

## 심장폐우회로 없이 시행하는 관상동맥우회술에서 혈관문합 시 우심실 기능의 변화

건양대학교 의과대학 마취통증의학교실, \*연세대학교 의과대학 마취통증의학교실

정성미 · 곽영란\* · 오영준\* · 박종택 · 박정민 · 홍용우\*

= Abstract =

### The Changes of Right Ventricular Function and Hemodynamic Parameters During Coronary Anastomosis in Beating Heart Surgery

Sung Mee Jung, M.D., Young Lan Kwak, M.D.\*, Young Jun Oh, M.D.\*  
Jong Taek Park, M.D., Jeong Min Park, M.D., and Yong Woo Hong, M.D.\*

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, College of Medicine, Konyang University, Daejeon, Korea,  
\*Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** Hemodynamic derangement during the displacement of the beating heart in off-pump coronary artery bypass graft surgery (OPCAB) might be related with right ventricular (RV) dysfunction. This study evaluated the influence of displacing and stabilizing the heart, for the anastomosis of coronary arteries, on hemodynamic alterations and RV function in patients undergoing OPCAB.

**Methods:** Twenty patients with triple vessel coronary artery disease underwent OPCAB using single pericardial sutures: a tissue stabilizer was included. The hemodynamic variables and right ventricular ejection fraction (RVEF) were obtained using a right-heart ejection fraction thermodilution pulmonary artery catheter after the induction of anesthesia, before and after anastomosis of each coronary artery and after sternal closure.

**Results:** No significant hemodynamic changes were observed during the displacement of the heart or the placement of a stabilizer on all of the coronary arteries, except the obtuse marginal artery (OM) before anastomosis. RVEF, left ventricular stroke work index (LVSWI), stroke volume index and cardiac index (CI) decreased and mean pulmonary artery pressure increased significantly whilst positioning the graft to the OM. Right ventricular volumes were not significantly changed, although central venous pressure and pulmonary capillary wedge pressure increased. Changing CI had a close relationship with LVSWI ( $r^2 = 0.537$ ,  $P < 0.05$ ) but not with RVEF ( $r^2 = 0.118$ ). These hemodynamic compromises recovered to baseline values after sternal closure.

**Conclusions:** The displacement of the beating heart for positioning during anastomosis of the graft to the OM caused significant hemodynamic instability and LV functional changes in addition to RV functional changes seemed to be responsible for hemodynamic derangements. (*Korean J Anesthesiol* 2003; 44: 646~653)

**Key Words:** Off-pump coronary artery bypass graft surgery; Right heart ejection fraction thermodilution pulmonary artery catheter; Right heart function.

논문접수일 : 2002년 11월 18일

책임저자 : 곽영란, 서울시 서대문구 신촌동 134, 연세의료원 마취통증의학교실, 우편번호: 120-752

Tel: 361-7224, Fax: 02-364-2951, E-mail: ylkwak@yumc.yonsei.ac.kr

서 론

심장폐우회로 없이 시행하는 관상동맥우회술(Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting, OPCAB)은 고식적인 관상동맥우회술과 달리 정상 체온에서 심근의 냉각이나 심정지액의 주입 없이 심장이 박동하는 상태에서 혈관을 문합하기 때문에 심장폐우회로에 의한 합병증을 피할 수 있다. 그러나 OPCAB동안 문합하고자 하는 관상동맥부위를 노출시키기 위해 박동하고 있는 심장의 위치를 이동시키고 수술 부위의 움직임을 제한하는 것은 심각한 혈액학적 변화와 그에 따른 심근허혈 및 좌심실작업수행능력의 저하를 초래할 수 있다.<sup>1,4)</sup>

OPCAB동안 나타나는 혈액학적 변화와 이에 대한 관리를 연구한 여러 논문들의 보고에 따르면 OPCAB에서 관상동맥 문합 시 양심실의 기능이 저하되며 이것이 혈액학적 변화를 유발하는 주요 기전인데, 그 중에서도 우심실압박에 의한 우심실의 이완기 장애가 중요한 역할을 한다고 한다.<sup>1,2)</sup> 그러나 기존 연구에서의 이러한 보고들은 추론일 뿐 우심실의 용적변화 및 우심실의 수축기능의 변화를 직접 측정하지 않았으며, 우심실 기능변화와 혈액학 상태 변화간의 상호인과관계에 대한 직접적 평가는 이루어지지 않았다.

본 연구는 삼혈관 관상동맥 질환으로 OPCAB을 시행 받는 환자에서 다중관 열회석식 우심실박출계수 측정용 폐동맥 카테터를 이용하여 문합하는 관상동맥부위에 따른 우심실의 용적 및 기능의 변화를 살펴보고 이 때 동반되는 혈액학적 변화와의 상호인과관계에 대해 분석하고자 하였다.

대상 및 방법

2001년 11월부터 2002년 1월까지 관상동맥 질환으로 OPCAB이 예정되었던 환자 21명을 대상으로 환자의 동의 하에 전향적 연구를 진행하였다. OPCAB을 예정하였으나 수술 도중 심폐우회술로 응급 전환한 환자 1명은 결과에서 제외하였다. 심근경색의 과거력이 있는 환자는 2예로 모두 전벽의 심근경색이었으며, 이 중 1명에서 전벽의 무운동증(akinesia) 소견을 나타내었다. 모든 환자에서 술 전 시행한 심조음파로 측정된 좌심실 박출계수가 40% 이상이었으며, 좌심실이나 우심실 부전으로 진단 받은 환자는 없었다(Table 1).

모든 환자들에게 전투약제로 morphine 0.05-0.1 mg/kg을 마취 시작 1시간 전 근주하였다. 환자가 수술실에 도착한 후 심전도를 부착하여 II와 V<sub>5</sub> 유도를 지속적으로 감시하였으며, 혈액학적 감시와 동맥혈가스 분석을 위해 우측 요골동맥에 20 gauge 도관을 삽관하였다. 탐지기가 부착되어 있는 다중관 열회석식 우심실 박출계수 측정용 폐동맥카테터(Swan-Ganz Right-Heart Ejection Fraction Thermodilution Catheter Model 431HF75<sup>®</sup>, Baxter healthcare, USA; REF 카테터)를 우측 내경정맥을 통해 삽입하였다. REF 카테터는 근위구의 압력과형곡선이 우심실압력을 나타내는 지점까지 진행시킨 후 다시 우심방압력이 나타나는 지점까지 2-3 cm 후퇴시킨 부위에 거치하였다. 심박수를 감지하기 위한 전극을 우측 상체에 붙이고 REF 카테터의 근위구와 원위구에 각각 전극을 접속하여 심박출량과 우심실 박출계수 계산용 컴퓨터(Explor System<sup>®</sup>, Baxter healthcare, USA)에 연결하였다. 심박출량과 우심실 박출계수는 4°C 생리식염수 10 ml를 REF 카테터의 근위구에 신속히 3회 주입하여 열회석법으로 측정하였다.

Midazolam 2.0-3.0 mg, fentanyl 10-20µg/kg 및 vecuronium 8 mg를 정주하여 마취유도한 후 기관내삽

Table 1. Demographic Data

Variable	Number	%
Age (yr)	63.5 ± 7.3*	
Sex (M/F)	18/2	90/10
Left ventricular ejection fraction (%)	61.1 ± 9.2*	
Segmental wall motion abnormality		
Hypokinesia	10	50
Akinesia	1	5
Preoperative medication		
Beta-blocker	19	95
Calcium channel antagonist	19	95
ACE inhibitor	8	40
Diuretic	1	5
Comorbid risk factor		
Hypertension	9	45
Diabetes mellitus	5	25
Previous myocardial infarction	2	10
Transient ischemic accident	2	10

\*The number is expressed mean ± SD.

관을 시행하였고, 산소-의료용 공기-isoflurane (0.5 MAC 이하) 흡입과 fentanyl을 간헐적으로 정주하여 마취유지를 하면서 혈중 이산화탄소분압이 30-35 mmHg가 되도록 조절호흡을 시행하였다. 수액과 약물투여를 위해 좌측외경정맥에 중심정맥 카테터를 거치한 후, 심근허혈과 관상동맥연축 예방을 위해 isosorbide dinitrate 0.5µg/kg/min을 지속 정주하였다. 경식도심초음파 소식자를 삽입하여 좌심실 유두근이 보이는 단축면상(transgastric short-axis view at the mid-papillary level)에서 술 중 부분심벽운동이상과 심실의 이완기능을 감시하였으며, 심장이동에 의해 심실이 압박되어 초음파영상관찰이 곤란한 경우에는 4심방상(four chamber view)을 통해 감시하였다. 또한 환자의 체온을 유지하기 위해 수술실의 온도를 20°C 이상 유지하고 수액을 가온하거나 가습기를 호흡기회로에 부착하였다.

정중흉골 절개 후 우회로로 사용할 이식혈관을 박리하는 동안 심장의 전부하를 유지하기 위해 수액을 평균 1000-1500 ml를 정주하였다. 좌측 내유동맥을 박리한 다음 Octopus 심장고정기(Octopus Tissue Stabilization System<sup>®</sup>, Medtronic, USA)를 부착하기 전 heparin 1 mg/kg를 정주하여 활성혈액응고시간이 250초 이상 유지되도록 하였다. 효과적으로 심첨부를 거상하고 심장측벽을 노출시키기 위해 심막사동후면의 좌측과 우측 하폐정맥 사이에 심낭봉합사를 거치한 다음, 너비 약 2 cm 가량의 테이프를 반으로 접어 연결하였다. 이 테이프를 사용하여 문합할 혈관에 따라 다양한 방향과 각도로 심장을 이동하여 관상동맥부위를 노출시킨 다음 Octopus 심장고정기를 부착하였다.

심장을 이동하는 동안 평균동맥압이 60 mmHg 이하로 지속적으로 감소하거나 심근허혈을 시사하는 심전도와 경식도심초음파 소견이 나타날 경우, 두부를 10-20° 하강시키고 수액과 norepinephrine을 점적 주입하였다. 혈액학적 안정 상태에 도달하고 심근허혈의 소견이 없음을 확인한 후 관상동맥문합을 시작하였으며, 문합 중 혈관폐색용 카테터(Florestor<sup>®</sup>, Bio-Vascular, USA)를 단락(shunt)으로 사용하였다. 관상동맥 문합은 좌전하행동맥, 둔각변연동맥(좌측회선동맥의 분지), 우측관상동맥 순서로 시행하였다. 관상동맥문합 중 수액부하와 약물치료에도 불구하고 평균동맥압이 50 mmHg 이하로 유지되거나, ST 분절이 4 mm 이상 변화하여 지속되는 경우, 제세동에 반응하지 않는 심실세동이 발생하거나, 허혈을 시사하는 심벽운동이상이 지속될 경우 심장

폐우회로로 응급 전환하였다.

혈역학적 변수는 마취유도 직후(기저치), 각 관상동맥에서 심장을 이동하고 Octopus 심장 고정기를 부착한 상태에서 문합 전과 후 및 흉골 봉합 후에 측정하였다. 측정 변수들은 심박출량, 우심실 박출계수, 심박수, 평균동맥압, 평균폐동맥압, 중심정맥압, 폐모세혈관쇄기압, 이완기말과 수축기말 우심실용적이었으며, 이를 이용하여 전신 및 폐혈관저항, 일회심박출지수, 좌심실과 우심실의 일회박출작업량지수를 계산하였다. 각 시기별 ST 분절변화와 심혈관계 약물 요구량을 기록하였다.

모든 측정치는 평균 ± 표준편차로 나타내었다. 기저치에 대한 각 문합시기별 측정치의 통계 비교는 반복 측정분산분석을 이용하였다. 혈액학적 변수의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient와 선형회귀분석을 이용하여 분석하였다. P값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의하다고 간주하였다.

## 결 과

20명의 환자에서 총 53개의 혈관을 문합하여 평균 2.7 ± 0.5개의 우회혈관을 연결하였다(Table 2). 술 전 경흉부심초음파로 측정된 평균 좌심실 박출계수는 61.1 ± 9.2%였고, 환자의 50%에서 경도의 심근운동저하소견을 나타내었다(Table 1). 환자의 95%에서 술 전 베타차단제와 칼슘길항제를 복용하고 있었다. OPCAB 예정 환자 중 1예에서 심낭봉합사를 거치하기 위해 심장을 이동하는 동안 저혈압 및 전체심근의 운동이상과 좌심실확장이 발생하여 수술 중 심장폐우회술로 응급 전환하였다.

문합부위별 혈액학적 변수의 변화를 보면 좌전하행동맥은 문합 직전 평균폐동맥압과 중심정맥압이 유의

Table 2. Operative Data and Outcome

Variables	
Number of graft (n)	2.7 ± 0.5
Duration of surgery (min)	241.2 ± 27.1
Anastomosis time (min)	91.5 ± 31.2
Duration of intubation in ICU (h)	14.4 ± 3.4
Length of ICU stay (d)	2.3 ± 0.5

All Values are expressed as mean ± SD. ICU: Intensive Care Unit.

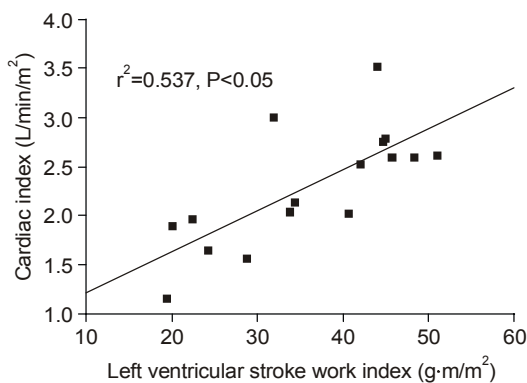
Table 3. Hemodynamic Data during Coronary Artery Graft Anastomosis

Variable	LAD (n = 20)						DX (n = 6)						OM (n = 15)						RCA (n = 12)						Sternal closure
	Postinduction		Before		After		Before		After		Before		After		Before		After		Before		After				
HR	56 ± 5	58 ± 7	55 ± 7	58 ± 7	61 ± 7	61 ± 7	57 ± 7	57 ± 7	56 ± 7	56 ± 7	64 ± 8*	62 ± 10	62 ± 10	71 ± 10*	71 ± 10*	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8			
MAP	78 ± 9	78 ± 11	74 ± 6	75 ± 10	66 ± 9*	66 ± 9*	81 ± 9	81 ± 9	73 ± 7 <sup>†</sup>	73 ± 7 <sup>†</sup>	77 ± 11	70 ± 6	70 ± 6	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8	76 ± 8			
MPAP	17 ± 3	24 ± 5*	21 ± 5* <sup>†</sup>	17 ± 4	16 ± 4	16 ± 4	22 ± 5*	22 ± 5*	19 ± 6* <sup>†</sup>	19 ± 6* <sup>†</sup>	20 ± 5	19 ± 5	19 ± 5	17 ± 3	17 ± 3	17 ± 3	17 ± 3	17 ± 3	17 ± 3	17 ± 3	17 ± 3	17 ± 3			
CVP	7.1 ± 2.3	10.4 ± 2.6*	9.5 ± 3.2*	8.3 ± 1.9	6.5 ± 3.4	6.5 ± 3.4	11.2 ± 3.7*	11.2 ± 3.7*	10.3 ± 4.5*	10.3 ± 4.5*	10.6 ± 2.7*	8.7 ± 1.6 <sup>†</sup>	8.7 ± 1.6 <sup>†</sup>	8.5 ± 2.0	8.5 ± 2.0	8.5 ± 2.0	8.5 ± 2.0	8.5 ± 2.0	8.5 ± 2.0	8.5 ± 2.0	8.5 ± 2.0	8.5 ± 2.0			
PCWP	12.4 ± 3.0	16.5 ± 3.0	15.6 ± 4.0	13.1 ± 3.2	12.5 ± 4.4	12.5 ± 4.4	16.3 ± 3.5*	16.3 ± 3.5*	13.4 ± 3.3 <sup>†</sup>	13.4 ± 3.3 <sup>†</sup>	14.2 ± 3.3	12.5 ± 4.5	12.5 ± 4.5	12.7 ± 2.7	12.7 ± 2.7	12.7 ± 2.7	12.7 ± 2.7	12.7 ± 2.7	12.7 ± 2.7	12.7 ± 2.7	12.7 ± 2.7	12.7 ± 2.7			
CI	3.0 ± 0.6	3.0 ± 0.8	3.0 ± 0.6	2.9 ± 0.8	3.3 ± 0.8	3.3 ± 0.8	2.3 ± 0.6*	2.3 ± 0.6*	2.5 ± 0.6*	2.5 ± 0.6*	2.8 ± 0.7	2.8 ± 1.0	2.8 ± 1.0	3.0 ± 0.9	3.0 ± 0.9	3.0 ± 0.9	3.0 ± 0.9	3.0 ± 0.9	3.0 ± 0.9	3.0 ± 0.9	3.0 ± 0.9	3.0 ± 0.9			
SI	54.9 ± 12.0	54.9 ± 18.5	55.4 ± 14.8	51.8 ± 15.5	56.4 ± 13.9	56.4 ± 13.9	41.4 ± 12.2*	41.4 ± 12.2*	44.4 ± 13.3*	44.4 ± 13.3*	46.5 ± 15.4	48.1 ± 15.7	48.1 ± 15.7	43.0 ± 13.9*	43.0 ± 13.9*	43.0 ± 13.9*	43.0 ± 13.9*	43.0 ± 13.9*	43.0 ± 13.9*	43.0 ± 13.9*	43.0 ± 13.9*	43.0 ± 13.9*			
LVSWI	48.1 ± 10.4	47.8 ± 21.4	44.2 ± 12.8	45.0 ± 17.9	41.7 ± 14.4	41.7 ± 14.4	36.0 ± 10.5*	36.0 ± 10.5*	35.8 ± 12.1*	35.8 ± 12.1*	39.4 ± 12.8	37.3 ± 12.5*	37.3 ± 12.5*	37.3 ± 13.5*	37.3 ± 13.5*	37.3 ± 13.5*	37.3 ± 13.5*	37.3 ± 13.5*	37.3 ± 13.5*	37.3 ± 13.5*	37.3 ± 13.5*	37.3 ± 13.5*			
RVSWI	6.9 ± 2.2	9.8 ± 4.3*	8.1 ± 2.3	6.4 ± 4.0	6.6 ± 2.8	6.6 ± 2.8	5.7 ± 3.0	5.7 ± 3.0	5.4 ± 1.9*	5.4 ± 1.9*	5.5 ± 2.7	6.4 ± 3.7	6.4 ± 3.7	5.6 ± 2.8	5.6 ± 2.8	5.6 ± 2.8	5.6 ± 2.8	5.6 ± 2.8	5.6 ± 2.8	5.6 ± 2.8	5.6 ± 2.8	5.6 ± 2.8			
RVEF	38.5 ± 6.3	34.5 ± 8.1	37.4 ± 8.9	37.0 ± 6.8	37.6 ± 5.7	37.6 ± 5.7	32.0 ± 7.4*	32.0 ± 7.4*	34.7 ± 7.9	34.7 ± 7.9	35.5 ± 9.3	39.5 ± 7.9	39.5 ± 7.9	37.3 ± 8.3	37.3 ± 8.3	37.3 ± 8.3	37.3 ± 8.3	37.3 ± 8.3	37.3 ± 8.3	37.3 ± 8.3	37.3 ± 8.3	37.3 ± 8.3			
SVR	1118 ± 293	1029 ± 269	1066 ± 268	1087 ± 270	842 ± 187	842 ± 187	1486 ± 479*	1486 ± 479*	1220 ± 287	1220 ± 287	1117 ± 374	1150 ± 724	1150 ± 724	1131 ± 401	1131 ± 401	1131 ± 401	1131 ± 401	1131 ± 401	1131 ± 401	1131 ± 401	1131 ± 401	1131 ± 401			
PVR	69 ± 43	115 ± 59*	84 ± 45 <sup>†</sup>	74 ± 60	61 ± 40	61 ± 40	126 ± 88*	126 ± 88*	106 ± 62*	106 ± 62*	95 ± 69	111 ± 58	111 ± 58	75 ± 43	75 ± 43	75 ± 43	75 ± 43	75 ± 43	75 ± 43	75 ± 43	75 ± 43	75 ± 43			
RVEDV	247 ± 60	293 ± 83*	288 ± 84	267 ± 27	307 ± 65	307 ± 65	218 ± 89	218 ± 89	220 ± 82	220 ± 82	205 ± 72	198 ± 78	198 ± 78	187 ± 46*	187 ± 46*	187 ± 46*	187 ± 46*	187 ± 46*	187 ± 46*	187 ± 46*	187 ± 46*	187 ± 46*			
RVESV	146 ± 47	192 ± 61*	177 ± 65	172 ± 29	198 ± 54	198 ± 54	152 ± 76	152 ± 76	146 ± 66	146 ± 66	125 ± 51	121 ± 48	121 ± 48	118 ± 33	118 ± 33	118 ± 33	118 ± 33	118 ± 33	118 ± 33	118 ± 33	118 ± 33	118 ± 33			

Values are expressed as mean ± SD. OM: obtuse marginal artery, LAD: left anterior descending artery, DX: diagonal artery, RCA: right coronary artery, MAP: mean arterial pressure (mmHg), MPAP: mean pulmonary arterial pressure (mmHg), CVP: central venous pressure (mmHg), PCWP: pulmonary capillary wedge pressure (mmHg), CI: cardiac index (L/min/m<sup>2</sup>), SI: stroke index (ml/beat/m<sup>2</sup>), LVSWI: left ventricular stroke work index (g · m/m<sup>2</sup>), RVSWI: right ventricular stroke work index (g · m/m<sup>2</sup>), RVEF: right ventricular ejection fraction (%), SVR: systemic vascular resistance (dyne · sec/cm<sup>5</sup>), PVR: pulmonary vascular resistance (dyne · sec/cm<sup>5</sup>), HR: heart rate (beats/min), RVEDV: right ventricular end diastolic volume (ml), RVESV: right ventricular end systolic volume (ml), P < 0.05: \* vs postinduction, † vs before anastomosis (baseline).

하게 증가하였으나 심박출지수나 우심실 박출계수는 유의한 변화가 없었다. 이완기말과 수축기말 우심실용적 및 폐혈관저항이 증가하였으나 문합 후 기저치로 회복되었다. 대각선분지동맥과 우측관상동맥에서는 문합 전, 후 유의한 우심실기능과 혈액학적 변수의 변화가 없었다. 우심실 박출계수는 좌전하행동맥 문합 시와 흉골 봉합 후를 제외하고는 심박출지수와 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

둔각변연동맥에 이식혈관을 문합하기 직전 일회심박출지수(26%)와 심박출지수(23%)가 기저치에 비해 유의하게 감소되었고, 평균폐동맥압, 중심정맥압 및 폐모세혈관폐기압은 유의하게 증가되었다. 전신혈관저항(25%)과 폐혈관저항(45%) 또한 유의하게 증가하였다. 좌심실 일회박출작업량지수는 36% 감소하였으나, 우심실 일회박출작업량지수는 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 3). 이 때 심박출지수와 좌심실 일회박출작업량지수 사이에는 유의한 상관관계가 성립하였으나(Fig. 1,  $r^2 = 0.537, P < 0.05$ ), 수축기말 및 이완기말 우심실용적은 유의한 변화가 없었다. 우심실 박출계수가  $38.5 \pm 6.3\%$ 에서  $32.0 \pm 7.4\%$ 로 유의하게 감소되었으나, 우심실 박출계수의 감소는 심박출지수와 유의한 상관관계를 나타내지 않았다(Fig. 2,  $r^2 = 0.118$ ). 둔각변연동맥의 문합 직후 우심실 박출계수는 기저치로 회복되었으나, 일회심박출지수, 좌심실 일회박출작업량지수 및 심박출지수는 여전히 유의하게 감소되어 있었다.



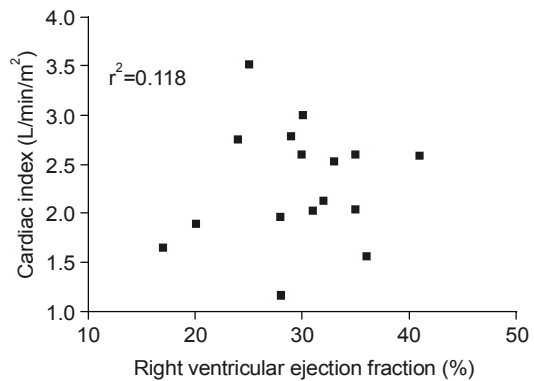
**Fig. 1.** There was a close relationship between the change of left ventricular stroke work index and cardiac index ( $r^2 = 0.537, P < 0.05$ ) when the heart was positioned for the anastomosis of obtuse marginal artery in linear regression analysis.

평균동맥압을 유지하기 위해 둔각변연동맥 문합동안 45%의 환자에서 norepinephrine 점적 주입이 필요하였으며, norepinephrine 요구량 또한 다른 관상동맥에 비해 증가되어 있었다.

각 관상동맥에서 문합 직전과 직후에 유의한 ST 분절이나 심장리듬의 변화는 없었다. 술 전 관찰된 부분 심벽운동이상 소견이 혈관문합 후 대부분 호전되었으며, 응급 심장폐우회술로 전환한 1명을 제외하고 수술 중 부분심벽운동이상이 새로 관찰된 경우는 없었다.

흉골 봉합 후 일회심박출지수와 좌심실 일회박출작업량지수는 기저치에 비해 유의하게 감소되어 있었으나, 심박출지수는 유지되었다. 이는 흉골 봉합 후 서맥이 동반된 11명(55%) 환자에서 심방조율을 하여 심박수가 유의하게 증가하였기 때문이다. 또한 이완기말 우심실용적이 유의하게 감소하였으나, 수축기말 우심실용적은 유의한 변화가 없었다.

술 후 3명(15%)의 환자에서 creatinine phosphokinase-MB가 50 IU/L 이상 증가하였으나, 심전도에서 새로운 Q파나 ST분절의 상승은 관찰되지 않았다. 그의 신경학적 합병증이나 저심박출 상태(심박출지수  $< 2 \text{ L/min/m}^2$ ) 및 신기능 저하소견을 보인 환자는 없었다.



**Fig. 2.** There was no significant relationship between the change of right ventricular ejection fraction and cardiac index ( $r^2 = 0.118$ ) when the heart was positioned for the anastomosis of obtuse marginal artery in linear regression analysis.

## 고 찰

본 연구에서는 심장폐우회로 없이 시행하는 관상동맥우회술 중 발생하는 혈액학적 변화가 우심실 기능부전과 밀접한 관계가 있을 것이라는 기존 연구들의 고찰을<sup>1,2)</sup> REF 카테터를 이용하여 직접 확인하고자 하였다. 그 결과 심장의 후외측에 있는 둔각변연동맥의 문합 시 우심실기능이 의미 있게 감소하며 혈액학적 장애가 심하게 나타나나 다른 관상동맥 분지의 문합 시에는 유의한 우심실기능의 변화는 관찰되지 않으며, 우심실 박출계수와 심박출량 간에는 밀접한 상관관계가 없음을 알 수 있었다.

OPCAB 시행 중 발생하는 혈액학적 장애는 수술 중 필연적으로 발생하는 심장에 대한 압박이 양심실의 기능과 관상동맥혈류에 영향을 주어 유발되는 것으로 생각되고 있으나, 혈액학적 불안정이 야기되는 주요기전에 대해서는 아직 명확히 밝혀진 것은 없다. Porat 등은<sup>2)</sup> 동물실험에서 심장을 이동시켰을 때 중심정맥압이 증가하면서 심박출량과 혈압이 감소한데 비해 좌심방의 압력은 변화가 없었고, 우심실 기능은 보조 장치를 사용하였을 때 중심정맥압이 감소하고 심박출량과 혈압이 증가한 결과로 보아 우측 심장기능의 장애가 혈액학적 이상을 초래한 것이라고 보고하였다. 또한 Mathison 등은<sup>1)</sup> OPCAB동안 심장고정기로 관상동맥부위를 고정된 상태에서 경식도심초음파로 관찰하였을 때 좌심실에 비해 우심실의 압박정도가 심하고 우심실의 압력상승정도가 좌심실보다 높은 것으로 보아 심장의 압박에 의한 우심실 기능장애가 혈액학적 이상을 유발하는 주요원인이라고 하였다. 또한 우심실이 좌심실보다 기계적 압박정도가 심한 것은 우심실이 좌심실에 비해 심근 벽이 얇고 심실의 압력이 낮기 때문에 심장을 이동시켰을 때 두터운 좌심실과 심낭 사이에 압박되기 쉽기 때문이라고 추정하였다. 그러나 이러한 연구들에서는 OPCAB동안 발생하는 혈액학적 장애가 우심실기능장애와 동반될 가능성에 대한 고찰들이 우심실의 수축력과 용적의 변화를 직접 측정된 후 이루어진 것은 아니었으며, 심장압박이 우심실의 기능에 미치는 영향 또한 직접 확인하지는 못하였다.

본 연구에서는 둔각변연동맥 문합 시 수축기 및 이완기말 용적은 둘 다 기저치에 비하여 감소하였고 그 결과 일회심박출지수와 우심실 박출계수가 의미 있게

감소하였으며 이를 통해 우심실 기능이 의미 있게 감소됨을 알 수 있었다. 또 한 중심정맥압의 상승과 관련하여 이것이 심장압박에 의해 우심실로의 혈류유입이 방해받는 것에서 기인한 것이거나,<sup>1)</sup> 두부하강체위와 수액부하에 의한 전부하의 증가에 의한 것이라는 설명들이 있었는데,<sup>5,6)</sup> 본 연구에서 이완기말과 수축기말 우심실용적이 기저치에 비해 유의한 변화를 나타내지 않은 것으로 미루어 우심실 전부하의 실질적 증가 없이 심장압박에 의해 중심정맥압이 증가한 것임을 알 수 있었다. 다만 좌전하행동맥 문합 시에는 우심실이 이완기말 및 수축기말 용적이 기저치에 비해 증가하였는데, 이는 좌전하행동맥이 심장의 전면에 위치하고 있어 다른 관상동맥 문합 시보다 심장의 압박을 덜 받아 우심실로의 혈류 유입이 방해를 받지 않는 상태에서 두부하강 체위와 수액부하에 의해 전부하가 증가하였기 때문인 것으로 생각된다.

한편, 본 연구에서는 우심실 박출계수가 감소하는 시기에 심박출량이 감소하였음에도 불구하고, 우심실 박출계수의 변화와 심박출지수의 변화 사이에 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타났다. 이로 미루어 둔각변연동맥 문합 중 우심실의 수축력이 감소되지만 이것만이 혈액학적 변화의 지배적인 요인은 아닌 것으로 생각되는데, 우심실의 일차적인 수축력 감소가 혈액학적 변화에 영향을 끼친 것인지 아니면 심박출량 감소와 폐동맥압과 폐혈관저항 증가에 따른 우심실 후부하의 증가로 우심실의 수축력이 감소된 것인지 본 연구결과만으로는 알 수 없었다. 특히 둔각변연동맥을 문합하기 직전 두부하강 체위와 수액부하 및 승압제 사용으로 평균동맥압은 유지되었으나 전신혈관저항 및 폐혈관저항이 상승되었고 일회심박출지수, 좌심실 일회박출작업량지수 및 심박출량이 감소하였으며, 좌심실 일회박출작업량지수의 감소가 심박출량 감소와 유의한 상관관계가 있는 것으로 보아 좌심실기능장애 또한 혈액학적 변화와 관계가 있음을 알 수 있다. 우심실과 좌심실은 유동성 심실중격을 사이에 두고 접해 있으며, 우심실의 외벽은 심외막하 근섬유에 의해 좌심실의 전벽까지 연결되어있기 때문에 한쪽 심실의 장애가 반대편 심실의 기능에 상호작용을 할 수 있다.<sup>7-10)</sup> 또한 Ross는<sup>11)</sup> 좌우심장을 연결하는 폐혈관을 통해서 우심실의 수축 기능은 좌심실 박출에 필요한 전부하를 좌측심장으로 보내며, 좌심실의 기능장애는 폐혈관의 압력을 증가시키므로써 우심실의 이완기 용적, 수축기능 및 후부

하 등 우심실의 기능에 다양하게 영향을 미친다고 보고하고 있다. 따라서 좌·우 심장의 해부학적, 생리적 연관성을 고려할 때 좌·우심실의 기능을 분리하여 생각하기 어려우며, OPCAB 동안 발생하는 우심실기능의 변화에 대한 연구 또한 일차적인 우심실 기능장애 뿐만 아니라 좌심실의 기능장애가 우심실의 기능에 미치는 영향에 대해서도 초점을 맞추어 진행되어야 한다고 본다.

본 연구는 삼혈관(triple vessel) 질환으로 OPCAB을 시행하는 환자를 대상으로 하였는데 환자들은 좌심실 뿐만 아니라 우심실로 가는 관상동맥혈류가 심각하게 감소되어 만성적 심근허혈 상태에 있었으므로 문합하려는 관상동맥부위로 심장을 이동시키는 것은 심박출량을 감소시켜 취약한 양심실의 기능을 더욱 악화시킬 수 있다.<sup>12)</sup> 특히 둔각변연동맥은 다른 관상동맥에 비해 문합동안 좌심실과 우심실의 기능장애가 동반되어 지속적인 혈액학적 장애를 유발할 가능성이 많으므로 관상동맥혈류 감소에 따른 심근허혈과 심실기능의 악화 가능성에 대한 집중적인 감시가 필요하다. 일반 폐동맥 카테터를 이용하여서는 우심실 기능의 변화를 중심정맥압 및 심박출량의 변화를 통하여만 짐작할 수 있으나 OPCAB 중에는 심장 및 환자 체위의 변동이 심하여 중심정맥압의 변화가 우심실 기능의 변화를 반영한다고 보기 어려우며, 본 연구 결과에 따르면 심박출량의 변화 또한 우심실 기능의 변화와 밀접한 상관관계를 갖지 않는 것으로 나타났다. 이에 비하여 REF 카테터는 우심실 박출계수와 용적을 손쉽게 수시로 측정할 수 있으며<sup>13,14)</sup> 우심실 기능을 평가하는 데 있어서는 경식도심초음파보다 신빙성이 높다는 보고도 있어,<sup>15)</sup> 술중 우심실기능 평가에 간편하게 이용할 수 있다.<sup>16-18)</sup> 특히 우측 관상동맥의 심각한 협착이 있는 환자에서 술전 좌심실과 우심실의 기능 장애가 동반되어 있거나 우측관상동맥 변연의 심근경색이 있어 우심실기능장애가 혈액학적 장애를 유발할 가능성이 높은 경우 술중 REF 카테터를 이용하여 우심실의 기능을 연속적으로 감시하는 것은 도움이 되리라 생각한다.

본 연구에서 혈액학적 변수들은 문합을 위한 심장고정기의 장착 직후와 제거 직후에 측정되었으며, 문합동안 초기에 측정된 혈액학적 변수가 어떻게 변화하는가에 대한 관찰은 이루어지지 못했다는 점은 본 연구의 한계로 지적될 수 있겠다. 둔각변연동맥 외의 다른 동맥들의 문합동안에도 혈액학적 변화가 심화되면서 의미 있

는 변화가 관찰될 수도 있으며, 반대로 둔각변연동맥 문합 초기에 나타났던 변화가 심혈관계의 적응에 의해 회색될 수도 있겠다. 수 분에서 수십 분에 걸쳐 문합을 시행함을 고려할 때 문합 동안의 혈액학적 변화의 지속적인 관찰과 이에 대한 환자 관리가 좀 더 연구되어야 한다고 본다.

결론적으로 OPCAB을 시행하는 대부분의 환자에서 심각한 혈액학적 장애 없이 관상동맥을 문합할 수 있었으나 심장 후외측에 위치한 둔각변연동맥의 문합동안 우심실 및 좌심실의 기능이 함께 저하됨을 관찰하였으며 관상동맥 문합동안 좌심실 뿐만 아니라 우심실기능에 대한 적절한 감시와 관리가 필요하다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Mathison M, Edgerton JR, Horswell JL, Akin JJ, Mack MJ: Analysis of hemodynamic changes during beating heart surgical procedures. *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 1355-60.
2. Porat E, Sharony R, Ivry S, Ozaki S, Meyns BP, Flameng WJ, et al: Hemodynamic changes and right heart support during vertical displacement of the beating heart. *Ann Thorac Surg* 2000; 69: 1188-91.
3. Nierich AP, Diephuis J, Jansen EW, Borst C, Knappe JT: Heart displacement during off-pump CABG: how well is it tolerated? *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 466-72.
4. Grundeman PF, Borst C, van Herwaarden JA, Mansvelt Beck HJ, Jansen EW: Hemodynamic changes during displacement of the beating heart by the Utrecht Octopus method. *Ann Thorac Surg* 1997; 63: S88-92.
5. Hirvonen EA, Nuutinen LS, Kauko M: Hemodynamic changes due to Trendelenburg positioning and pneumoperitoneum during laparoscopic hysterectomy. *Acta Anaesthesiol Scand* 1995; 39: 949-55.
6. Terai C, Anada H, Matsushima S, Shimizu S, Okada Y: Effects of mild Trendelenburg on central hemodynamics and internal jugular vein velocity, cross-sectional area, and flow. *Am J Emerg Med* 1995; 13: 255-8.
7. Brinker JA, Weiss JL, Lappe DL, Rabson JL, Summer WR, Permutt S, et al: Leftward septal displacement during right ventricular loading in man. *Circulation* 1980; 61: 626-33.
8. Weber KT, Janicki JS, Shroff S, Fishman AP: Contractile mechanics and interaction of the right and

- left ventricles. *Am J Cardiol* 1981; 47: 686-95.
9. Brynjolf I, Kelbaek H, Munck O, Godtfredsen J, Larsen S, Eriksen J: Right and left ventricular ejection fraction and left ventricular volume changes at rest and during exercise in normal subjects. *Eur Heart J* 1984; 5: 756-61.
  10. Boldt J, Kling D, Thiel A, Scheld HH, Hempelmann G: Revascularization of right coronary artery: influence on thermodilution right ventricular ejection fraction. *J Cardiothorac Anesth* 1988; 2: 140-6.
  11. Ross J Jr: Acute displacement of the diastolic pressure-volume curve of the left ventricle: role of the pericardium and the right ventricle. *Circulation* 1979; 59: 32-7.
  12. Biswas S, Clements F, Diodato L, Hughes GC, Landolfo K: Changes in systolic and diastolic function during multivessel off-pump coronary bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; 20: 913-7.
  13. Brookes CI, White PA, Bishop AJ, Oldershaw PJ, Redington AN, Moat NE: Validation of a new intraoperative technique to evaluate load-independent indices of right ventricular performance in patients undergoing cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 116: 468-76.
  14. Rafferty T, Durkin M, Hines R, Elefteriades J, Harris SN, O'Connor TZ: Thermodilution right ventricular ejection fraction measurement reproducibility-a study in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Crit Care Med* 1992; 20: 1524-8.
  15. Samuelsson S, Ehrenberg J, Settergren G: Clinical estimation of left and right ventricular volume with open chest compared with transesophageal echocardiography and fast-response thermodilution. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995; 9: 670-5.
  16. Dhainaut JF, Brunet F, Monsallier JF, Villemant D, Devaux JY, Konno M, et al: Bedside evaluation of right ventricular performance using a rapid computerized thermodilution method. *Crit Care Med* 1987; 15: 148-52.
  17. Hines R, Barash PG: Intraoperative right ventricular dysfunction detected with a right ventricular ejection fraction catheter. *J Clin Monit* 1986; 2: 206-08.
  18. 오영준, 광영란, 심연희, 이재호, 이춘수, 임현경 등: 우관상동맥우회술시 심정지액의 교대투여와 동시 투여가술 후 우심실 기능보존에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 2001; 40: 175-81.
-