동맥만을 사용한 LIMA군의 수술에 관련된 변수들을 비교해 보았을 때 LIMA군의 환자 중 7예(36.8%)가 당뇨병환자임에 반해 BIMA군에서는 당뇨병환자는 한 명도 없었는데 이는 당뇨병환자들에서는 의도적으로 양측 내유동맥의 사용을 피했기 때문이다. 그 외 다른 변수들은 별 다른 차이를 보이지 아니하였다(Table 1). 좌내유동맥만을 사용한 환자들을 LIMA\_skel군과 LIMA\_ped군으로 나누어 비교하였을 때 좌심실구혈율은 LIMA\_skel군에서 낮은 편이었다. 또한 LIMA\_skel군의 환자 중 7예(58.3%)에서 심폐바이패스를 사용하지 않고 수술이 이루어진 반면 LIMA\_ped군은 전 예에서 심폐바이패스를 사용하였다. 그 외 다른 변수들은 별다른 차이를 보이지 아니하였다(Table 2).

수술을 전후한 좌우비의 변화를 살펴보았을 때 BIMA군에서는 이렇다 할 차이가 없었으나 LIMA군에서는 수술 전 94.6±4.1%에서 수술 후 87.9±6.9%로 통계적으로 유의한(p=0.003) 감소를 보였다(Fig. 2). LIMA군을 골격화 채취를 한 LIMA\_skel군과 정상 채취를 한 LIMA\_ped군으로 나누었을 때 LIMA\_skel군의 좌우비는 수술 전 0.95±

**Table 2.** The patient characteristics between LIMA\_skel and LIMA\_ped group

	LIMA_skel (n=12)	LIMA_ped (n=7)	p Value
Age (yrs)	58.6±11.4	60.7±8.7	NS
Sex (M/F)	6/6	5/2	NS
Extent of disease			NS
2 VD	3	1	
3 VD	9	4	
LMD	0	2	
EF (%)	46.6±13.6	61.3±7.5	0.04
Unstable angina	9	4	NS
DM	5	2	NS
No of graft	3.33±1.16	3.57±0.98	NS
ACC time (min)	123.8±38.1	104.7±26.8	NS
	(n=4)	(n=7)	
CPB time (min)	157.2±47.9	149.3±35.3	NS
	(n=5)	(n=7)	
Off pump	7	0	0.02

LIMA\_skel=Skeletonized left internal mammary artery; LIMA\_ped=Pedicled left internal mammary artery; VD=Vessel disease; LMD=Left main disease; EF=Ejection fraction; DM=Diabetes mellitus; ACC=Aorta cross clamp; CPB=Cardiopulmonary bypass.

0.04%, 수술 후 0.88±0.08%였으며(p=0.009) LIMA\_ped군의 좌우비는 수술 전 0.93±0.04%, 수술 후 0.87±0.06%였다(p=0.128). 상기 두 군의 수술을 전후한 좌우비는 변화는 Fig. 3과 같으며 감소 정도를 분율(% change)로 표시하였을 때 LIMA\_skel군은 -7.44±7.08, LIMA\_ped군은 -6.17±9.08로 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못하였다(p=0.711). 분율의 계산에 사용된 식은 아래와 같다.

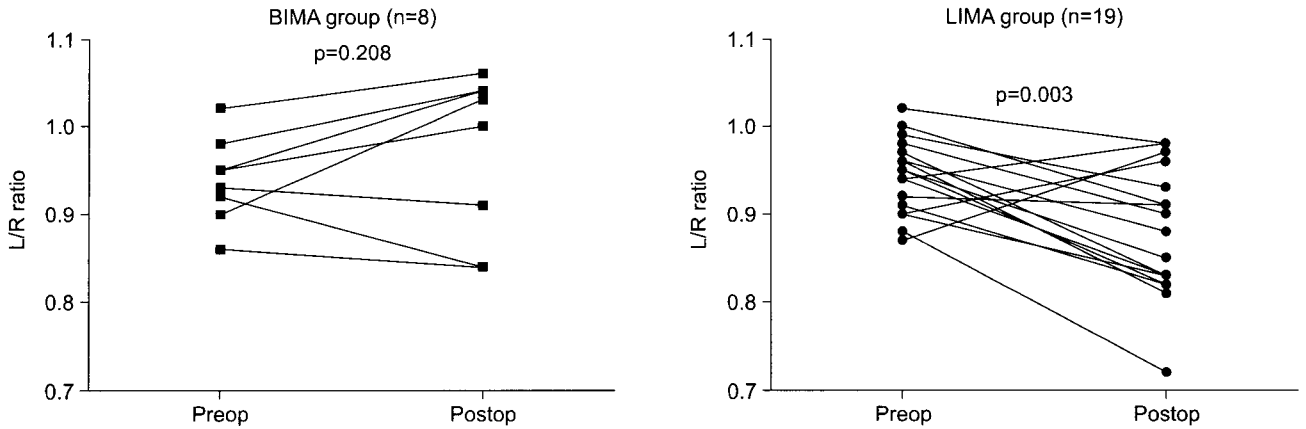
$$\% \text{ change} = 100 \times (L/R \text{ ratio}_{\text{postop}} - L/R \text{ ratio}_{\text{preop}}) / L/R \text{ ratio}_{\text{preop}}$$

L/R ratio<sub>preop</sub> (%) = 술 전 좌우비

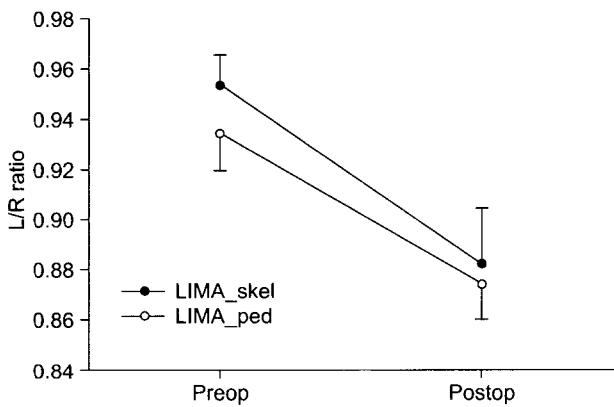
L/R ratio<sub>postop</sub> (%) = 술 후 좌우비

## 고 찰

관상동맥 수술 시 내유동맥의 채취는 일반적으로 동측의 흉골로의 혈류공급을 감소시켜 술 후 흉골 감염의 위험도를 증가시키는 것으로 알려져 왔다[6,7]. 양측 내유동맥을 모두 채취 시 수술 후 흉골 감염의 빈도는 두 배 이상 증가하며, 이는 특히 당뇨병환자들에서 문제가 되어[7,8]



**Fig. 2.** Changes of L/R ratio after the operation in BIMA and LIMA group: statistically significant decrease of L/R ratio was seen only in LIMA group.



**Fig. 3.** Changes of L/R ratio after the operation in LIMA\_skel and LIMA\_ped group.

가급적 당뇨 환자들에서는 양측의 내유동맥 사용을 피하는 것이 이제까지의 일반적인 경향이었다.

내유동맥의 골격화 채취는 일반적인 경상 채취(pedicled harvesting)에 비해 술식이 좀 더 까다롭고 시간도 더 소요되나 여러 이점이 있어 근래 들어 점차 보편화되고 있는 추세이다. 상기 이점들 중 하나는 골격화 채취를 통하여 흉골로의 혈류 감소를 줄일 수 있다는 것으로 de Jesus 등[1]은 사체를 가지고 시행한 흉골로의 부행 혈류의 해부학적 연구를 통하여 흉골로 혈류를 공급하는 내유동맥의 분지는 대흉근이나 인접 늑간 중 어느 한 쪽에 결가지를 내기도 하기 때문에 내유동맥의 박리 및 분지의 처리 시 가능한 한 내유동맥에 가깝게 잘라야 결가지가 손상되지 않아 이로부터 흉골로의 부행혈로의 생성을 기대할 수 있다는 흉골로의 혈류공급 측면에서 내유동맥의 골격화 채취의

장점에 대한 이론적인 근거를 제시하였다.

최근 임상 분석례들도 대체로 상기 근거에 상응하는 결과를 보여주고 있는데 Calafiore 등[2]은 양측 내유동맥을 사용하여 관상동맥우회술을 받은 환자 1146명을 대상으로 분석 결과, 술 후 전체 흉골 감염률은 2.5%로 경상(pedicled) 내유동맥 이식편을 사용한 군과 골격화 내유동맥 이식편을 사용한 군으로 나누어 보았을 때 술 후 흉골 감염률은 각각 4.5% 및 2.5%로 유의한 차이를 보이며, 당뇨 환자들만을 따로 모아 분석한 술 후 흉골 감염률은 경상 내유동맥 이식편을 사용한 군과 골격화 내유동맥 이식편을 사용한 군에서 각각 10% 및 2.2%로 명백한 차이를 보였다. 이준완 등[3]은 당뇨 환자 17명을 포함하는 환자 85명에서 골격화된 양측 내유동맥 이식편을 사용하여 3.5%의 흉골 감염률을 보고하고 있다. Matsa 등[4]의 보고에 따르면 골격화한 양측 내유동맥을 이용하여 관상동맥 우회술을 받은 환자 765명을 당뇨군과 비당뇨군으로 나누어 분석해 보았을 때 술 후 흉골 감염률은 각각 2.6% 및 1.7%로 별 다른 차이를 보이지 아니하였다. 다만 비만한 여자 당뇨 환자군에서는 술 후 흉골감염의 발생도가 15%나 되어 비만한 여자 당뇨 환자군에서는 양측 내유동맥의 사용을 권장하지 않고 있다. 본 연구에서는 대상 환자 수가 부족하여 Table 2의 범주형 비교에서 비만한 여자 당뇨 환자군을 따로 분류하지 않았음을 밝힌다.

골 주사 흡수도 평균 산출치(average count)의 절대값은 환자 개개인의 흉골의 크기와 계산을 위하여 저자들이 임의로 흉골의 윤곽을 따라 설정한 관심영역(ROI: region of interest)의 화소수에 좌우된다. 따라서 저자들은 산출치의 절대값을 비교하지 않고 흉골의 좌반면과 우반면의 산출

치의 비(L/R ratio)를 구하여 비교하는 연구방법을 고안하였는데 이 연구방법을 통하여 골격화 채취군과 비골격화 채취군 사이에 과연 차이가 있는가를 살펴보기에 앞서 과연 이 연구방법이 적절한 접근법인지 대조군과 좌내흉동맥만을 사용한 군(채취방법에 상관없이)과의 비교를 통하여 입증하여야 했다. 대조군으로는 아예 내유동맥을 사용하지 않은 환자군을 대상으로 할 수도 있었겠지만 양측 내유동맥을 모두 채취한 경우, 흉골의 좌반면 및 우반면 모두가 동일하게 혈류가 감소되며, 그 결과 좌우비에는 영향을 미치지 않을 것이라는 데 착안하여 양측 내유동맥을 모두 채취한 BIMA군을 대조군으로 선정하였다. 결국 BIMA군은 연구방법의 적절성을 평가하기 위한 대조군으로 BIMA군을 채취방법에 따라 골격화 채취군과 경상채취군으로 나누어 비교하는 것은 아무 의미가 없을 뿐 아니라 좌우비(L/R ratio) 역시 별다른 차이를 보이지 않을 것은 자명한 일이며 같은 맥락에서 BIMA군과 LIMA\_skel군 및 LIMA\_ped군을 동일 선상에서 비교하지 않았다.

본 연구의 결과, 저자들이 기대했던 바와 같이 양측 내유동맥을 모두 사용한 BIMA군에서 관심영역의 골주사 흡수치 좌우비(L/R ratio)의 수술을 전후한 변화는 미미한 반면, 좌내유동맥만을 사용한 LIMA군에서는 통계적으로 유의한 좌우비의 감소를 보여 내유동맥의 채취가 동측 흉골의 혈류 공급을 감소시켰을 뿐 아니라 상기 골주사를 이용한 좌우비의 산출 방법이 좌측이나 우측 어느 한쪽의 상대적인 흉골로의 혈류 변화의 측정에 유용함을 증명하였다. 그러나 LIMA군을 골격화 채취를 한 LIMA\_skel군과 경상 채취를 한 LIMA\_ped군 사이의 수술을 전후한 좌우비의 변화 정도는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못하여 골격화 채취가 경상채취보다 흉골로의 혈류 공급 면에서 유리할 것이라는 애초의 가정을 증명하지는 못하였는데 이는 Cohen 등[5]이 저자들과 유사한 방법을 사용하여 수술을 전후하여 흉골 혈류공급 상태를 어렵한 결과, 좌내유동맥의 골격화 채취군에서 경상 채취군에서보다 술 후 좌측 흉골의 혈류가 덜 감소하였다고 보고한 내용과 차이를 보인다. Cohen 등[5]은 술 후 4일째 골주사를 시행한 반면 저자들은 술 후 1일째 시행하였는데 술 후 급속히 형성될 흉골로의 부행혈로의 영향을 배제하기 위해서는 술 후 가능한 한 빨리 검사를 시행하

는 것이 유리하다고 생각되기 때문에 골주사의 시행 시점이 서로 상반된 결과에 영향을 미쳤으리라고는 생각되지 않는다. 다만 환자 수가 적으며, LIMA\_ped군은 전례에서 심폐바이패스하에서 수술이 진행된 반면 LIMA\_skel군은 반 수 이상의 환자가 심폐바이패스 없이 수술이 진행되어 각 환자 군들의 조건이 동일하다고 볼 수 없는 점이 본 연구의 제약으로, 골격화 채취군과 경상 채취군 사이에 술 후 흉골로의 혈류 공급 면에서 별 다른 차이가 없다는 성급한 결론을 내리기에 앞서 좀 더 많은 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. De Jesus RA, Acland RD. *Anatomic study of the collateral blood supply of the sternum.* Ann Thorac Surg 1995;59:163-8.
2. Calafiore AM, Vitolla G, Iaco AL, et al. *Bilateral internal mammary artery grafting: midterm results of pedicled versus skeletonized conduits.* Ann Thorac Surg 1999;67:1637-42.
3. Lee JW, Lee JW, Kim JW, et al. *Feasibility of off-pump coronary artery bypass grafting using bilateral skeletonized internal thoracic artery.* Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2003;36:728-33.
4. Matsa M, Paz Y, Gurevitch J, et al. *Bilateral skeletonized internal thoracic artery grafts in patients with diabetes mellitus.* J Thorac Cardiovasc Surg 2003;121:668-74.
5. Cohen AJ, Lockman J, Lorberboym M, Bder O, Cohen N, Medalion B, Schachner A. *Assessment of sternal vascularity with single photon emission computed tomography after harvesting of the internal thoracic artery.* J Thorac Cardiovasc Surg 1999;118:496-502.
6. Carrier M, Gregoire J, Trone F, Cartier R, Leclerc Y, Pelletier L. *Effect of internal mammary artery dissection on sternal vascularization.* Ann Thorac Surg 1992;53:115-9.
7. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, et al. *Sternal wound complications after isolated coronary artery bypass grafting: early and late mortality, morbidity and cost of care.* Ann Thorac Surg 1990;49:179-87.
8. Kouchoukos NT, Wareing TH, Murphy SF, Pelate C, Marshall WC. *Risks of bilateral internal mammary artery bypass grafting.* Ann Thorac Surg 1990;49:210-9.

=국문 초록=

배경: 관상동맥우회술 시 내유동맥편의 골격화 채취법의 이론적인 장점들의 하나는 골격화 채취가 내유동맥의 채취에 필연적으로 수반되는 흉골로의 혈류 공급의 감소를 최소화시킨다는 것이다. 저자들은 술 전과 술 후 각각 골주사를 통하여 좌측 및 우측 흉골로의 흡수율을 비교 분석하여, 술 후 내유동맥편의 채취 방법에 따른 흉골로의 혈류 감소의 차이를 증명하고자 하였다. 대상 및 방법: 2002년 4월부터 2003년 3월까지 시행한 48예의 관상동맥우회술 환자들 중 술 전 및 술 후 1일째 골주사를 시행한 27예의 환자를 대상으로 하였다. 8예의 환자에서 양측 내유동맥을 모두 사용하였으며(BIMA군), 19예의 환자에서 좌내유동맥만을 사용하였는데(LIMA군), 이 중 골격화 채취를 하여 사용한 환자가 12예(LIMA\_skel군), 정상 채취하여 사용한 환자가 7예(LIMA\_ped군)였다. 골주사를 시행 후 임의의 정중선을 기준으로 흉골의 좌측 부분에 관심 영역을 그리고 흉골의 반대편에 이 영역의 대칭영상을 만들어 또 하나의 관심 영역을 만든 후 각 관심 영역의 화소 당 평균 계산치를 택하여 좌우비를 산출하였다. 결과: LIMA군에서 좌우비는 수술 전  $94.6 \pm 4.1\%$ 에서 술 후  $87.9 \pm 6.9\%$ 로 감소한 반면 ( $p=0.003$ ), BIMA군에서는 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않아 좋은 대조를 보였다. LIMA\_skel군과 LIMA\_ped군에서의 좌우비는 각각 수술 전  $95.3 \pm 4.2\%$  및  $93.4 \pm 3.9\%$ 에서 술 후  $88.3 \pm 7.7\%$  및  $87.4 \pm 5.8\%$ 로 감소하였으나 감소 정도를 분율로 표시하였을 때 LIMA\_skel군이  $-7.44 \pm 7.08$ , LIMA\_ped군이  $-6.17 \pm 9.08$ 로 통계적인 유의성은 없었다. 결론: 술 후 흉골의 골주사 흡수의 감소는 내유동맥의 채취가 채취방법에 상관없이 동측의 흉골의 혈류 공급을 감소시킴을 시사하였다. 내유동맥의 골격화 채취가 비골격화 채취에 비하여 흉골의 혈류 공급의 보존 측면에서 월등한 이점을 보이지는 않았다.

- 중심 단어 : 1. 골격화  
2. 내유동맥  
3. 국소 혈류  
4. 관상동맥 우회술