J. Exp. Biomed. Sci. 10 (2004) 237-243

A Comparative Study Between On-Pump and Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting on Clinical Outcomes

Seong-Min Moon and Seok-Cheol Choi†

Department of Clinical Laboratory Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan, 9 Pugok 3-dong, Keumjeong-gu, Busan 609-757, Korea

In recent, many cardiac centers have preferred off-pump coronary artery bypass grafting (CABG) to on-pump CABG to prevent the adverse effects of cardiopulmonary bypass. The present study was performed to prove beneficial effects of off-pump CABG. Sixty adult patients scheduled for elective CABG were randomly assigned to On-pump group (n=30) or Off-pump group (n=30). Arterial blood samples were drawn before and after the operation (Pre-OP and Post-OP, respectively) for measuring CBC, prothrombin time, activated thromboplastine time, blood gas analysis, creatine kinase-MB (CK-MB) level, and lactate dehydrogenase (LDH) level. Perioperative parameters including heparin and protamine usages, complications, blood components usages, blood loss, ventilation and ICU-staying time, and hospitalization were also evaluated. Platelet count at Post-OP was high in Off-pump group whereas CK-MB and LDH levels were low compared with On-pump group. Off-pump group had significantly lower heparin and protamine usages, lower total leukocyte count, higher hematocrit and hemoglobin levels, less blood loss, lower usages of blood components, shorter ventilation and ICU-staying time, and lower incidence of pleural effusion than On-pump group. Other variables did not significantly differ between two groups. These results showed that Off-pump CABG was a satisfactory technique with less inflammatory reaction, less cardiac damage, less postoperative complications, and less cost.

Key Words: Coronary artery bypass grafting, On-pump, Off-pump, CK-MB, LDH

서 론

전통적인 관상동맥우회술은 체외순환 (cardiopulmpnary bypass; CPB)을 동반하여 대동맥 교차 차단 하에 수술이 진행된다. 그러나 체외순환을 동반하는 관상동맥우회술은 수술시 대동맥 교차 차단과 심정지액에 의하여 불가피하게 심근 허혈이 초래되고 수술 후 혈액 성분의 기계적 손상, 용혈, 부종, 발열, 혈액응고장애, 전신 염증반응, 신경장애, 다장기 기능부전 등과 같은 관류후증후군 (postperfusion syndrome)을 야기 시킨다 (Hope et al., 1981; Brasil et al., 1998; Kim et al., 2000; Kelly et al., 2001; Park et al., 2001). 이러한 전통적 관상동맥우회수술의 부작용을 완화시키기 위해 1970년대 Ankeney와 Trapp 등에 의해 체외순환을 동반하지 않은 관상동맥우회술 (Off-pump CABG)이 시도되어 1980년대 Benetti와 Buffalo에 의해 제한적이나마 시행되었으나, 체외순환 기법 및 기구, 심정지액의 발전 등으로 인해 이후 별로 주목을 받지 못하였다. 그러나 1990년대 중반 심장 보조 기구 개발 및 체외순환과 심정지액에 관한 문제점들이 보고되면서 체외순환 비적용 관상동맥우회술은 다시 각광을 받기 시작하였다 (Kim et al., 2000; Park et al., 2001; Yoo et al., 2002). 체외순환을 동반하지 않은 관상동맥우회술은 수술 중 심근경색 빈도, 수술 후 사망률, 이식 혈관의 개존율 등은 전통적인 관상동맥우회술과 차이가 없으나, 산화적 손상 (oxidative stress)과 염증반응을 감소시킬 수 있고, 수술 후 부정맥, 호흡기계 및 신경계의 합병증 발생률, 색전증, 감염의 위험률 등이 현저히 줄어들고, 수혈의 필요성도 감소되며, 수술 후 강심제 보조와 인공호흡기 의존도의 감소, 재원시간의 단축, 수술비용의 감소 등도 가능하다고 보고 되고 있다 (Brasil et al., 1998; Matata et al., 2000; David et al., 2001; Kelly et al., 2001; Martin et al., 2001; Park et al., 2001; Yoo et al., 2002).

그러나 기존 연구들의 대부분은 후향적 조사이므로 전향적 접근을 통한 연구 분석이 필요하다. 본 연구는 체외순환을 동반하지 않은 관상동맥우회술의 임상적 유용성을 규명하기 위해 수술 전후의 여러 변수들에 대해 체외순환 적용

*논 문 접 수: 2004년 8월 6일
수정재접수: 2004년 9월 17일
†교신저자: 최석철, (우) 609-757, 부산광역시 금정구 부곡 3동 9l
부산가톨릭대학교 보건과학대학 임상병리학과
Tel: 051-510-0564, 0569, Fax: 051-510-0568
e-mail: scchoi@cup.ac.kr

Table 1. Demographic characteristics in study population

Characteristics	Group	
	On-pump	Off-pump
Sample size (number)	30	30
Gender (male : female)	17:13	21:9
Age (year)	20.92±10.16	22.69±12.35
Perfusion rate (L/min/m^2)	2.0±0.2	0
NT (℃)[a)]	29.03±1.07*	34.6±1.85
ACC (min)[b)]	81.57±36.13*	0
TBT (min)[c)]	136.30±46.03*	0
OPT (hr)[d)]	5.61±3.94	5.63±2.25
Angina (case)	24	21
MI (case)[e)]	6	9
Preoperative LVEF (%)[f)]	60.73±10.30	60.56±12.74
Heparine usage (mg)	258.33±113.64*	96.83±32.0
Protamine usage (mg)	304.33±136.51*	78.66±23.57

Data were expressed as mean ± standard deviation (SD).
*: $P<0.05$ (compared with Off-pump group). a): nasopharyngeal temperature during operation, b): aortic cross-clamping time, c): total bypass time, d):operation time, e): myocardial infarction, f): left ventricular ejection fraction

관상동맥우회술과 전향적으로 비교 조사하였다.

재료 및 방법

1. 연구 대상

2000년 1월부터 2002년 6월 동안 관상동맥우회술을 시행할 성인 환자 60명을 무작위로 체외순환 적용 관상동맥우회술군 (이하 체외순환군, n=30)과 체외순환 비적용 관상동맥우회술군 (이하 비체외순환군, n=30)으로 분류하였다. 양 군 공히 삼혈관 질환 (3 vessels disease) 환자만을 대상으로 하였고, 수술 전 신부전 환자 및 응급수술 증례, 판막질환이나 심근경색 후 심실중격 결손 등의 다른 심장질환을 동반한 경우는 본 연구에서 제외하였다. 양 군 사이에 체외순환 관련부분 (체온, 대동맥 교차 차단 시간, 총체외순환 시간, 헤파린 및 프로타민 사용량)을 제외한 나머지 변수들은 유의한 차이가 없었다 (Table 1).

2. 체외순환 적용 관상동맥우회술

체외순환군 환자들의 경우 비박동성 Sarns 9000 Roller pump (3 M Healthcare, USA) 인공심폐기, Sarns TCM II Heat exchanger (3 M Healthcare, USA) 열교환기, Univox oxygenator & reservoir (Edwards-Baxter, USA) 막형산화기, 동일회사의 동맥혈 필터 및 순환회로 (Dongnam Co., Korea)를 사용한 체외순환 실시 하에 관상동맥우회술을 시행하였다. 체외순환 회로를 환자의 심장에 연결하기 전 헤파린 (3 mg/kg)을 투여하여 혈액응고 활성시간이 최소 500초 이상 유지되도록 하였다. 인공심폐기 충전액으로 Hartmann 용액, 15% mannitol (6 ml/kg), sodium bicarbonate (40 mEq), calcium gluconate (2 g), ascorbic acid (1 g) 등을 사용하여 적혈구 용적률이 약 25% 정도 유지되게 하였다. 체외순환 중 적혈구 용적률이 20% 이하로 떨어질 경우 신선 농축 적혈구를 첨가하였다. 수술시 심장 정지 유도 및 심근 보호를 위해 냉각 혈액심정지액 (4:1)을 상행 대동맥의 기시부에 주입하였으며 냉각수를 이용한 심근의 국소 냉각법을 병용하였다. 체외순환방법은 비박동성의 중등도 저체온법을 적용하였고 관류는 1.8~2.4 L/min/m^2로 유지하였다. 체외순환 시 동맥혈액의 산 염기 평형 및 가스는 온도 비보정의 α-stat 방식으로 하되 $PaCO_2$를 약 40 mmHg 범위로 유지시켰다. 체외순환 중 평균 동맥혈압은 50~80 mmHg 범위로 가능한 유지하였고, 만일 50 mmHg 이하일 경우 phenylephrine을, 그리고 80 mmHg 이상일 경우 sodium-nitroprusside를 각각 투여하여 혈압을 정해진 범위 내로 조절하였다. 체외순환 종료 후 체내 잔여 heparin 중화를 위해 protamine을 수술 전 투여한 heparin 양의 1~1.2배로 투여하여 혈액활성응고 시간이 정상치로 회복되게 하였다.

3. 체외순환 비적용 관상동맥우회술

비체외순환군은 전신 마취 하에 체외순환을 실시하지 않고 심장박동 상태에서 심장 안정 고정기인 Octopus (Medtronic, Inc. USA, Minneapolis, MN)나 CTS (Inc. Cupertino, CA, USA), CO_2 blower, 관상동맥 내 단락장치 (Medtronic, USA)를 사용하여 관상동맥우회술을 시행하였다.

4. 수술수기

양군 모두 전신 마취 하에서 정중 흉골 절개를 실시하고 이식 혈관 박리 후 체외순환군의 경우 환자 체중 당 300 unit의 heparin을 투여하고 캐뉼라 삽관을 하여 체외순환 하에 수술을 시행하였고, 비체외순환군의 경우에는 heparin을 8,000~10,000 unit를 투여하고 심근 안정 고정기를 이용하여 수술 부위의 심근을 고정시킨 후 수술을 시행하였다.

5. 분석 변수

1) 혈액학적 변수

양 군 모두 수술 전과 후에 혈압감시용 요골동맥 카테터로부터 혈액 3 cc를 각각 채취하여 총 백혈구 수, 적혈구 수, 혈색소 농도, 헤마토크리트, 혈소판 수를 측정하여 실험군간에 비교 평가하였다.

2) Prothrombin time 및 activated partial thromboplastin time

양 군 모두 수술 전과 후에 혈압감시용 요골동맥 카테터로부터 혈액 4 cc를 각각 채취하여 prothrombin time (PT)과

Table 2. Preoerative and postoperative hematological aspects in two groups

	On-pump		Off-pump	
	Preoperative	Postoperative	Preoperative	Postoperative
Total leukocyte (10^3/mm^3)	7.20±2.07	13.81±3.61*	6.43±1.53	10.37±2.91
Red blood cell (10^6/ mm^3)	4.21±1.36	2.84±0.86*	4.03±1.47	3.59±1.38
Hemoglobin (g/dL)	12.20±2.40	8.32±1.07*	12.57±2.39	11.28±2.04
Hematocrit (%)	36.74±5.72	25.15±1.80*	37.17±4.91	32.89±2.17
Platelet (10^3/mm^3)	214.33±12.05	146.93±11.30*	207.13±15.84	190.20±10.13
Prothrombin time (sec)	10.79±1.62	12.15±4.50	10.36±1.43	12.08±1.27
aPTT (sec)[a)]	26.52±3.18	42.47±4.50	25.89±2.11	45.35±3.05

Data were expressed as mean ± SD. *: P<0.05 (compared with Off-pump group). a): activated partial thromboplastin time

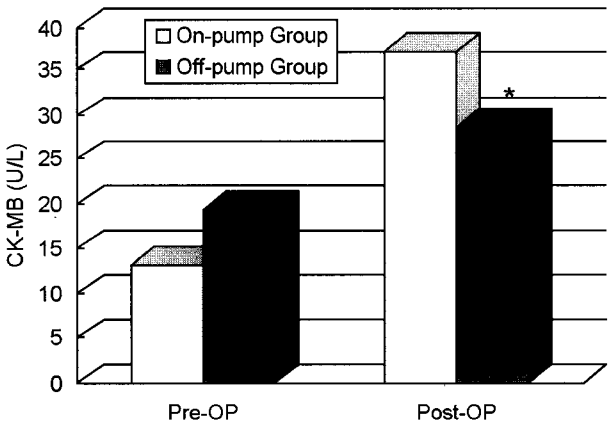

Fig. 1. Changes of creatine kinase-MB (CK-MB) levels in On-pump and Off-pump group. The CK-MB level at postoperative period was higher in On-pump group than in Off-pump group (*, P<0.05 when compared with Off-pump group).

activated partial thromboplastin time (aPTT)을 각각 측정하여 실험군 간에 비교 평가하였다.

3) 심근평가 효소

양 군 모두 수술 전과 후에 혈압감시용 요골동맥 카테터로부터 혈액 2 cc를 각각 채취하여 혈청으로 원심분리 후 심근기능 평가 효소인 creatine kinase isoenzyme인 CK-MB 농도와 lactate dehydrogenase 농도를 측정하여 실험군 간에 비교 평가하였다. CK-MB는 Enzyme immuno-inhibition method에 의해 CK-MB catridge kit를 이용하여 Vitros 950 장비 (Johnson & Johnson, USA)로 측정하였고, LDH는 Enzyme method에 의해 LD catridge kit를 사용하여 상기의 동일 장비로 측정하였다.

4) 폐기능 평가

양 군 모두 수술 후에 혈압감시용 요골동맥 카테터로부터 혈액 2 cc를 각각 채취하여 동맥혈액가스 분석을 하여 폐기능을 실험군 간에 비교 평가하였다.

5) 수술 후 혈액제제 사용량

양 군 모두 수술 후 혈액제제 (전혈, 농축적혈구, 신선냉동혈장, 농축혈소판) 사용량을 조사하여 실험군 간에 비교 평가하였다.

6) 기타 변수

수술 시 사용한 헤파린 및 프로타민 총량, 수술 후 출혈량, 기계호흡보조 시간, 중환자실 치료기간, 재원일수, 수술 후 intraaortic balloon pump (IABP) 적용 유무, 기타 합병증 등을 조사하여 실험군 간에 비교 평가하였다.

6. 자료의 분석 및 통계처리

양 군 간 모든 변수들의 비교에는 unpaired t-test와 χ^2 test를 이용하여 검정하였다. 자료 분석은 전문통계 프로그램인 SPSS를 사용하였고 P<0.05일 때 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였으며 모든 자료의 값은 평균±표준편차로 표시하였다.

결 과

1. 혈액학적 변수

수술 후 총 백혈구 수는 비체외순환군이 체외순환군보다 유의하게 더 낮았고 (10.37±2.91×10^3/mm^3 vs 13.81±3.60×10^3/mm^3, P=0.04) 혈소판 수, 적혈구 수, 혈색소, 헤마토크리트는 비체외순환군이 체외순환군 보다 유의하게 더 높았다 (P<0.05, Table 2). 나머지 변수인 PT와 aPTT는 수술 후 양 군 간 유의한 차이가 없었다 (P>0.05, Table 2).

2. 심근 효소

수술 후 CK-MB 농도는 비체외순환군이 체외순환군 보다 유의하게 덜 증가되었고 (28.46±10.38 vs 37.26±12.70 U/L, P=0.04, Fig. 1), LDH 농도 역시 비체외순환군이 상대적으로 더 낮았다 (533.53±89.04 vs 856.40±114.62 U/L, P=0.03, Fig. 2).

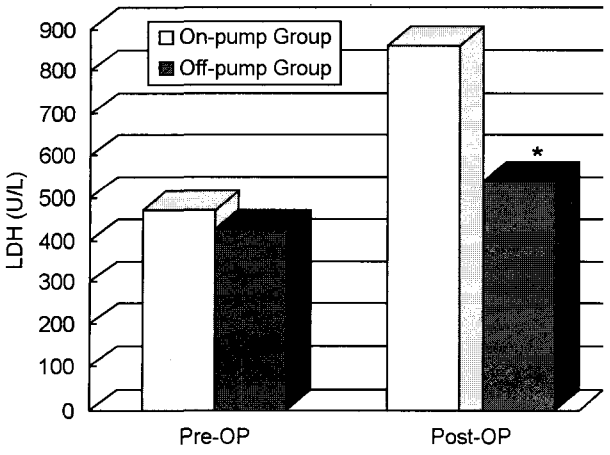

Fig. 2. Changes of lactate dehydrogenase (LDH) levels in On-pump and Off-pump group. On-pump group had significantly higher LDH level than Off-pump group at postoperative period (*, $P<0.05$ when compared with On-pump group).

Table 3. Postoperative blood gas analysis in two groups

Variable	Group	
	On-pump	Off-pump
pH	7.48±0.01	7.41±0.01
pCO_2 (mmHg)	36.64±7.52	38.21±5.124
pO_2 (mmHg)	105.16±19.97	103.21±17.75
O_2 sat (%)[a)]	97.45±11.30	97.52±10.08
BE (mEq/L)[b)]	3.24±0.70	0.06±0.0
Bicarbonate (mmol/L)	26.67±7.28	25.49±6.51
TCO_2[c)]	27.65±5.62	25.49±4.37

Data were expressed as mean ± SD. a): oxygen saturation, b): base excess, c): total CO_2 content

3. 동맥혈액가스

수술 후 동맥혈액가스 분석결과는 양 군 간 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$, Table 3).

4. 수술 후 혈액제제 사용량 및 출혈량

수술 후 혈액제제 사용량은 비체외순환군이 체외순환군 보다 유의하게 적었고 출혈량 역시 유의하게 더 적었다 ($P<0.05$, Table 4).

5. 기타 변수

수술 시 헤파린 및 프로타민 사용량은 비체외순환군이 체외순환군 보다 유의하게 적었고 ($P<0.05$, Table 1), 수술 후 기계호흡보조 시간 및 중환자실 치료기간은 비체외순환군이 체외순환군 보다 유의하게 짧았고 흉막삼출 사례 역시 비체외순환군이 상대적으로 적었다 ($P<0.05$, Table 5). 재원일수는 양 군 간에 유의한 차이가 없었고, 부정맥, 심막삼출, 발열, 심각한 출혈증, 수술 부위 감염, 신장기능부전, 다장기 기능부전, 협심증, IABP 적용례 등은 비체외순환군이 체외순환군 보다 적었으나 통계적 유의함이 없었다 ($P>0.05$, Table 5).

Table 4. Volumes of postoperative blood usage and blood loss in two groups

Variable	Group	
	On-pump	Off-pump
Whole blood (pint)	0.03±0.0*	0.06±0.0
Packed cell (pint)	1.03±0.01*	0.87±0.0
Fresh frozen plasma (pint)	2.23±0.02*	0.6±0.0
Platelet (pint)	1.67±0.01*	0
Blood loss (mL)	857.83±352.70*	478.01±85.61

Data were expressed as mean ± SD. *: $P<0.05$ (compared with Off-pump group)

Table 5. Postoperative outcomes in two group

Variable	Group	
	On-pump	Off-pump
Ventilation time (hr)	33.77±15.42*	22.33±10.71
ICU-stay (hr)	106.23±37.06*	70.48±21.50
Hospitalization (day)	20.13±8.40	20.73±5.24
Arrhythmias (case)	7	6
Pericardial effusion (case)	2	0
Pleural effusion (case)	3*	0
Fever (case)	1	0
Bleeding-reop (case)[a)]	2	0
Wound infection (case)	1	0
Renal failure (case)	1	0
Multiorgan failure (case)	1	0
Angina symptom (case)	1	0
IABP insertion (case)[b)]	1	0

Data were expressed as mean ± SD. *: $P<0.05$ (compared with Off-pump group). a): reoperation due to postoperative bleeding, b): intraaortic balloon pump

고 찰

심장수술 시 보편적으로 적용하는 체외순환은 모세혈관 투과성의 증가로 인한 간질액의 축적, 발열반응, 백혈구 수의 증가, 출혈경향, 저혈압, 그리고 간, 신장, 심장, 폐와 같은 주요장기의 기능장애를 포함하여 수술 초기에 생리학적 및 면역학적 변화를 초래하는 것으로 인식되고 있으며 이러한 일련의 병태생리학적 변화들은 체외순환 시 사용하는 수액 제제와 시스템에 기인한다 (Kirklin, 1991). 체외순환 시 심폐기 충전에 따른 혈액희석으로 혈장 단백질이 희석되어

교질 삼투압이 감소하여 간질성 부종이 발생된다. 또한 histamine, serotonin, lysosomal enzyme 등과 같은 vasoactive amine의 유리와 kinin의 생성으로 모세혈관 투과성이 증가되고 혈장 내 삼투압이 감소되며 간질 내 삼투압이 증가됨으로써 간질성 부종이 더욱 증가하게 된다. 또한 인공심폐기의 작동으로 인해 혈구 성분들이 물리적 손상을 받게 되고 이로 인한 용혈이 일어나고 체외순환 회로 및 산화기와 같은 인공합성물질의 비내피적 표면에 대한 혈액의 접촉으로 인해 혈장 단백질, 섬유소원, 혈소판 등의 흡착이 일어나게 된다. 이러한 비내피적 표면에 대한 혈액의 접촉은 비특이적인 전신 염증반응의 원인이 되는데, 먼저 혈장 단백질들의 활성화가 일어나며 그 결과로 coagulation cascade, complement cascade, kallikrein과 같은 용해성 염증 매개체의 활성화 및 유리기산소와 같은 세포 독성물질 생성을 유도한다 (Westaby, 1987). 게다가 체외순환은 혈장 단백질의 변성과 지방 변성을 일으키며, 뇌혈류의 감소, 미세물질 색전증, 공기 색전증으로 인한 뇌세포 장애를 유발시키기도 한다.

이러한 유해한 효과들을 예방하기 위해 heparin-coated circuit, steroid, aprotinin, 혈액 여과법 등을 사용하고 있으나 근본적인 해결책은 되지 못 한다 (Park et al., 2001). 결국 이와 같은 상황들이 여러 연구그룹들로 하여금 체외순환을 적용하지 않는 심혈관 수술 기법에 관한 활발한 실험 및 연구를 유도하게 되었다.

체외순환 없이 심장박동 상태 하에서 시행하는 관상동맥우회술은 수술수기상의 몇몇 어려운 문제점들을 갖고 있다. 심장박동으로 인해 혈관사이의 정교한 문합이 어렵고 문합을 위하여 절개한 관상동맥으로부터 흘러나오는 혈류로 인하여 수술 시야의 확보가 어려울 뿐만 아니라 심장의 뒤쪽에 위치한 관상동맥 분지의 문합을 하기 위하여 심장을 들어올리면 혈압이 감소한다 (Fritz et al., 1999; Kim et al., 2000). 그러나, 최근 특별히 고안된 기계적 고정기구인 CTS stabilizer와 Octopus tissue stabilizer의 개발과 IABP (intraarotic balloon pump: 대동맥내 풍선펌프) 등의 사용 등으로 이러한 문제점들이 많이 해소되었다.

Keith 등 (Keith et al., 1997)은 체외순환비적용 관상동맥우회술이 체외순환을 동반한 전통적 술식에 비해 수술 후 심방세동 발생률, 호흡기 의존시간, 수혈량, 심장의 회복 기간, 병원 체류시간이 현저하게 낮았다고 보고 하였고, Brasil 등 (Brasil et al., 1998)은 체외순환비적용 관상동맥우회술이 전통적인 술식 보다 tumor necrosis factor-α 농도, 총 백혈구 수, 적혈구침강률이 더 적었다고 보고 하였다.

이외에도 최근의 많은 연구들은 체외순환비적용 관상동맥우회술 환자군이 전통적 수술기법인 체외순환 동반 관상동맥우회술 환자군 보다 혈중 C3a 농도, IL-8 레벨, sE-selectin 레벨, elastase 레벨, 유리산소기로 인한 산화성 스트레스, 뇌손상 표지단백인 S-100 protein 레벨 등이 유의하게 더 낮았다고 보고함으로써 이 새로운 수술기법의 임상적 유용성을 지지하였다 (Matata et al., 2000; Wandschneider et al., 2000).

한편 본 연구자들이 전향적으로 조사한 결과를 보면 혈액학적 변수 중 체외순환군이 비체외순환군 보다 총 백혈구 수는 유의하게 높고 혈소판 수, 적혈구 수, 헤마토크리트, 혈색소 농도 등은 더 낮음으로써 체외순환으로 인한 전신염증반응의 발생 정도와 혈구성분의 손상 정도가 더 심하였음을 알 수 있었다.

체외순환으로 인한 혈소판 수의 급격한 저하의 요인으로는 충전액으로 인한 혈액희석, 사용한 헤파린 및 프로타민이나 헤파린-프로타민 복합체 (heparin-protamine complex)에 의한 혈소판 응집, 용혈된 적혈구로부터 유리된 ADP 등으로 인한 혈소판 응집, 산화기 및 인공순환회로에 대한 혈소판 부착, 간이나 비장 내의 혈소판 격절 (sequestration) 등을 들 수 있고 기능적 손상 역시 동반된다 (Hope et al., 1981; Campbell, 1991). 체외순환군에 있어 상대적으로 심한 전신염증반응은 수술 후 환자의 회복을 어렵게 하는 합병증 발생의 원인이 될 수도 있으며, 체외순환 실시로 인한 혈소판 수의 감소와 기능적 손상은 수술 후 출혈의 주요한 원인이 되어 재수술이나 혈액제제 사용량의 증가를 가져올 수 있고 혈액희석으로 인한 적혈구 용적률 및 혈색소 농도의 저하는 전신 산소운반률의 감소를 동반할 수 있다. 이러한 체외순환의 유해한 효과가 본 연구에 있어 수술 후 체외순환군이 통계적으로 유의하게 더 높은 출혈률과 더 많은 혈액제제의 사용 결과로 이어졌다. 심장수술 시 많은 혈액제제의 사용은 수술 후 호흡기계 감염, 종격동염, 창상 감염, 알레르기 반응 등과 같은 세균성 감염을 증가 시킬 수 있으며, 체외순환을 적용하지 않는 관상동맥우회술이 전체적인 혈액사용량을 줄일 수 있어 수혈로 인한 세균성 감염 예방에 유리하다 (Chelmer et al., 2002).

저자들의 연구에서 수술 후 출혈로 인해 재수술을 시행한 사례는 체외순환군에 2명 있었으나 비체외순환군은 전혀 없었다. 비록 양 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다고는 하나 의학적 관점에 있어 재수술은 환자에게 매우 위험하고 치명적일 수도 있다. 수술 후 출혈로 인한 재수술은 환자의 유병률 및 사망률 증가의 중요한 예측 인자가 되며 재수술을 받지 않은 환자에 비해 수술 사망률이 약 4.8배나 더 높다 (Moulton et al., 1996).

본 연구에서 관상동맥우회술 시행 동안 사용한 헤파린 및 프로타민 총량 역시 체외순환군이 비체외순환군 보다 훨씬 높았는데, 이 두 가지 약물은 이미 전술한 부작용 외에도 헤파린의 경우 프로타민으로 중화시켜도 환자에 따라서는 수술 후 rebounding 현상으로 심각한 출혈의 주요 원인이 될 수도 있고, 프로타민의 경우 헤파린과 함께 복합체를 형성

하여 고전경로를 통한 보체계를 활성화시킴으로써 급작스런 저혈압 및 쇼크의 원인이 된다 (Kirklin et al., 1986). 따라서 헤파린과 프로타민의 사용량이 상대적으로 더 많은 체외순환군이 비체외순환군 보다 이러한 잠재적 위험요인에 처할 가능성이 훨씬 높을 것이다.

한편 심근 효소 분석결과를 보면 수술 후 CK-MB와 LDH 농도 둘 다 체외순환군이 비체외순환군 보다 유의하게 높음으로써 체외순환 시 비록 적절한 심근보호 기법을 사용할지라도 관상동맥 교차 차단에 따른 허혈성 심근손상이 필연적으로 발생함이 시사되었다.

최근 관상동맥우회술 환자의 고령화와 기존의 다른 질환 합병 가능성을 고려해 볼 때 수술 중 보다 심한 심근손상은 환자회복의 중요한 변수로 작용할 수 있다.

그 외 수술 후 변수들 중 호흡기의존 시간과 중환자실 치료기간 역시 체외순환군이 비체외순환군 보다 유의하게 길어짐에 따라 이와 관련된 의료비용 증가 가능성과 체외순환의 손상적 효과가 시사되었다. 본 연구의 이러한 결과들은 체외순환을 동반하지 않은 관상동맥우회술이 체외순환 동반 관상동맥우회술 보다 의료비용 관점에서 경제적이고 효율적이라는 최근의 연구보고 (Ascione et al., 1999)와 일치한다. 기타 나머지 합병증과 관련된 변수들의 경우 비체외순환군은 거의 발생되지 않았는데 비해 체외순환군의 경우 1명 혹은 2명 정도의 발생률을 보였으나 통계적 유의함은 없었다.

이상의 연구 결과를 요약해 볼 때 체외순환을 동반하지 않은 관상동맥우회술은 체외순환으로 인한 염증반응, 혈구손상, 심근손상, 수술 후 합병증 발생 등의 문제와 의료비용을 줄일 수 있는 바람직하고 이상적인 술식으로 생각된다. 그러나 비체외순환 관상동맥우회술이 체외순환 관상동맥우회술 보다 수술 후 혈관 개통률이 상대적으로 낮다는 연구보고 (Gundry et al., 1998)가 있음에 따라 향후 더 많은 환자를 대상으로 한 보다 장기적인 추적을 통해 이식혈관 개통률에 대한 지속적 연구조사가 필요하리라 판단된다.

REFERENCES

Ascione R, Lloyd CT, Underwood MJ, Lotto AA, Pitsis AA, Angelini GD. Economic outcome of off-pump coronary artery bypass surgery: A prospective randomized study. Ann Thorac Surg. 1999. 68: 2237-2242.

Brasil LA, Gomes WJ, Salomão R, Buffolo E. Inflammatory response after myocardial revascularization with or without cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg. 1998. 66: 56-59.

Campbell FW. The contribution of platelet dysfunction to post-bypass bleeding. J Cardiothorac Anesth. 1991. 5: 8-12.

Chelmer SB, Prato BS, Jr Cox PM, O'Connor GT, Morton JR. Association of bacterial after coronary bypass surgery. Ann Thorac Surg. 2002. 73: 138-142.

David AB, Leigh AN, James CS. Coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass versus off-pump cardiopulmonary bypass grafting: Does eliminating the pump reduce morbidity and cost ? Ann Thorac Surg. 2001. 71: 170-175.

Fritz JB, Ali G, Eli RC. Technical aspects of total revascularizatuion in off-pump coronary bypass via sternotomy approach. Ann Thorac Surg. 1999. 67: 1653-1658.

Gundry SR, Romono MA, Shattuck OH, Razzouk AJ, Bailey LL. Seven year follow-up of coronary artery bypasses performed with and without cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg. 1998. 115: 1273-1278.

Hope AF, Heyns AD, Loter MG. Kinetics and sites of sequestration of indium 111-labeled human platelets during cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg. 1981. 81: 880-886.

Keith BA, Robert GM, Robert JR. Minimally invasive versus conventional reoperative coronary artery bypass. Ann Thorac Surg. 1997. 64: 616-622.

Kelly CK, Ruth AA, Joseph JS. Coronary artery bypass grafting with and without cardiopulmonary bypass: A comparison analysis. JECT. 2001. 33: 86-90.

Kim KB, Lim HG, Huh JH, Ahn H, Ham BM. Off-pump coronary artery bypass grafting. Kor J Thorac Cardiovasc Surg. 2000. 33: 38-44.

Kirklin JK. Prospects for understanding and eliminating the deleterious effects of cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg. 1991. 51: 529-531.

Kirklin JK, Chenoweth DE, Naftel DC. Effects of protamine administration after cardiopulmonary bypass on complement, blood elements, and the hemodynamic state. Ann Thorac Surg. 1986. 41: 193-199.

Martin C, Harald B, Juliane K. Complete revascularization in coronary artery bypass grafting with and without cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg. 2001. 71: 165-169.

Matata BM, Sosnowski AW, Galiñanes M. Off-pump bypass graft operation significantly reduces oxidative stress and inflammation. Ann Thorac Surg. 2000. 69: 785-791.

Moulton MJ, Creswell LL, Mackey ME. Reexploration for adverse outcomes after cardiac operations. J Thorac Cardiovasc Surg. 1996. 111: 1037-1046.

Park CB, Kwon JB, Park K, Won YS. Coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass versus without cardiopulmonary bypass. Kor J Thorac Cardiovasc Surg. 2001. 34:

591-596.

Wandschneider W, Thalmann M, Trampitsch E, Ziervogel G, Kobinia G. Off-pump coronary bypass operations significantly reduce S 100 release: An indicator for less cerebral damage ? Ann Thorac Surg. 2000. 70: 1577-1579.

Westaby S. Organ dysfunction after cardiopulmonary bypass: A systemic inflammatory reaction initiated by the extracorporeal circuit. Intensive Care Med. 1987. 13: 89-95.

Yoo KJ, Lim SH, Song SW, Kim CY, Hong YS, Chang BC. The comparison of clinical study of off pump and on pump CABG. Kor J Thorac Cardiovasc Surg. 2002. 35: 261-266.