체외순환 없는 관상동맥우회술 시행시 심장 고정기의 부착과 거상에 의한 혈역학적 변화

건양대학교 의과대학 마취통증의학과교실, *다나 마취통증의학과 의원,
† 연세대학교 의과대학 마취통증의학과교실, ‡ 분당제생병원 마취통증의학과

정성미 · 곽수달* · 신혜란† · 곽현주† · 최미영‡ · 곽영란†

= Abstract =

Hemodynamic Changes during Displacement and Epicardial Stabilization of the Beating Heart in Patients Undergoing Off-Pump Coronary Artery Bypass Graft

Sung Mee Jung, M.D., Soo Dal Kwak, M.D.*, Helen Ki Shinn, M.D.†, Hyun Ju Kwak, M.D.†
Mi Young Choi, M.D.‡, and Young Lan Kwak, M.D.†

Department of Anesthesia & Pain Medicine, KunYang University College of Medicine, Seoul, Korea, *Dana Pain Clinic, † Department of Anesthesia & Pain Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea
‡ Department of Anesthesia & Pain Medicine, Pundang Jesaeng General Hospital, Pundang, Korea

Background: Coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass (Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting, OPCAB) causes significant hemodynamic derangement by displacement of the beating heart. The purpose of this study was to analyze the hemodynamic changes caused in relation to grafted arteries by displacing the heart and stabilizing the coronary arteries in patients undergoing OPCAB.

Methods: Nineteen patients underwent OPCAB using two deep pericardial sutures and tissue stabilizers (Octopus Tissue Stabilization System, Medtronic, USA). The hemodynamic variables were obtained after induction of anesthesia, after deep pericardial sutures, before and after anastomosis of each coronary artery during epicardial stabilizing, after sternal closure, and after postoperative 6 hours and 12 hours in the intensive care unit.

Results: The hemodynamic variables were maintained with the Trendelenburg position, volume loading and low dose vasopressors after deep pericardial stay sutures. Displacement of the heart and placement of the stabilizer on all coronary territories except the obtuse marginal artery before anastomosis showed no significant difference in hemodynamics compared with baseline. Positioning for the graft to the obtuse marginal artery decreased cardiac index (1.6 ± 0.4 L/min/m²) and stroke index (27.6 ± 9.9 L/beat/m²) and increased systemic vascular resistance (2318.9 ± 673.7 dyne · sec · cm⁻⁵), resulting in hemodynamic compromise ($P < 0.01$). There were no significant hemodynamic and electrocardiographic changes before or after grafting of other coronary arteries but there was a significant increase in cardiac index after postoperative 6 and 12 hours compared with baseline values ($P < 0.05$).

논문접수일 : 2002년 8월 5일

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

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

박사학위 논문임.

Conclusions: Although the complete revascularization of most coronary arteries is feasible on the beating heart without significant hemodynamic compromise with minimal vasopressor support, the positioning for the graft to the obtuse marginal artery needs special attention because two deep pericardial stay sutures and Octopus tissue stabilizers on the obtuse marginal artery territory induce significant hemodynamic disturbances. (Korean J Anesthesiol 2002; 43: 611~618)

Key Words: Coronary artery disease; hemodynamics; off-pump coronary artery bypass graft; stabilizer.

대상 및 방법

서 론

심폐우회술을 이용하지 않는 관상동맥우회술(Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting, OPCAB)은 기존의 관상동맥우회술과 달리 체외순환과 심정지로 인한 합병증을 피할 수 있어 점차로 증가하는 추세이다.¹⁻³⁾ 그러나 OPCAB 동안 관상동맥 부위에 따라 박동하고 있는 심장의 위치를 각각 다르게 변화시켜 혈관 부위를 노출시키고 관상동맥 문합을 위해서 수술 부위의 움직임을 제한하는 것은 심각한 혈액학적 변화와 심근 허혈 및 심실 작업수행 능력의 저하를 초래할 수 있다.^{4,5)} 특히 심장의 전면부에 위치하는 좌전하행 동맥에 비해 심장의 후외측과 하면부에 위치한 좌측 회선 동맥과 우측 관상동맥 원위부는 수술시 접근이 용이하지 않아 다발성 관상동맥 질환이 있는 환자에서 OPCAB을 시행하는데 어려움이 있다.

최근 OPCAB동안 혈액학적 안정을 유지하면서 측면에 있는 모든 관상동맥에 대한 수술적 접근을 가능하게 하기 위해서 심낭 후면에 거치한 봉합사로 심장을 거상시켜 관상동맥을 노출시킨 다음 옥토푸스 심장 고정기(Octopus Tissue Stabilization System, Medtronic, USA)를 수술 부위에 부착하여 문합할 관상동맥 부위의 심외막을 고정하는 방법이 시도되고 있다.⁶⁻⁸⁾

본 연구는 OPCAB 환자에서 심장 고정기와 심장 거상용 봉합사를 이용하여 문합할 관상동맥 부위에 따라 심장의 위치를 변화시키고 수술 부위의 심외막을 고정하였을 때 초래되는 혈액학적 변화와 심근허혈에 대한 영향을 분석하였다.

체외순환을 하지 않고 관상동맥 우회술을 시행하기로 계획된 심근 허혈 환자 26명을 대상으로 하여 OPCAB을 예정하였으나 수술 도중 심폐우회술로 응급 전환한 환자 7명은 연구대상에서 제외하였다. 대상 환자들의 73.5%가 세 곳의 혈관에 관상동맥 질환을 가지고 있었으며 4명(21.1%)의 환자는 수술 전 심근 경색으로 진단되었다. 술 전 경흉부 심초음파로 측정된 박출 계수는 $66.5 \pm 10.2\%$ 였고, 환자의 90%가 술전 베타 차단제와 칼슘 길항제를 복용하였다(Table 1).

마취 전투약으로 morphine 3-4 mg을 마취 시작 1시간 전 근주하였다. 환자가 수술실에 도착한 후 심전도를 부착하여 lead II와 V₅를 감시하였으며, 혈액학적 감시와 동맥혈가스분석을 위해 우측 요골 동맥에 20 gauge 도관을 삽관하였다. 우측 내경 정맥에 폐동맥 카테터(Swan®, Baxter healthcare, USA)를 거치하였으며, 열회석법에 의해 심박출량을 측정하였다.

Midazolam 2.5 mg, fentanyl 15-20µg/kg 및 vecuronium 8 mg을 정주하여 마취 유도한 후 기관내 삽관하였고, 산소-의료용 공기-isoflurane (0.5 MAC 이하) 흡입과 fentanyl을 간헐적으로 정주하여 마취 유지를 하면서 혈중 이산화탄소 분압이 30-35 mmHg가 되도록 조절호흡을 시행하였다. 수액과 약물 투여를 위해 좌측 외경 정맥에 중심정맥 카테터를 거치한 후 심근 허혈과 관상동맥 연축 예방을 위해 isosorbide dinitrate 0.5µg/kg/min와 지속적인 근이완을 위해 vecuronium 2-3 mg/h로 정주하였다. 경식도 심초음파 소식자를 삽입하여 좌심실 유두근이 보이는 단축면 상(short-axis midpapillary muscle view)에서 술중 심벽 운동 이상과 심실의 이완기능을 감시하였으며, 심장 거상에 의해 심실이 압박되어 초음파 영

Table 1. Demographic Data

Variable	Number	Percent (%)
Age (yr)	57.7 ± 9.7	
Sex		
M/F	12/7	63.2/36.8
Coronary artery involvement		
2-vessel disease	3	15.8
3-vessel disease	11	57.9
Left main & 1-vessel disease	1	5.3
Left main & 2-vessel disease	1	5.3
Left main & 3-vessel disease	3	15.8
Left ventricular ejection fraction (%)	66.5 ± 10.2	
Segmental wall motion abnormality		
Hypokinesia	8	42.2
Akinesia	1	5.3
Preoperative medication		
Beta-blocker	17	89.5
Calcium channel antagonist	17	89.5
ACE inhibitor	13	68.4
Diuretic	2	10.5
Co-morbid risk factor		
Hypertension	8	42.2
Diabetes Mellitus	5	26.3
Previous myocardial infarction	4	21.1
Stroke/Transient ischemic accident	3	15.8

Data are mean ± SD.

상 관찰이 곤란한 경우 4 심방상(four chamber view)을 통해 감시하였다. 또한 체온을 유지하기 위해 수술실의 온도를 20°C 이상 유지하고 수액을 가온하거나 가온가습기를 호흡기 회로에 부착하였다.

정중 흉골 절개 후 우회로로 사용할 혈관을 박리하는 동안 전부하를 유지하기 위해 수액을 평균 1,000–1,500 ml를 정주하였다. 좌측 내유 동맥을 박리한 다음 심장 고정기를 부착하기 전 heparin 1 mg/kg을 정주하여 활성 혈액 응고 시간이 250초 이상 유지되도록 하였다. 심부 심낭 봉합사는 좌측 상 폐정맥과 하폐정맥 사이 및 하대정맥 근처의 횡격막면에 각각 거치시켜 문합할 혈관에 따라 다양한 방향으로 심장을 거상 시킨 상태에서 노출된 관상 동맥 부위에 Octopus 심장 고정기를 부착하였다. 심장을 거상하는 동안 평균 동맥압이 60 mmHg 이하로

감소하거나 심근 허혈을 시사하는 심전도와 경식도 심초음파 소견이 나타날 경우 10–20° 두부 하강 위치를 취하고 수액과 norepinephrine을 지속 주입하였다. 평균동맥압이 60 mmHg 이상 유지되고 심근허혈의 징후가 나타나지 않으면 관상동맥 문합을 시작하였으며, 혈관 문합시 무혈 수술 시야를 제공하고 수해 관상 동맥을 차단한 후 원위부 심근으로 관상동맥 혈류를 유지하기 위해 관상동맥내 셌트(Florestar®, Bio-Vascular, USA)를 사용하였다. 관상동맥 문합 후 활성 혈액 응고 시간을 확인한 후 필요에 따라 protamine sulfate로 heparin의 항응고 효과를 중화하였다. 심장 조작과 관상동맥 문합 도중 수액 부하와 약물 치료에도 불구하고 평균 동맥압이 50 mmHg 이하, ST 분절이 4 mm 이상 변화, 제세동에 반응하지 않는 심실 세동 및 허혈을 시사하는 심벽 운동 이상이 지속될 경우 체외순환으로 전환하였다.

마취 유도 후 각 관상동맥에서 심장 거상과 심장 고정기를 부착한 상태에서 혈관 문합 전과 후, 흉골 봉합 후, 술 후 6시간 그리고 12시간에 심장박출계수, 심박수, 평균 동맥압, 평균 폐동맥압, 중심 정맥압, 폐동맥 폐기압, 전신혈관저항, 일회 박출량 지수 좌심실 일회 박출 작업량 지수를 각각 측정하였고 시기별 ST 분절 변화와 심혈관계 약물 사용량을 기록하였다.

모든 측정치는 평균 ± 표준 편차로 나타내었다. 마취유도 후를 기저치로 하여 각 시기별 혈액학적 변수는 반복 측정 분산분석을 그리고 각 관상동맥의 문합 전과 후의 혈액학적 변수는 paired t-test를 이용하여 비교하였으며 P값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의하다고 간주하였다.

결 과

19명의 환자에서 총 66개의 혈관을 문합하여 환자당 2.9 ± 0.67개의 우회혈관을 연결하였다(Table 2). 좌전하행 동맥이 19개로 가장 많았으며 둔각 변연지 동맥 14개, 후하행지 동맥을 포함한 우측 관상동맥 12개, 대각선 분지 동맥이 9개였다. 수술 중 체외순환으로 전환한 경우는 교정되지 않는 혈액학적 장애가 4예, 심실 세동 2예 및 관상동맥이 심근 내에 존재하는 해부학적 문제가 1예 있었다(Table 2).

심부 심낭 봉합사를 거치하기 위해 심장을 거상한

후 수액 부하와 norepinephrine ($1.33 \pm 4.17 \mu\text{g/kg}$) 사용 후 마취 유도 후에 비해 평균 동맥압, 평균 폐 동맥압 및 폐동맥 췌기압이 유의하게 증가되었다. 전신혈관저항은 기저치에 비해 증가하는 경향이 있었으나 통계학적으로 유의하지 않았으며 심박출량 지수나 심전도상 ST 변화는 나타나지 않았다(Table 3). 심부 심낭 봉합사를 거치하기 위해 심장을 거상하였을 때와 각각의 관상동맥에서 문합 전과 후 유의한 ST 분절의 변화는 나타나지 않았다.

문합 부위별로 보면 둔각 변연지 동맥 문합시 심장을 거상한 다음 혈관 문합 전 일회 심박출량 지수(38%)와 심박출량 지수(38%)가 마취 유도 후(기저치)에 비해 유의하게 감소되었고 전신혈관저항(39%)이 유의하게 증가하여 가장 많은 변화를 나타내었다. 좌심실 일회 작업량 지수는 기저치에 비해 32% 감소하였으나 유의성이 없었다. 둔각 변연지 동맥의 문합 후 심박출량 지수와 전신혈관저항은 기저치로 회복되었으나 일회 심박출량 지수는 증가하지 않아

Table 2. Operative Data & Outcome

Variable	
Number of graft	2.9 ± 0.67
Duration of surgery (min)	238.4 ± 38.6
Anastomosis time (min)	82.6 ± 25.5
Duration of intubation in ICU (hr)	16.0 ± 2.7
Length of ICU stay (day)	2.8 ± 0.8
Conversion to Cardiopulmonary Bypass	Number
Hemodynamic instability	
Stay suture	1
Obtuse marginal artery	1
Diagonal artery	1
Ventricular fibrillation	2
Intramyocardial coronary artery	1

Data are mean $\pm$ SD. ICU: intensive care unit.
기저치에 비해 유의하게 감소되어 있었다. 8명의 환자(57%)에서 norepinephrine 지속 주입이 필요하였으나

Table 3. Hemodynamic Data during Coronary Artery Graft Anastomosis

Variable	Post-induction	Stay suture	OM (n = 14)		LAD (n = 19)		DX (n = 9)		RCA (n = 12)	
			Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
MAP (mmHg)	78.6 ± 11.7	$87.7 \pm 14.7^*$	84.6 ± 10.5	79.1 ± 9.0	82.0 ± 10.2	77.7 ± 10.2	82.4 ± 6.2	79.7 ± 7.0	77.8 ± 9.8	73.7 ± 7.3
MPAP (mmHg)	15.8 ± 3.8	$18.8 \pm 4.4^*$	16.8 ± 4.8	16.6 ± 8.0	17.0 ± 4.1	16.3 ± 5.6	$20.4 \pm 4.1^*$	17.9 ± 4.2	13.8 ± 2.8	14.1 ± 2.3
CVP (mmHg)	7.0 ± 2.5	7.9 ± 4.6	7.9 ± 2.8	6.2 ± 3.3	7.3 ± 3.8	6.3 ± 2.7	$10.2 \pm 2.1^*$	8.2 ± 1.7	7.1 ± 1.8	6.1 ± 2.9
PCWP (mmHg)	10.1 ± 4.1	$12.9 \pm 4.9^*$	11.9 ± 3.5	11.6 ± 5.2	$12.1 \pm 3.3^*$	11.6 ± 4.6	$15.8 \pm 3.3^*$	$13. \pm 4.2$	9.7 ± 3.1	9.5 ± 2.0
CI (L/min/m^2)	2.6 ± 0.7	2.6 ± 0.7	$1.6 \pm 0.4^*$	$2.2 \pm 0.9^\dagger$	2.2 ± 0.5	2.3 ± 0.7	2.3 ± 0.7	2.4 ± 0.8	2.1 ± 0.8	2.8 ± 1.0
SVI (mL/beat/m^2)	44.2 ± 11.9	41.5 ± 9.7	$27.6 \pm 9.9^*$	$35.3 \pm 13.8^*$	$35.7 \pm 8.5^*$	38.3 ± 10.1	38.6 ± 8.6	40.6 ± 9.8	$31.3 \pm 14.3^*$	43.6 ± 13.5
LVSWI ($\text{g} \cdot \text{m/m}^2$)	40.9 ± 12.3	41.9 ± 12.3	27.8 ± 11.8	36.8 ± 17.0	33.9 ± 10.0	34.1 ± 8.6	34.5 ± 5.3	36.6 ± 9.3	$28.7 \pm 12.8^*$	38.1 ± 12.2
SVR ($\text{dyne} \cdot \text{sec} \cdot \text{cm}^{-5}$)	1423 ± 537	1524 ± 159	$2318 \pm 673^*$	$1743 \pm 489^\dagger$	1670 ± 483	1566 ± 546	1629 ± 475	1553 ± 488	1801 ± 915	1333 ± 723
HR (beats/min)	58.4 ± 4.9	63.2 ± 10.1	61.1 ± 10.5	63.1 ± 10.3	63.0 ± 9.6	61.2 ± 10.4	59.3 ± 9.6	59.4 ± 11.3	$67.5 \pm 12.3^*$	68.3 ± 11.9
Norepinephrine requirement ($\mu\text{g/kg}$)	0	1.3 ± 4.2	1.9 ± 4.9		0.7 ± 2.6		0.2 ± 0.3		0.3 ± 0.6	

Values are mean $\pm$ SD. Before and after represent data measured immediately before and after anastomosis during exposure and stabilization of coronary artery. MAP: mean arterial pressure, MPAP: mean pulmonary arterial pressure, CVP: central venous pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, CI: cardiac index, SI: stroke index, LVSWI: left ventricular stroke work index, SVR: systemic vascular resistance, HR: heart rate, OM: obtuse marginal artery, LAD: left anterior descending artery, Dx: diagonal artery, RCA: right coronary artery. *: $P < 0.05$ compared with postinduction.

† : $P < 0.05$ compared with value before anastomosis.

Table 4. Hemodynamic Data during Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting and Postoperative Care

	Postinduction	Stay suture	Sternal closure	ICU 6h	ICU 12h
MAP (mmHg)	78.6 ± 11.7	87.7 ± 14.7*	78.3 ± 11.2	80.8 ± 11.1	78.2 ± 8.1
MPAP (mmHg)	15.8 ± 3.8	18.8 ± 4.4*	15.5 ± 4.0	18.3 ± 4.0*	17.5 ± 3.9*
CVP (mmHg)	7.0 ± 2.5	7.9 ± 4.6	8.2 ± 3.3	8.1 ± 2.8	8.0 ± 3.4
PCWP (mmHg)	10.1 ± 4.1	12.9 ± 4.9*	9.6 ± 3.0	11.9 ± 3.1	12.2 ± 2.9
CI (L/min/m ²)	2.6 ± 0.7	2.6 ± 0.7	2.4 ± 0.6	3.3 ± 0.7*	3.0 ± 0.5
SVI (mL/beat/m ²)	44.2 ± 11.9	41.5 ± 9.7	35.7 ± 8.7*	39.9 ± 7.0	37.5 ± 7.7
LVSWI (g · m/m ²)	40.9 ± 12.3	41.9 ± 12.3	33.3 ± 10.4*	39.5 ± 8.5	35.6 ± 9.5
SVR (dyne · sec · cm ⁻⁵)	1423 ± 537	1524 ± 159	1436 ± 392	1143 ± 349	1178 ± 281
HR (beats/min)	58.4 ± 5.0	63.2 ± 10.1	67.3 ± 8.9*	83.0 ± 8.0*	82.6 ± 8.6*

Values are mean ± SD. ICU: intensive care unit, MAP: mean arterial pressure, MPAP: mean pulmonary arterial pressure, CVP: central venous pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, CI: cardiac index, SI: stroke index, LVSWI: left ventricular stroke work index, SVR: systemic vascular resistance, HR: heart rate, *: P < 0.05 compared with postinduction.

norepinephrine 사용량은 각 관상동맥별로 차이를 보이지 않았다. 좌전하행 동맥은 문합 전 폐동맥 췌기압이 기저치에 비해 유의하게 증가하였고 일회 박출량 지수(19%)가 유의하게 감소하였다. 문합 전후를 비교하였을 때 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 문합 후 폐동맥 췌기압과 일회 박출량 지수는 기저치 수준으로 회복되었다. 대각선 분지 동맥 문합시 평균 폐동맥압, 중심 정맥압 및 폐동맥 췌기압이 기저치에 비해 유의하게 증가하였으나 혈압과 심박 운동에는 유의한 변화를 보이지 않았다. 우측 관상동맥은 문합 전 일회 심박출량 지수(29%)와 좌심실 일회 심박출 작업량 지수(29%)가 유의하게 감소하였으나 문합 후 모두 기저치로 회복되었다(Table 3).

평균 동맥압을 유지하기 위해 사용된 norepinephrine은 대부분 심낭 봉합사를 거치하거나(12예: 63.5%) 좌측 둔각 변연지 동맥을 문합하는 동안(8예: 57%) 투여되었으며 각 시기별 norepinephrine 사용량은 차이가 없었다. 술전 9명(47.5%)에서 관찰된 부분 심벽 운동 이상 소견이 문합이 종료된 후 대부분 호전되었으며 수술 중 새로 발생한 심벽 운동 이상이 관찰된 경우는 없었다.

흉골 봉합시 일회 심박출량 지수와 좌심실 일회 박출 작업량 지수가 유의하게 감소하였으나 심박수의 증가로 심장박출계수는 변화가 없었다(Table 4). 술 후 6시간 후와 12시간 후에는 일회 심박출량 지수와 좌심실 일회 심박출 작업량 지수가 기저치에

비해 차이가 없었으나 심박수가 기저치에 비해 증가하여 심박출량 지수가 기저치에 비해 유의한 증가를 보였다. 흉골 봉합시와 술 후 측정된 심박수가 기저치에 비해 유의하게 증가한 것은 관상동맥 문합이 종료된 후 60회/분 이하의 서맥이 동반된 8명(42.1%) 환자에서 80회/분으로 심방 조율을 하였기 때문이다.

술 중 2명의 환자에서 심방 세동이 발생하여 심실 동 전환을 시행하였고, 1명의 환자에서 심실 세동이 발생하여 제세동 후 동성 리듬을 회복하였다. 관상동맥 문합 도중 2명의 환자에게 농축 적혈구를 수혈하였으나 술 후 출혈로 인해 재수술을 시행한 경우는 없었다.

술 후 4명(21.1%)의 환자에서 creatinine phosphokinase-MB가 50 U/L 이상 증가하였으나 심전도에서 새로운 Q파나 ST 상승이 관찰된 경우는 없었다. 그 외 신경학적 합병증이나 저심박출 상태(심장박출계수 < 2 L/min/m²) 및 신기능 저하 소견을 보인 환자는 없었다. 술 후 약 16시간 후 환자들은 기관내 튜브를 발관하였고 중환자실 평균 재원 기간은 2.8일이었다.

고 찰

OPCAB은 1960년대 Kolessov 등에 의해 시도되었으며⁹⁾ 그 후 좌측 늑골 절개(thoracotomy)를 통해 심장이 박동하는 상태에서 심장의 이동 없이 좌전하행

동맥과 같은 단일 혈관을 문합하는 최소 침습적 관상동맥 우회술(minimally invasive direct coronary artery bypass grafting, MIDCAB)이 많이 시행되었다. 그러나 MIDCAB은 측와위 자세로 늑골 절개를 통해 수술을 하기 때문에 이식 혈관으로 흔히 사용하는 좌측 내유동맥을 박리하는데 어려움이 있고 심장의 하면부와 후외측에 대한 접근이 불가능하여 3혈관 질환의 관상동맥 우회술은 기술적으로 한계가 있다.¹⁰⁾ 최근 다발성 관상동맥 협착 환자의 수가 증가하고 주요 장기 부전을 동반할 가능성이 많은 고령 환자의 비율이 증가함에 따라 체외순환 없이 다양한 부위의 관상동맥에 우회술을 시행할 수 있는 방법에 대한 관심이 증대되었다. 목표로 하는 모든 부위의 관상동맥을 노출시키기 위해서는 정중 흉골 절개를 통해 심장을 이동시킨 다음 수술 부위의 국소 움직임을 효과적으로 제한하고 수해동맥의 혈류를 차단한 상태에서 관상동맥을 문합하여야 하므로⁵⁾ 다양한 병변과 임상 양상을 지닌 관상동맥 협착 환자에서 안전하게 OPCAB을 시행하기 위해서는 시술에 따른 혈액학적 변화와 국소 심근 허혈의 가능성에 대한 신중한 고려와 관리가 필요하다.

동물 실험에서 심장의 수직 거상과 회전은 우심실을 심낭과 좌심실 사이에 압착시켜 우심실의 이완기 충만을 저하시키고 관상동맥 혈류를 직접적으로 폐쇄시키지 않더라도 심박출량 저하에 의해 관상동맥 관류압을 감소시키는 것으로 알려져 있으며^{11,12)} 이때 우심실의 전부하와 관상동맥 관류압을 동시에 증가시켜야 심박출량을 유지할 수 있다. 따라서 심장 거상동안 수액 부하와 두부하강 위치로 수액을 재분포시켜 우심실의 전부하를 유지하여야 할뿐만 아니라 관상동맥 관류압을 유지하기 위해 승압제가 필요할 수 있다.

혈역학적 변화와 심기능 저하 없이 관상동맥을 노출하기 위해 다양한 심장 거상 방법이 시도되고 있다. 특히 좌측 회선 동맥이 위치하는 후외측 심장을 거상시키기 위해 Cartier 등은⁷⁾ 심장 기저부에서 좌측 상하 폐정맥 사이, 하폐정맥 부근, 하폐정맥과 심첨부 사이 및 하대정맥 근처 횡격막 면에 4개의 심낭 봉합사를 거치하여 95%의 환자에서 체외순환 없이 관상동맥 우회술을 시행하였다고 보고하였다. 그러나 심부 심낭 봉합사를 거치하기 위해서 심장을 거상하는 동안에 전신 혈압을 유지하기 위해 78%의

환자에서 승압제가 필요하였다. 본 연구에서는 좌측 상폐정맥과 하폐정맥 사이 및 하대정맥 근처의 횡격막면에 각각 봉합사를 하나씩 거치하여 심낭 봉합사 거치에 의한 혈액학적 변화 횡수를 단축하였고 2개의 심낭 봉합사로 효과적인 관상동맥 노출이 가능하였으며 심낭 봉합사를 거치한 후 심각한 혈액학적 변화가 나타나지 않았다. 마취 유도 후에 비해 심낭 봉합사를 거치한 후 평균 동맥압, 평균 폐동맥압 및 폐동맥 췌기압이 오히려 증가된 것은 혈액학적 변수를 측정할 시점이 심장 거상 후 혈액학적 안정에 도달한 상태였으며 심낭 봉합사를 거치하는 시간이 짧아 혈압을 유지하기 위해 투여한 승압제의 효과가 남아 있었기 때문으로 생각된다.

또한 좌전하행 동맥 문합은 심장을 약간 거상시켜 좌심실을 정중선으로 향하게 한 후 일회박출량 지수가 19% 감소하였으나 심장박출계수를 비롯한 혈액학적 변화는 나타나지 않았으며 좌전하행동맥보다 심장 거상과 회전이 조금 더 필요한 대각선 분지 동맥 문합시에도 혈액학적 안정성이 유지되었다. 좌전하행 동맥과 대각선 분지 동맥을 노출시키는 동안 혈액학적 변화와 경식도 심초음파에서 심실의 형태 변화가 미미하였으며 승압제의 사용 빈도가 둔각 변연 동맥(57%)에 비해 각각 21%와 22%로 적었던 것은 심장의 거상과 회전폭이 적었기 때문인 것으로 생각된다. 우측 관상동맥의 원위부 노출시 일회 박출량 지수와 좌심실 일회 작업량 지수의 감소 정도가 심장의 전면부에 위치한 좌전하행 동맥보다 많고 후외측에 위치하는 둔각 변연지 동맥보다 적었다는 것은 심장의 하면부 거상시의 혈액학적 변화의 폭을 의미하는 것이라 할 수 있겠다. 따라서 심장 전면부와 하면부의 관상동맥 노출을 위한 심장 이동과 고정시의 혈액학적 변화는 수액 부하와 승압제의 사용으로 회복시킬 수 있는 일시적인 경우가 대부분이며 심장의 이동 정도가 심하지 않기 때문에 심전도와 경식도 심초음파로 심근허혈을 감시하기가 비교적 용이하다고 할 수 있다.

이에 비해 좌측 회선 동맥 분지인 둔각 변연지 동맥이 있는 심장의 후외측면은 심장을 수직으로 거상시켜 좌심실을 우측으로 회전시켜야 노출시킬 수 있다. 본 연구에서 둔각 변연지 동맥을 노출시키기 위해 심장 후외측면을 거상하여 고정하는 동안 체위 변화, 수액 부하 및 승압제의 사용으로 혈압을 유지

하였음에도 불구하고 일회 박출량지수를 감소시켰으며 혈관 문합 후에도 완전히 회복되지 않았다. 따라서 둔각 변연지 동맥을 문합할 경우에는 다른 관상동맥에 비해 지속적인 혈액학적 장애를 초래하므로 관상동맥 혈류 감소와 이에 따른 심근 허혈의 가능성에 대한 집중적인 감시가 필요하다고 보여진다. 심장 후외측을 거상하였을 때 심장이 심낭 밖으로 많이 돌출되고 심첨부가 우측으로 향하고 있어 심전도의 진폭이 감소되어 있을 뿐만 아니라 경식도 심초음파에서 심장의 전면부에 위치한 관상동맥 문합시에 비해 좌심실과 우심실의 형태가 심하게 압박되어 부분 심벽 운동 이상을 발견하기가 어려우므로 심근 허혈을 조기에 발견하기가 여의치 않다. 둔각 변연지 동맥 문합시 심장 거상이 동맥압과 심박출량을 심각하게 저하시키고 치료에 반응하지 않는다면, 심낭 봉합사 견인을 조금 풀어서 중심정맥 환류를 증가시키거나 심장 고정기의 위치를 재조정하여 이완기말 용적과 일회 박출량을 증가시켜 관상동맥 관류를 유지하여야 할 것이다.

심장 고정기는 움직임 없는 수술 시야를 확보하기 위해 약물로 서맥을 유도할 필요성을 감소시켰을 뿐만 아니라 심장의 국소적인 고정을 가능하게 하였다.^{8,13,14)} 그러나 심장이 거상된 상태에서 관상동맥 문합을 위해 심장을 기계적으로 고정하는 것은 일회 박출량을 감소시킬 수 있다.^{13,14)} 최근 소개된 심장 고정기는 흡인 방식으로 심외막을 고정하기 때문에 기계적 심장 고정기에 의한 심실 압박 위험을 피할 수 있으며 심장의 모든 측면으로 접근이 가능하다는 장점 때문에 널리 사용되고 있다.^{1,4)} OPCAB 환자에서 심장 고정기의 부착이 기계적 고정기와 마찬가지로 일시적인 혈액학적 불안정을 초래한다는 보고가 있으나 심장 거상과 심장 고정기 부착 효과를 분리하여 측정할 것은 아니었다.⁴⁾ 본 연구에서 심부 심낭 봉합사를 거치하기 위해 심장을 수직으로 들어 올렸을 때 대부분의 환자에서 수액 부하와 승압제 사용으로 혈액학적 안정을 유지할 수 있었지만 거상 정도가 유사한 둔각 변연지 동맥의 문합 전 심각한 혈액학적 변화가 유발되었던 점에서 심장 고정기에 의한 영향도 고려해야 할 것으로 본다.

본 연구에서 OPCAB 도중 심폐우회술로 응급 전환은 혈액학적 불안정과 부정맥이 원인이었다. 이는 대부분 심낭 봉합사를 거치하는 도중이나 첫 번째

관상동맥을 문합하기 위해 심장을 거상하는 도중 발생하였고 혈관을 문합한 다음 관상동맥 재관류 후에는 발생하지 않았다. 관상동맥 재관류 후 혈액학적 변화와 부정맥이 발생하지 않았던 것은 관상동맥을 절개한 후 근위부 혈관을 폐쇄하기 전 혈관내 카테터를 삽입하여 관상동맥을 문합하는 동안 원위부 심근으로 관류를 유지할 수 있었기 때문으로 여겨진다. Lucchetti 등은¹⁵⁾ OPCAB 환자에서 일시적인 좌전하행 동맥 폐쇄동안 혈관내 카테터로 관상동맥 관류를 유지한 환자에서 재관류 후 좌심실벽 운동 점수 지수(left ventricular wall motion score index)와 심박출 계수의 감소가 나타나지 않았다고 하였으며 허혈/재관류 손상과 좌심실 기능 저하를 예방하기 위해 관상동맥내 카테터의 사용을 권유하고 있다.

참 고 문 헌

1. Hart JC, Spooner TH, Pym J, Flavin TF, Edgerton JR, Mack MJ, et al: A review of 1,582 consecutive Octopus off-pump coronary bypass patients. *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 1017-20.
2. Lee JH, Abdelhady K, Capdeville M: Clinical outcomes and resource usage in 100 consecutive patients after off-pump coronary bypass procedures. *Surgery* 2000; 128: 548-55.
3. Mack MJ: Pro: beating-heart surgery for coronary revascularization: is it the most important development since the introduction of the heart-lung machine? *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 1774-8.
4. Nierich AP, Diephuis J, Jansen EW, Borst C, Knape JT: Heart displacement during off-pump CABG: how well is it tolerated? *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 466-72.
5. Nierich AP, Diephuis J, Jansen EW, van Dijk D, Lahpor JR, Borst C, et al: Embracing the heart: perioperative management of patients undergoing off-pump coronary artery bypass grafting using the octopus tissue stabilizer. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999; 13: 123-9.
6. Resano FG, Stamou SC, Lowery RC, Corso PJ: Complete myocardial revascularization on the beating heart with epicardial stabilization: anesthetic considerations. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2000; 14: 534-9.
7. Cartier R, Blain R: Off-pump revascularization of the circumflex artery: technical aspect and short-term results. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 94-9.

8. Jansen EW, Borst C, Lahpor JR, Grundeman PF, Eefting FD, Nierich A, et al: Coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass using the octopus method: results in the first one hundred patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 116: 60-7.
9. Kolessov VI: Mammary artery-coronary anastomosis as a method of treatment of angina pectoris. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1967; 54: 535-44.
10. Isomura T, Suma H, Horii T, Sato T, Kobashi T, Kanemitsu H: Minimally invasive coronary artery revascularization: off-pump bypass grafting and the hybrid procedure. *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 2017-22.
11. Grundeman PF, Borst C, van Herwaarden JA, Verlaan CW, Jansen EW: Vertical displacement of the beating heart by the octopus tissue stabilizer: influence on coronary flow. *Ann Thorac Surg* 1998; 65: 1348-52.
12. Grundeman PF, Borst C, Verlaan CW, Meijburg H, Moues CM, Jansen EW: Exposure of circumflex branches in the tilted, beating porcine heart: echocardiographic evidence of right ventricular deformation and the effect of right or left heart bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; 118: 316-23.
13. Burfeind WR Jr, Duhaylongsod FG, Samuelson D, Leone BJ: The effects of mechanical cardiac stabilization on left ventricular performance. *Eur J Cardiothorac Surg* 1998; 14: 285-9.
14. 홍지희, 한성욱, 김진모, 김애라: Tissue Stabilizer를 이용한 체외순환 없는 관상동맥우회술의 마취 관리. *대한마취과학회지* 2001; 40: 329-34.
15. Lucchetti V, Capasso F, Caputo M, Grimaldi G, Capece M, Brando G, et al: Intracoronary shunt prevents left ventricular function impairment during beating heart coronary revascularization. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 15: 255-9.