

속가슴동맥 편 및 속가슴동맥-노동맥 복합이식편의 자유혈류

최종범* · 고광표* · 이미경* · 류대웅* · 이삼윤*

Free Flow in Internal Thoracic Artery and Internal Thoracic Artery-Radial Artery Composite Graft

Jong Bum Choi, M.D.*, Kwang Pyo Koh, M.D.*, Mee Kyung Lee, M.D.*
Dae Woong Ryu, MD.*, Sam Youn Lee, MD.*

Background: The Y-composite graft of internal thoracic artery and radial artery is commonly used in coronary bypass surgery. The aim of this study is to look for a way to raise the free flow of the internal thoracic graft and to see flow dynamics of the Y-graft. **Material and Method:** In 15 patients undergoing coronary bypass surgery, free flow of the in-situ internal thoracic artery graft was measured using two different papaverine application methods; extraluminal papaverine spray in 7 patients and intraluminal papaverine injection in 8. In 18 other patients for whom the Y-graft was used, total free flow and flow changes from the two ends were measured. **Result:** The free flow of the in-situ internal thoracic artery graft almost doubled with internal papaverine injection than with external papaverine spray (47.7 ± 9.6 mL/min vs. 100.8 ± 26.3 mL/min, $p < 0.001$). Total flow of the Y-composite graft was significantly more than either flow of the internal thoracic artery end or radial artery graft end (173.3 ± 45.3 mL/min vs. 121.1 ± 34.3 mL/min or 117.5 ± 42.8 mL/min). When both ends of the Y-composite graft were opened, free flows from the two ends were similar (85.4 ± 27.8 mL/min vs. 87.9 ± 42.4 mL/min, $p = 0.772$). The flow of one end of the Y-composite graft was increased significantly by clamping of the other-end than when both ends were opened. **Conclusion:** Intraluminal papaverine injection is very effective in raising free flow of the internal thoracic artery graft, and the free flow of the Y-composite graft of in-situ internal thoracic artery and free radial artery graft is more than that of the in-situ internal thoracic artery graft. The flow of one end flow of the Y-graft may be altered by the flow change of the other end.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2004;37:839-844)

Key words: 1. Coronary artery bypass
2. Internal thoracic artery
3. Radial artery
4. Conduits

*원광대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Wonkwang University School of Medicine, Iksan, Jeonbuk, Korea

† 이 논문 내용의 일부는 2003년 관상동맥외과 연구회에서 구연되었음.

‡ 이 논문은 2004년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행됨.

논문접수일 : 2004년 7월 23일, 심사통과일 : 2004년 9월 6일

책임저자 : 최종범, (570-711), 전북 익산시 신용동 344-2번지, 원광대학병원 흉부외과

(Tel) 063-850-1275, (Fax) 063-857-0252, E-mail: jobchoi@wonkwang.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

서 론

관상동맥우회 술에서 속가슴동맥이식편은 정맥이식편보다 장기 열림이 더 우수하고 수술 후 이환율과 사망률이 낮아서 반드시 이용된다[1-3]. 동맥이식편이 정맥이식편보다 장기 열림이 우수하다는 보고가 나오면서 속가슴동맥 외에 노동맥도 같이 이용되기 시작하였고, 특히 체외순환이 없는(off-pump) 관상동맥 우회 술에서 유리노동맥(free radial artery graft)을 속가슴동맥이식편에 붙여 만든 Y-복합이식편으로 여러 관상동맥 병변에 문합할 수 있어 대동맥을 손대지 않고도 수술할 수 있게 되었다[4]. Y-복합이식편으로 충분한 혈류를 얻을 수는 있으나[5,6], 속가슴동맥 편에서만 얻은 Y-복합이식편의 혈류가 좌 관상동맥계에 해당하는 모든 심근에 충분한지 의문이 생긴다. 저자들은 속가슴동맥 편외 파파베린 처치방법이 속가슴동맥 편외 혈류량에 영향을 줄 수 있는지를 알아보고, 속가슴동맥 편외 유리노동맥을 붙여 만든 Y-복합이식편의 자유 혈류량과 두 끝의 혈류의 변화를 알아보았다.

대상 및 방법

1) 대상 환자

관상동맥우회 술을 받은 33예(남 24예, 여 9예)를 대상으로 하였다. 이 중 15예(남 10예, 여 5예; 평균연령 58.5±8.6세)에서는 좌 속가슴동맥 편을 좌전하행지에 문합했고, 나머지 18예(남 14예, 여 4예; 평균연령 60.1±7.9세)에서는 속가슴동맥 편외 유리노동맥을 붙여 Y-복합이식편을 만들어 여러 관상동맥 병변의 원위부에 문합했다. 좌 팔에서 얻은 유리노동맥 편과 좌 속가슴동맥 편으로 Y-복합이식편을 만들었고, Y-복합이식편을 사용한 18예 중 14예에서는 체외순환 없이(off-pump), 나머지 4예에서는 체외순환 하(on-pump)에서 관상동맥우회 술을 하였다. 수술 전 시행한 속가슴동맥의 조영에서 쇄골상방의 속가슴동맥의 내경이 5-Fr 카테터 내경의 1.5배를 넘지 않은 경우는 연구 대상에서 제외하였다.

2) 속가슴동맥 편외 획득 및 처치

속가슴동맥 편만을 사용한 15예 중 7예에서는 속가슴동맥 편을 반골격화 방법으로 제6 늑간까지 박리하여 절단한 다음, 혈관 외부에만 희석된 파파베린 액(2 mg/1 mL 하트만 액)을 뿌리고 그 액을 적신 거즈로 덮었으며, 나머지 8예에서는 같은 방법으로 얻은 속가슴동맥 편외 혈관

내로 같은 농도의 파파베린 액을 주입하고 박동성의 혈압 하에서 혈관이 확장되도록 하였다. 이식편을 관상동맥에 문합하기 전에 속가슴동맥의 혈류량을 측정했고 파파베린 액을 혈관 내 주사한 8예에서는 속가슴동맥 편외 끝을 1.0인치 정도 더 절제하고 난 다음 혈류량을 다시 측정하였다. 50 mL 그릇에 10초 또는 15초 동안 모아서 이를 1분치로 환산하였다.

3) Y-복합이식편의 처치방법 및 혈류 변화

18예에서 좌 속가슴동맥 편을 반골격화로 박리하고 분리한 혈관 내로 파파베린 액을 주사한 다음 유리노동맥을 붙여 Y-복합이식편으로 만들었다. 좌측 팔에서 유리노동맥을 수확하여 파파베린과 니트로글리세린의 혼합액(papaverine 5 mg + nitroglycerin 2.5 mg + Bicarbonate 0.2 mL + Hartmann 300 mL + heparin 500 IU, pH=7.4)에 담갔으며 이를 좌 속가슴동맥 편외 아래 1/3 경계쯤(심막절개부위를 통과하는 지점)의 옆에 문합하고 두 끝을 클램프로 묶어 박동성의 혈압상태에 놔두었다. 관상동맥에 문합하기 전에 Y-복합이식편의 한 측을 막으면서 다른 측의 혈류량을 각각 측정하고 또 양측을 모두 열고 양측의 혈류량을 동시에 측정했다.

4) 통계처리

연속변수는 평균±평균편차로 나타냈고, SPSS 한글 7.5 프로그램의 대응 2-표본 비모수 검정(양쪽검증)으로 평균을 비교하였으며, 유의확률 0.05 이하를 유의수준으로 하였다. 또 비모수 상관분석 방법으로 복합이식편의 혈류의 상관관계를 조사하였다.

결 과

1) 속가슴동맥 편외 처치 방법에 따른 자유혈류량

파파베린 액으로 혈관 외부에만 처치한 7예에서 속가슴동맥 편외 자유혈류량은 분당 47.7±9.6 mL이었고, 파파베린 액을 혈관 내로 주사한 8예에서는 분당 100.8±26.3 mL으로 전자보다 약 2배 증가하였다(p<0.001). 후자의 8예에서 속가슴동맥 편외 끝 부분을 약 1.0인치 절단한 후 혈류량은 분당 127.0±40.2 mL로 절제 전보다 분당 약 26.5 mL 증가하였다(p=0.008) (Table 1). 체외순환 하에서 수술을 받은 12예(속가슴동맥 혈관 내로 파파베린 액을 주사한 8예와 Y-복합이식편을 이용한 4예)와 체외순환 없이 수술을 받은 14예(Y-복합이식편으로 체외순환 없이

Table 1. Free flow of internal thoracic artery on different preparations in patients with on-pump coronary bypass surgery

Preparations	ITA flow (mL/min)	p Value
Papaverine spray (n=7)	47.7±9.6	<0.001*
Intraluminal papaverine (n=8)	100.8±26.3	
Before excision of distal segment		
After excision of distal segment	127.0±40.2	0.016 [†]

Mean±SE; ITA=Internal thoracic artery; *=Nonparametric Mann-Whitney U test; [†]=Nonparametric Wilcoxon signed rank test.

Table 2. Comparison of internal thoracic artery flows after intraluminal papaverine treatment between on-pump CABG and off-pump CABG group

Groups	ITA free flow (mL/min)	p Value
On-pump CABG (n=12)	105.6±34.7	0.121
Off-pump CABG (n=14)	122.7±30.3	

Mean±SD; Nonparametric statistics (Mann-Whitney); ITA=Internal thoracic artery.

Table 3. Free flow of internal thoracic artery and radial artery in Y-composite grafts

ITA flow with/without RA closure (n=18)		
ITA1	121.1±34.3 mL/min	p <0.001
ITA2	85.4±27.8 mL/min	
Correlation coefficient=0.818 (p<0.001)		
RA flow with/without ITA closure (n=18)		
RA1	117.5±42.8 mL/min	p<0.001
RA2	87.9±42.4 mL/min	
Correlation coefficient=0.48 (p=0.043)		

Mean±SE; ITA=Internal thoracic artery; RA=Radial artery; ITA1= ITA flow with RA closure; ITA2=ITA flow without RA closure; RA1=RA flow with ITA closure; RA2=RA flow without ITA closure.

수술 받은 14예) 사이에 속가슴동맥 편 의 혈류량의 차이는 없었다(각각 분당 105.6±34.7 mL와 분당 121.7±30.3 mL; p=0.121). (Table 2)

2) Y-복합이식편의 혈류량

Y-복합이식편의 노동맥 측을 막고 열 때 속가슴동맥 측의 자유혈류량의 변화는 컸고(각각 분당 85.4±27.8 mL와

Table 4. Comparison of internal thoracic artery/radial artery flow and total flow of both sides in Y-composite grafts

ITA1 vs. Total Composite flow (n=18)		
ITA1	121.1±34.3 mL/min	p<0.001
Total	173.3±45.3 mL/min	
Correlation coefficient=0.501 (p=0.034)		
RA1 vs. Total Composite flow (n=18)		
RA1	117.5±42.8 mL/min	p<0.001
Total	173.3±45.3 mL/min	
Correlation coefficient=0.60 (p=0.009)		

Total=Y-graft flow without closure of two branches of the graft; ITA1=ITA flow with RA closure; RA1=RA flow with ITA closure.

Table 5. Comparison of internal thoracic artery and radial artery flow in Y-composite grafts

ITA1 vs. RA1 flow (n=18)		
ITA1	121.1±34.3 mL/min	p=0.742
RA1	117.5±42.8 mL/min	
Correlation coefficient=0.513 (p=0.029)		
ITA2 vs. RA2 flow (n=18)		
ITA2	85.4±27.8 mL/min	p=0.772
RA2	87.9±42.4 mL/min	
Correlation coefficient=-0.109 (p=0.668)		

ITA1=ITA flow with RA closure; ITA2=ITA flow without RA closure; RA1=RA flow with ITA closure; RA2=RA flow without ITA closure.

121.1±34.3 mL, p<0.001), 속가슴동맥 측을 막고 열 때 노동맥 측의 혈류량의 변화도 컸다(각각 분당 87.9±42.4 mL와 117.5±42.8 mL, p=0.007) (Table 3). Y-복합이식편의 양측을 모두 열어둔 상태에서 측정된 총 혈류량(분당 173.3±45.3 mL)은 노동맥 측을 막고 측정된 속가슴동맥

측의 혈류량(분당 121.1 ± 34.3 mL, $p < 0.001$)이나 속가슴동맥 측을 막고 측정된 노동맥 측의 혈류량(분당 117.5 ± 42.8 mL, $p < 0.001$)보다 훨씬 많았다(Table 4). 한 Y-복합이식편에서 다른 측을 막고 측정된 속가슴동맥 측의 혈류량과 노동맥 측의 것 사이에 차이가 없었고 양쪽이 동시에 열린 상태에서도 양 측의 혈류량 사이에도 차이가 없었다(Table 5).

고 찰

요사이 체외순환 없이 관상동맥우회 술을 하게 되면서 동맥 편만으로 수술하고자 속가슴동맥 편에 또 하나의 유리동맥 편을 붙여 Y- 또는 T-복합이식편을 만들어 사용한다[5]. 이 Y-복합이식편은 한 개의 속가슴동맥에만 혈류의 근간을 두고 있어서 그 속가슴동맥 편은 충분한 혈류를 가져야 한다. 이 속가슴동맥 편은 혈류는 처치 방법, 측정 방법 및 대상 환자의 크기, 인종, 민족에 따라 다를 수 있다. 한국인을 대상으로 좌 속가슴동맥 편을 처치방법에 따라 자유혈류량의 차이가 있다는 것을 보고한 바 있으나[7], 이 혈류량이 다른 보고들[8-10]의 혈류량보다 적어 저자들은 속가슴동맥 편을 충분히 올릴 수 있는 처치방법을 찾고자 하였다. 과거의 보고[7]에서 줄기 속가슴동맥 편(pedicled internal thoracic artery graft)의 외부에 파파베린 액을 처치하여 분당 평균 38.9 mL의 자유 혈류량을 얻었고, 혈관 내로 파파베린 처치를 하여 분당 평균 67.4 mL로 증가한 혈류량을 얻었다고 하였다. 또 주위 조직을 제거한 골격화된 속가슴동맥 편(skeletonized internal thoracic artery graft)의 외부에 파파베린 액을 처치한 후 자유혈류량은 줄기 속가슴동맥 편을 혈관 내에 파파베린 액을 주사한 경우의 혈류량과 비슷하므로 속가슴동맥 편을 골격화한다면 굳이 파파베린 액을 혈관 내로 주사할 필요가 없다고 하였다. 이번 연구에서는 속가슴동맥과 정맥만을 남긴 반골격화된 속가슴동맥 편(semi-skeletonized internal thoracic artery graft)의 외부에만 파파베린 액을 처치한 후의 자유혈류량은 과거의 골격화 이식편에 같은 처리한 경우와 비슷하였다. 더욱이 반골격화된 속가슴동맥 편을 혈관내로 파파베린 액을 주사한 후 자유혈류량은 분당 평균 100.8 mL로 약 2배 증가했으며, 이것은 일부 보고[5]의 혈류량과 거의 같다. 또 이 속가슴동맥 편에서 말단 약 1.0 인치를 절제한 후 그 혈류량은 분당 약 27 mL 더 증가하였다. 이것은 작은 내경과 많은 근육 층 때문에 혈관 저항이 높은 끝 부의 혈관을 제거한 결과라고 생각한다. 이번

연구의 자유혈류량은 일부보고[11]의 분당 127 mL와는 거의 같으나, 다른 보고들[9,10]의 분당 197~198 mL보다는 훨씬 적은 양이다. 이러한 차이는 대상 환자들의 인종 및 체격의 차이, 동맥편의 처치방법의 차이의 결과라고 생각한다. 양적인 결과에서 차이가 있으나, 속가슴동맥 편을 골격화하고 혈관 내에 파파베린 액을 주사함으로써 가장 많은 혈류량을 얻을 수 있을 수 있다는 사실도 이미 보고된 바이다[10].

속가슴동맥 편에 노동맥을 문합하여 만든 Y-복합이식편은 동맥 편만으로 관상동맥우회 술을 하고자 하는 경우에 자주 사용된다[12-14]. 한 개의 속가슴동맥에서 혈류를 얻는 Y-복합이식편으로 3-혈관의 모든 병변에 문합하기도 한다[15]. 따라서 Y-복합이식편의 혈류를 좌우하는 속가슴동맥 편을 혈류량을 미리 아는 것이 중요하고 그 복합이식편의 양 쪽 혈류량 및 각각의 변화를 아는 것도 중요하다. 이 연구에서 속가슴동맥 편 자체의 혈류량보다 Y-복합이식편의 혈류량이 더 많았고 다른 보고들[5,11]에서도 같은 결과를 보였다. 이러한 Y-복합이식편의 최대 잠재 혈류(maximum potential flow)가 속가슴동맥의 혈류보다 더 많은 이유는 한 측의 동맥 편을 열었을 때보다 양측을 다 열었을 때에 끝 부의 혈관 저항이 더 떨어지기 때문이라고 한다[5].

Y-복합이식편에서 노동맥편이 속가슴동맥 편보다 내경이 크고 저항이 더 낮아도 불구하고 복합이식편의 한 쪽만을 열어 켜 혈류량이 속가슴동맥의 혈류량과 차이가 없는 이유는 Y-복합이식편의 Y-분지 위의 속가슴동맥 내경이 노동맥 측보다 더 작아 결국 노동맥편의 혈류량은 분지 위쪽의 속가슴동맥의 작은 내경으로 혈류량이 결정되기 때문이라고 생각한다. Y-복합이식편의 한 측의 혈류량이 다른 측을 열고 막음에 따라 상당히 차이가 있다는 사실은 문합 후 한 쪽의 혈류 상경(관상동맥 병변의 정도와 심근의 혈류 요구 정도)에 따라 다른 쪽의 혈류량이 많이 달라질 수 있다는 것을 뜻한다. 한 보고[15]에서 두 개의 제자리동맥(in-situ arterial graft) 편을 사용하는 것이 Y-복합이식편을 사용하는 것보다 심근 허혈에 더 효과적이라고 하였다. 일부 보고에서 Y-복합이식편으로 심근의 허혈을 해결할 수 있다고 한 반면[5,6], 수술 후 양전자방출 단층촬영술(positron emission tomography)을 이용하여 심근 혈류를 연구한 다른 보고는 Y-복합이식편으로만 좌 관상동맥계의 심근에 충분한 혈류를 줄 수 없다고 하였다[15]. 또 Y-복합이식편은 속가슴동맥에 연축이 발생할 경우 관류저하 증후군(hypoperfusion syndrome)으로 수술 후 사망

할 수도 있다[16]. 대개의 경우 Y-복합이식편 중 속가슴동맥 측은 좌전하행지에 문합하고 노동맥 측은 회선지에 문합하게 된다[16]. 이때 근육이 많은 노동맥 편은 연축에 더 예민하여 좌전하행지에 문합된 속가슴동맥 측의 혈류에 영향을 줄 수 있다.

속가슴동맥 편 내경이 작으면 Y-복합이식편의 혈류량도 적어지므로 저자는 속가슴동맥의 내경이 쇄골 상방에서 5-Fr 카테터 내경의 1.5배 이하인 경우에는 Y-복합이식편을 만들지 않았다.

결론적으로 골격화한 속가슴동맥 편에 파파베린을 혈관 내 주사하여 처치함으로써 충분한 자유혈류를 얻을 수 있으며, 이 속가슴동맥 편에 유리노동맥을 붙여 Y-복합이식편을 만드는 경우 자유 혈류량은 더 증가하고 Y-복합이식편의 양 분지의 혈류량은 차이가 없으나 한 측의 혈류량은 다른 측의 저항에 따라 상당히 변할 수 있다고 생각한다.

결 론

속가슴동맥 편을 혈관 내에 파파베린 처치로써 자유혈류량을 더욱 늘릴 수 있고, 속가슴동맥 편에 유리노동맥을 문합한 Y-복합이식편으로 더 많은 혈류를 얻을 수 있어 Y-복합이식편은 관상동맥우회 술시 충분한 여유혈류를 가진 이식편이 될 수 있다. 그러나 Y-복합이식편의 양측을 두 관상동맥에 문합할 경우 한 측의 혈류량은 다른 측의 혈류량에 따라 영향을 받을 수 있다고 생각한다.

참 고 문 헌

1. Grondin CM, Campeau L, Lesperance J, Enjalbert M, Bourassa MG. *Comparison of late changes in internal mammary artery and saphenous vein grafts in two consecutive series of patients 10 years after operation.* Circulation 1984;70:1208-12.
2. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, et al. *Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events.* N Engl J Med 1986;314:1-6.
3. Lytle BW, McElroy D, McCarthy P, et al. *Influence of arterial coronary bypass grafts on the mortality in coronary reoperations.* J Thorac Cardiovasc Surg 1994;107:675-82.
4. Royse AG, Royse CF, Raman JS. *Exclusive Y graft operation for multivessel coronary revascularization.* Ann Thorac Surg 1999;68:1612-8.
5. Royse AG, Royse CF, Groves KL, Bus B, Yu G. *Blood flow in composite arterial grafts and effect of native coronary flow.* Ann Thorac Surg 1999;68:1619-22.
6. Markwirth T, Hennen B, Scheller B, Schafers HJ, Wendler O. *Flow wire measurements after complete arterial coronary revascularization with T-grafts.* Ann Thorac Surg 2001;71:788-93.
7. Choi JB, Lee SY. *Skeletonized and pedicled internal thoracic artery grafts: effect on free flow during bypass.* Ann Thorac Surg 1996;61:909-13.
8. Dregelid E, Heldal K, Resch F, Stangeland L, Breivik K, Svendsen E. *Dilation of the internal mammary artery by external and intraluminal papaverine application.* J Thorac Cardiovasc Surg 1995;110:697-703.
9. Mills NL, Bringaze WLIII. *Preparation of the internal mammary artery graft. Which is the best method?* J Thorac Cardiovasc Surg 1989;98:73-7.
10. Wendler O, Tscholl D, Huang Q, Schafers HJ. *Free flow capacity of skeletonized versus pedicled internal thoracic artery grafts in coronary artery bypass grafts.* Eur J Cardiothorac Surg 1999;15:247-50.
11. Speziale G, Ruvolo G, Coppola R, Marino B. *Intraoperative flow measurement in composite Y arterial grafts.* Eur J Cardiothorac Surg 2000;17:505-8.
12. Calafiore AM, Di Giammarco G, Luciani N, Maddestra N, Di Nardo E, Angelini R. *Composite arterial conduits for a wider arterial myocardial revascularization.* Ann Thorac Surg 1994;58:185-90.
13. Weinschelbaum EE, Gabe ED, Macchia A, Smimmo R, Suarez LD. *Total myocardial revascularization with arterial conduits: radial artery combined with internal thoracic arteries.* J Thorac Cardiovasc Surg 1997;114:911-6.
14. Chocron S, Etievent JP, Schiele F, et al. *The Y graft: myocardial revascularization with both internal thoracic arteries.* Evaluation of eighty cases with coronary angiographic assessment. J Thorac Cardiovasc Surg 1994;108:736-40.
15. Sakaguchi G, Tadamura E, Ohnaka M, Tambara K, Nishimura K, Komeda M. *Composite arterial Y graft has less coronary flow reserve than independent grafts.* Ann Thorac Surg 2002;74:493-6.
16. Jones EL, Lattouf OM, Weintraub WS. *Catastrophic consequences of internal mammary artery hypoperfusion.* J Thorac Cardiovasc Surg 1989;98:902-7.

=국문 초록=

배경 및 목적: 속가슴동맥 편과 유리 노동맥 편 Y-복합이식편은 관상동맥우회 술에 많이 이용된다. 이 연구의 목적은 속가슴동맥 편 혈류를 증가시킬 수 있는 방법을 찾고 Y-복합이식편의 혈류역학을 알고자 함이다. **대상 및 방법:** 관상동맥우회 술을 받은 15예에서 속가슴동맥 편을 두 가지 방법으로 처치하여 속가슴동맥 혈류량을 측정하였다. 7예에서는 혈관 외부에만 파파베린 액을 처치하였고 8예에서는 혈관 내로 파파베린 액을 주입하였다. 다른 18예에서는 속가슴동맥 편과 유리 노동맥 편으로 Y-복합이식편을 만들어 사용하였고 그 자유 혈류량과 두 분지의 혈류 변화를 조사하였다. **결과:** 속가슴동맥 편 혈관 내로 파파베린을 주사한 경우는 혈관외부에 파파베린을 처치한 경우보다 약 2배의 자유혈류량을 얻을 수 있었다(47.7 ± 9.6 mL/min와 100.8 ± 26.3 mL/min, $p < 0.001$). Y-복합이식편의 양측을 다 연 상태에서 총 자유혈류량은 속가슴동맥 측만을 열었을 때나 노동맥 측만을 열었을 경우보다 훨씬 많았다(173.3 ± 45.3 mL/min와 121.1 ± 34.3 mL/min 혹은 117.5 ± 42.8 mL/min, 각각 $p < 0.001$). Y-복합이식편의 양 분지를 다 연 경우 양측의 혈류량은 차이가 없었다(85.4 ± 27.8 mL/min와 87.9 ± 42.4 mL/min, $p = 0.772$). Y-복합이식편에서 한 측의 혈류량은 다른 측을 열 때보다 막을 때 훨씬 많았다. **결론:** 속가슴동맥 편 혈관 내에 파파베린 액을 주입하는 방법은 자유혈류량을 올릴 수 있는 매우 효과적인 방법이다. 속가슴동맥 편과 유리 노동맥 편 Y-복합이식편은 속가슴동맥의 단독 이식편보다 더 많은 자유혈류량을 보이며, Y-복합이식편의 한 측의 혈류량은 다른 측의 혈류량의 변화에 따라 변할 수 있다.

중심 단어 : 1. 관상동맥우회 술
2. 속가슴동맥
3. 노동맥
4. Y-복합이식편