

수혈 없이 시행한 개심술

김건일* · 이원용* · 김형수** · 김 신*

Open Heart Surgery without Transfusion

Kun Il Kim, M.D.*, Weon-Yong Lee, M.D.*, Hyoung-Soo Kim, M.D.**, Shin Kim, M.D.*

Background: Although complications from transfusion are known to happen, transfusion is performed during most open heart surgeries. The aim of this study was to investigate the possibility of performing cardiac surgery without allogenic blood transfusion. **Material and Method:** Between January to August 2007, 44 consecutive patients who underwent open heart surgery with using various blood conservation methods were retrospectively enrolled. They were divided into group I (the onpump group, n=17) and group II (the offpump group, n=27). The blood conservation methods were intraoperative autologous donation, cell saver, retrograde autologous priming, conventional ultrafiltration and modified ultrafiltration. Antianemic agents were administered to all the patients postoperatively. We analyzed the possibility of bloodless operations, the causes of homologous transfusion, the serial change of the hematocrit and the postoperative chest tube drainage, and we compared the results between the two groups. If comparison between the two groups was not reasonable, then we compared two groups with the individual control groups I and II (49 patients) in 2006. **Result:** 40 (90.9%) of 44 patients were successfully operated on without transfusion and the success rate was 88.2% (15/17) for group I and 92.6% (25/27) for group II. There was no statistical difference between the two groups (p=NS). The causes of transfusion were 2 cases of postoperative bleedings, 1 case of intraoperative bleeding and 1 mistake of the indication for transfusion. There was no statistical difference of the total chest tube drainage (Group I: 417±359 mL, Group II: 451±237 mL) (p=NS), but the total chest tube drainages of the two groups were less than each of the control groups 1 and II (p<0.05). The lowest hematocrit level of Group I was 16.4±2%, and this occurred just after infusion of cardioplegics and the hematocrits of both groups were recovered to the preoperative level at 2 months postoperatively. **Conclusion:** In this study, bloodless open heart surgery could be performed in 90.9% of the patients with intraoperative autologous donation, cell saver, retrograde autologous priming, conventional ultrafiltration and modified ultrafiltration. A combination of various blood conservation methods is the most important and bloodless cardiac surgery could be performed with meticulous bleeding control and strictly following the transfusion indications.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2009;42:184-192)

Key words: 1. Blood transfusion
2. Cardiopulmonary bypass

*한림대학교 의과대학 성심병원 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Hallym University Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine

**한림대학교 의과대학 춘천성심병원 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Hallym University Medical Center, Hallym University College of Medicine

†본 논문은 대한흉부외과학회 제39차 추계학술대회에서 구연발표되었음.

논문접수일 : 2008년 9월 19일, 심사통과일 : 2008년 10월 14일

책임저자 : 이원용 (431-828) 경기도 안양시 동안구 평촌동 896, 한림대학교 성심병원 흉부외과

(Tel) 031-380-3818, (Fax) 031-380-3816, E-mail: lwy1206@hallym.or.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

서 론

동종 수혈로 인한 부작용은 널리 알려져 있고 헌혈 감소로 인한 혈액 제재의 부족, 환자들 인식 변화로 인한 수혈 거부감 등으로 점차 수혈 없이 시행하는 심장 수술에 대한 관심이 높아지고 있다. 과거에는 수혈을 거부하는 여호와의 증인(Jehovah's Witnesses) 환자를 대상으로 많은 연구들이 시행되었고[1], 대상이 확대되면서 더욱 다양한 혈액보존법과 장비들이 개발 되어 왔다. 최근에는 이러한 혈액보존법을 병합 적용하여 대부분의 환자에서 수혈 없이 심장 수술이 가능하였다는 연구 결과가 보고되고 있다 [2]. 하지만 이러한 혈액보존법들은 비용적 측면이나 시간 제약, 각 병원의 상황 등으로 사용하기 어려운 방법들도 많이 있다[3,4]. 저자들은 개심술 시 동종 수혈을 피하고자 다양한 혈액보존법을 적용하여 수술을 시행하였고 수혈 없이 개심술이 가능한지와 각 혈액보존법의 효과 등을 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1) 연구대상

2007년 1월부터 8월까지 다양한 혈액보존법을 병합 적용하여 연속적으로 심장수술을 시행 받은 44명(남자 26명, 여자 18명)을 대상으로 하였다. 같은 기간에 수술한 환자 중 술 전 빈혈(적혈구 용적률 <30%) 5예, 재수술 2예, 소아환자 2예, 응급수술 1예, 그리고 대동맥 수술 1예는 대상에서 제외하였다. 대상 환자는 두 군으로 나누어 I군(심폐기군)은 심폐기 가동 하에 수술을 시행한 환자로 17명(38.6%)이었고, II군(무심폐기군)은 무심폐기 관상동맥우회술 환자로 27명(61.4%)이었다. 각 혈액보존법 적용 결과, 동종 혈액의 수혈 여부 및 원인, 수술 전과 후의 적혈구 용적률의 변화, 술 후 흉관 배액량을 포함한 수술 결과 등을 비교하였고 심폐기 관련 데이터 등 두 군간 비교가 적절치 않은 경우에는 혈액보존법을 적용하기 전인 2006년에 수술한 환자 49명을 대조군 I (심폐기군, 24명), II (무심폐기군, 25명)로 하여 각각 비교하였다. 대조군 환자들은 기존 관행대로 적혈구 농축액 3단위, 신선동결혈장 3단위, 혈소판농축액 8단위를 일괄 준비하여 수술 중과 후에 수혈하였으며 혈구세척기(Cell saver) 사용 이외에 다른 혈액보존법은 적용하지 않았다. 또한 엄격한 수혈기준이 없어 담당의사의 임상적 판단에 따라 수혈이 시행되었다. 술 전 두 군 비교에서 I군(심폐기군)의 나이가 II군(무심

Table 1. Preoperative data

	Group I (n=17) (onpump)	Group II (n=27) (offpump)	p value
Age (years)	53.2±11	63.3±11	0.005
Male sex	8 (47.1%)	18 (66.7%)	NS
BSA (m ²)	1.64±0.17	1.69±0.13	NS
Sternotomy	7 (41.2%)	27 (100%)	0.0001
MIS	10 (58.8%)	0 (0%)	
Procedures		27 (100%)	
OPCAB			
Valve (±Maze)	6 (35.3%)		
CABG	3 (17.6%)		
CABG + Valve	1 (5.9%)		
Others	7 (40.6%)		
Preop. EF (%)	56.2±11	52.0±14	NS
Preop. Cr (mg/dL)	0.82±0.2	0.91±0.2	NS
Antiplatelets	1 (5.9%)	9 (33.3%)	0.036
Heparin use	3 (17.6%)	11 (40.7%)	NS
Hematocrit (%)	39.8±5.0	40.1±5.5	NS
Platelets (×10 ³ /μL)	264±61	256±87	NS
Preop. ACT (sec)	127±8	121±12	NS
Preop. PT (INR)	1.04±0.01	1.06±0.16	NS
Preop. aPTT (sec)	37.2±11.9	45.5±21.9	NS

BSA=Body surface area; MIS=Minimal invasive surgery; OPCAB=Off-pump coronary artery bypass; EF=Ejection fraction; ACT=Activated clotting time; PT=Prothrombin time; INR=International normalized ratio; aPTT=Activated partial thromboplastin time.

폐기군)보다 적었고(p=0.005), I군 환자 중 10명(58.8%)은 정중흉골절개술이 아닌 우측 소개흉술이나 흉골 부분 절개술 등 최소 침습 절개법을 사용하였다. 수술 전 3일 이내까지 항혈소판제재를 복용한 환자가 II군이 더 많았고(p=0.036), 이 외 적혈구 용적률이나 혈액 응고 검사 결과 등은 차이가 없었다(p=NS)(Table 1).

2) 혈액보존법

(1) 수술 중 자가 혈액 채취(intraoperative autologous doanation, IAD): 마취 후 우측 내경 정맥에 폐동맥압 감시용 Two-Lumen central venous catheter (Arrow international Inc, US)를 삽입한 후 그 원위부 가지(distal port)를 통해 통상 헌혈 시 사용되는 citrate-phosphate-dextrose (CAPD-1) 혈액백(Baxter Healthcare Corp, Deerfield, IL)에 자가 혈액을 채취하였다. 채취 혈액량은 적혈구 용적률에 따라 30~35%인 경우 1단위(unit), 36~40%인 경우 2단위, 41~45%인 경우 3단위, 46% 이상인 경우에는 4단위를 채취하였다. 채취 중에는 수축기 혈압이 90 mmHg 이상이 되도록

정질성 용액을 1 : 1 ~ 1 : 1.5로 폐동맥압 카테터의 원위부 혹은 말초 정맥을 통하여 주입하여 정상 혈량을 유지하였다. 채취한 혈액은 주입 시까지 혈액 보관용 냉장고에 보관하였고 수술이 끝나 프로타민을 주입한 후 주요 외과적 출혈이 없으면 재주입하였다.

(2) **혈구세척기(cell saver)를 이용한 자가수혈**: 모든 환자에서 혈구세척기(autoLog™ Autotransfusion system, Medtronic, US)를 피부 절개 시점부터 봉합 시까지 사용하였으며, 심폐기를 사용하는 경우에는 심폐기 가동 전, 그리고 프로타민 주입한 이후의 모든 혈액을 흡입 처리하였다. 무심폐기 관상동맥우회술의 경우에는 수술 중 불필요한 수액의 주입과 이로 인한 혈액희석을 줄이고자 주입 빈도를 최대한 높이려 하였다. 따라서 혈구세척기에 혈액이 약 300 mL 이상 모이지면 바로 처리 주입하였고 수술당 약 4~5회의 세척 주입이 시행되었다. 세척 후 주입되는 혈액의 적혈구 용적률은 약 30~40% 정도였다.

(3) **역행성 자가 혈액 충전법(retrograde autologous priming, RAP)**: 역행성 자가 혈액 충전을 위해 체외순환로에 동맥라인과 정맥라인 사이에 재순환 라인을 연결시키고, 동맥 여과기(Arterial filter)에 라인을 연결하여 PVC (polyvinyl chloride) 수액백에 연결시킨다. 먼저 심폐기 회로를 정질액으로 충전한 후 정맥라인의 정질액을 정맥저혈조로 내려 보내고, 동맥롤러펌프를 서서히 가동하여 정맥저혈조의 눈금이 50~100 mL가 되기 까지 정질액을 제거한다. 그리고 정맥저혈조 이후(열교환기와 산화기)의 정질액 제거를 위해 정맥저혈조에 20% 알부민 200 mL, 20% 만니톨 100 mL를 추가하고 다시 펌프를 가동하여 약 300 mL의 정질액을 더 제거한다. 동맥관 삽입 후에는 동맥라인의 겹차를 풀어 혈액이 동맥라인의 정질액을 밀어 내면서 채워 지게 한다. 이후 재순환 라인을 이용하여 빈 정맥라인도 자가 혈액으로 채운다.

역행성 자가 충전기간 동안 수축기 혈압은 최소한 80 mmHg 이상을 유지하도록 하였고 필요한 경우 페닐에프린 등의 승압제를 사용하였다.

(4) **기존 초여과법(conventional ultrafiltration) 및 변형 초여과법(modified ultrafiltration)**: 심폐기 가동 직후부터 체외순환로 중간에 설치된 초여과기(hemofilter, GAMBRO®, Germany)를 이용하여 지속적으로 초여과법을 시행하였고 적절히 혈액 농축을 시행하여 심폐기 가동 중 적혈구 용적률을 15% 이상으로 유지하였다. 심정지액은 심실 세동하에 수술한 심방중격결손증 환자 1예와 박동하 관상동맥우회술을 시행한 1예를 제외한 모든 예에서 Histidinetryp-

tophan-ketoglutarate 용액(HTK 용액) 2 L를 사용하였고 이로 인해 심정지 유도 직후에는 혈액 희석이 심화되므로 음압을 적용한 초여과법을 시행하여 단시간 내(5~10분) 주입된 심정지액 만큼의 수액을 제거하여 적혈구 용적률을 15% 이상으로 유지하고자 하였다. 심폐기 이탈 후에는 정맥 라인에 16분의 3인치 라인을 추가 연결하고 동맥혈을 초여과기를 이용하여 농축, 다시 정맥 라인으로 재주입하는 방법으로 변형 초여과법을 시행하였고 완료 직후 적혈구 용적률을 측정하였다.

(5) **기타**: 심폐기군에서는 아프로티닌을 저용량 요법(a half Hammersmith Hospital regimen)으로 사용하였고 무심폐기군에서는 수술 후 첫 1시간 동안 흉관 배액량이 200 mL 이상인 경우에만 100만 단위를 1시간에 걸쳐 정주하였다. 수술 중, 후로 가능한 한 불필요한 수액의 주입을 삼갔으며, 최소 필요한 혈액 검사만을 시행하여 채혈로 인한 적혈구 손실을 최소화하였다. 수술 후 환자가 중환자실에 도착하면 온열기를 적용하여 환자의 체온증상을 예방하였고, 흉관을 통해 배액된 혈액의 재주입은 시행하지 않았다. 수술 다음날부터 철분 제제 및 비타민 제제 복용을 시작하였고 외래 진료 시 혈액 검사를 시행하여 술 전 적혈구 용적률로 회복되기까지 지속적으로 처방하였다.

3) 수혈 기준

심폐기 가동 중에는 2회 이상 연속적으로 적혈구 용적률이 15% 미만으로 측정되는 경우에 수혈을 시행하는데, 먼저 약 5분 정도 음압을 이용한 초여과법을 시행하여 적혈구 용적률 상승을 시도하고 추가 검사상 15% 미만으로 반복 측정되면 수혈을 시행하였다. 수혈은 먼저 자가 혈액을 심폐기에 추가하고, 이후 추가적인 수혈이 필요하면 농축적혈구를 사용하는 것을 원칙으로 하였다. 수술 후 수혈기준은 적혈구 용적률 21% 이하인 경우로 하였고, 출혈이나 혈액학적 불안정 등의 합병증이 있는 경우에는 예외로 하였다.

4) 통계 처리

모든 자료는 평균과 표준편차로 표시하였다. 연속 변수인 경우 Student t-test, 범주형 자료는 chi-square test를 이용하여 비교하였고, 두 군간 연속 변수의 변화 비교 시에는 repeated measures ANOVA를 이용하였다. p<0.05인 경우 통계적으로 유의한 것으로 판단하였고 통계 처리 프로그램은 SPSS 13.0을 이용하였다.

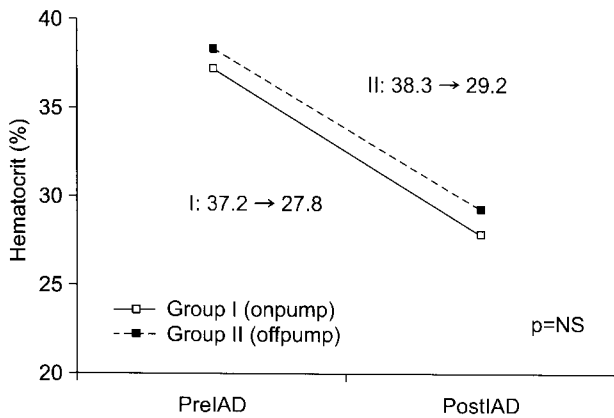


Fig. 1. Hematocrit change after intraoperative autologous donation (IAD).

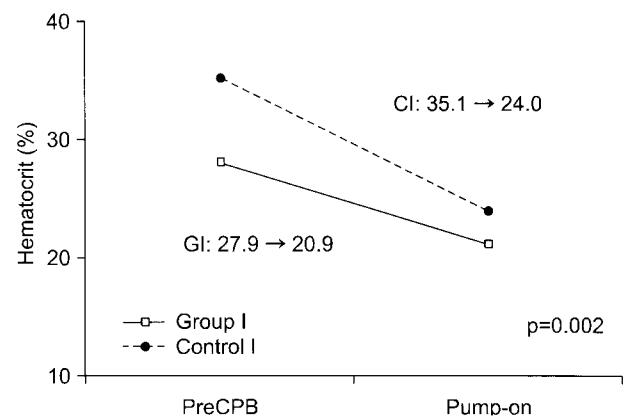


Fig. 2. Hemodilution effect of retrograde autologous priming after pump-on.

결 과

1) 수술 중 자가 혈액 채취(intraoperative autologous donation, IAD)

수술 중 자가 혈액 채취는 모든 환자에서 시행 가능하였으며 일시적으로 수축기 혈압이 90 mmHg 이하로 감소하는 경우가 있었으나 즉시 교정가능 하였고, 이 외 다른 연관 합병증은 없었다. 채취 혈액량은 환자당 2.4 ± 0.8 (1~4단위였고 1단위 6명(13.6%), 2단위 19명(43.2%), 3단위 15 (34.1%), 그리고 4단위 4명(1%)이었다. IAD시행 후 적혈구 용적률은 심폐기군의 경우 $38.3 \pm 5\%$ 에서 $27.8 \pm 5\%$ 로, 무심폐기군은 $38.3 \pm 6\%$ 에서 $29.2 \pm 4\%$ 로 감소하였고 감소 정도는 두 군간 차이가 없었다($p=NS$)(Fig. 1). 술 후 자가 혈액을 모두 주입하고 나서 적혈구 용적률은 $28.5 \pm 4\%$ 에서 $34.5 \pm 4\%$ 로 $5.83 \pm 5\%$ 상승하였다. $30.1 \pm 3\%$ 에서 $33.1 \pm 4\%$ 로 적혈구 용적률이 상승한 심폐기군에 비해 무심폐기군은 $27.7 \pm 4\%$ 에서 $35.3 \pm 5\%$ 로 통계적으로 유의한 상승을 보였다($p=0.01$).

2) 역행성 자가 혈액 충전법(retrograde autologous priming, RAP)

심폐기군 17명 전원에서 심각한 혈액학적 불안정 없이 역행성 자가 혈액 충전법이 가능하였으며 체외순환 라인으로부터 제거된 충전액량은 평균 900 ± 191 mL (800~1,300)였다. 심폐기 가동 전후로 적혈구 용적률은 $27.9 \pm 5\%$ 에서 $20.9 \pm 3\%$ 로 7.0% 감소하였다. 대조군 I (역행성 자가 혈액 충전법을 사용하지 않은 심폐기군)의 경우에는 $35.1 \pm 3\%$ 에서 $24.0 \pm 6\%$ 로 11.1% 감소하여 역행성 자가 혈

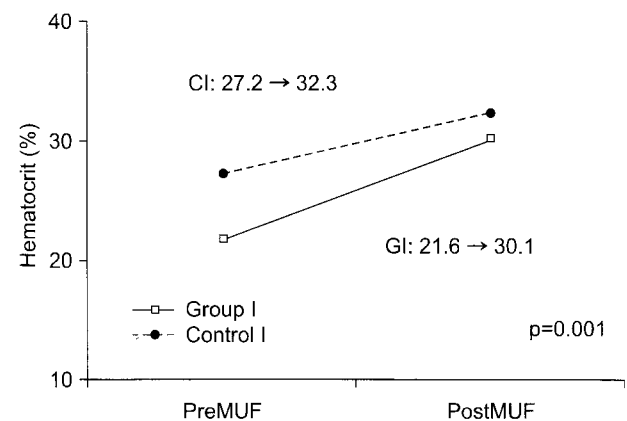


Fig. 3. Hematocrit change after modified ultrafiltration (MUF). CPB=Cardiopulmonary bypass.

액 충전법을 시행한 군에서 심폐기 가동 후 혈액 희석 정도가 덜하였다($p=0.002$) (Fig. 2).

3) 기존 초여과법(conventional ultrafiltration) 및 변형 초여과법(modified ultrafiltration)

심폐기군 모두에서 심폐기 가동 직후부터 기존 초여과법을 시행하였다. 이는 심폐기 가동 직후의 혈액 희석과 이후 심정지액 주입으로 인한 혈액 희석 심화에 대비하여 시행하였다. 심정지액을 주입한 후에는 적혈구 용적률이 더욱 감소하여 평균 16.4 ± 2 (14~21)%였고 이는 전체 수술 과정 중 최저 적혈구 용적률이었다. 술 중 적혈구 용적률이 15% 이하인 경우가 1예 있었는데, 승모판막 협착증과 심방 세동으로 우측 최소 개흉술을 통한 승모판막 치환술 및 MAZE 술식을 시행받은 51세 여자 환자에서

Table 2. Failure of bloodless surgery

	Group I (n=17) (onpump)		Group II (n=27) (offpump)	
Sex/Age	F/44	F/68	M/79	F/62
Operation	LA myxoma	MVR	OPCAB	OPCAB
Incision	Thoracotomy → sternotomy	Thoracotomy	Sternotomy	Sternotomy
Cause	Intraoperative Bleeding	Postoperative Bleeding	Intraoperative Low Hct	Error
CTD (mL)	780	1,780	1,180	320
pRBC (unit)	2	6	4	2
FFP (unit)	2	5	2	2

MVR=Mitral valve replacement; OPCAB=Off-pump coronary artery bypass; Hct=Hematocrit; CTD=Total chest tube drainage; pRBC=Packed red blood cell; FFP=Fresh frozen plasma.

Table 3. Postoperative results

	Group I (n=17) (onpump)	Group II (n=27) (offpump)	p value
Total OP time (min)	333±50	313±40	Ns
CPB time (min)	142±53		
ACC time (min)	91±44		
Postop. ACT (sec)	126±6	132±6	Ns
Postop. EF (%)	51.8±15	43.2±23	Ns
Postop. Cr (mg/dL)	0.91±0.3	0.97±0.2	Ns
Ventilator time (h)	6.6±5	5.7±4	Ns
CTD (total)	417±359	451±237	Ns
Reexploration for bleeding	0 (0%)	0 (0%)	Ns
OP mortality	0 (0%)	0 (0%)	Ns

OP=Operation; CPB=Cardiopulmonary bypass; ACC=Aortic cross clamp; ACT=Activated clotting time; EF=Ejection fraction; Cr=Creatinine, CTD=Chest tube drainage.

심정지액 주입 직후 14%의 적혈구 용적률이 측정되었으나 약 5분간 기존 초여과법으로 약 2,000 mL의 심정지액을 제거한 후 16%로 적혈구 용적률이 상승하여 심폐기 가동 중 수혈을 시행하지 않았고 술 후 특별한 합병증도 없었다.

심폐기 이탈 후에는 변형 초여과법을 시행하였고 제거된 수액은 평균 1,241±318 mL (800~2,000)였다. 변형 초여과법 전후로 적혈구 용적률은 21.6±3%에서 30.1±5%로 8.5±2% 상승하였고 대조군 I (변형 초여과법을 사용하지 않은 심폐기군)은 27.2±4%에서 32.3±7로 4.6±3% 상승하여 대조군 I에 비해 통계적으로 유의한 적혈구 용적률 상승이 관찰되었다(p=0.001) (Fig. 3).

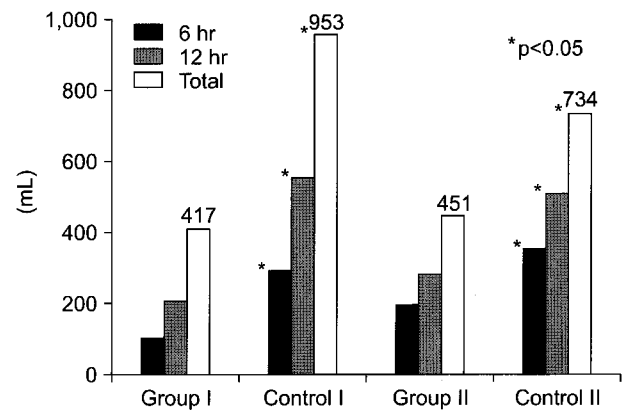


Fig. 4. Chest tube drainage. Group I & Control I=Onpump; Group II & Control II=Offpump.

4) 수혈 여부

전체 44명의 환자 중 40명(90.9%)에서 수혈 없이 수술이 가능하였다. 심폐기군 2명(실패율 11.8%), 무심폐기군 2명(실패율 7.4%)에서 동종 혈액 수혈이 시행되었고 두 군간 차이는 없었다(p=NS). 수혈이 시행된 원인으로 3예는 수술 중 또는 수술 후 출혈이었고, 1예는 연구 초기 마취의와 의사소통 문제로 특별한 이유 없이 수혈이 시행되었다(Table 2).

두 군간 총 수술 시간, 수술 후 검사 결과, 인공 호흡기 거치기간 등에서 차이가 없었고 두 군 모두 출혈로 인한 재수술이나 수술 사망은 없었다(Table 3).

수술 후 흉관 제거 시까지의 총 흉관 배액량은 심폐기군이 417±359 mL, 무심폐기군이 451±237 mL로 두 군간 차이는 없었다(p=NS). 하지만 혈액보존법 적용 전 수술

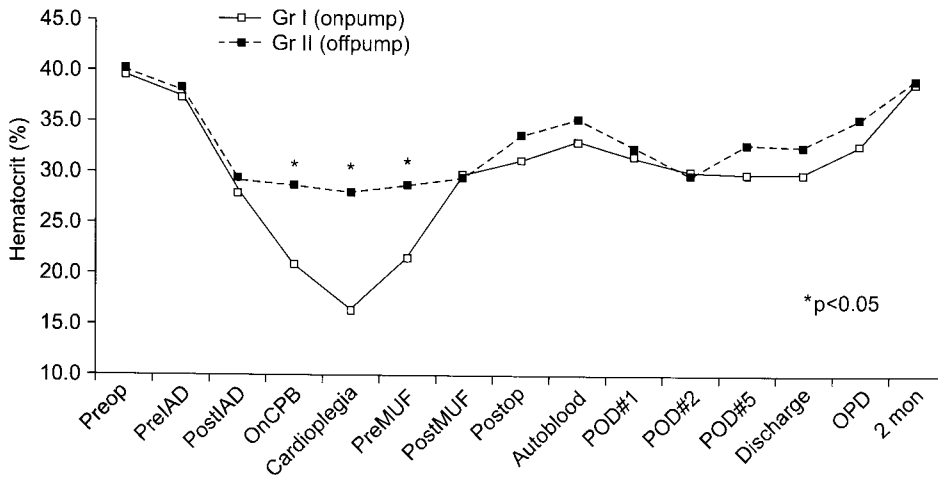


Fig. 5. Serial change of hematocrit (onpump vs offpump). IAD= Intraoperative autologous donation; CPB=Cardiopulmonary bypass; MUF= Modified ultrafiltration; POD= Postoperative day; OPD=Outpatient department.

환자인 각각의 대조군 I, II와 각각 비교할 때 수술 6시간, 12시간, 총배액량(대조군 I: 953±406 mL, 대조군 II: 734±382 mL) 모두 통계적으로 유의하게 배액량이 적었다(Fig. 4).

5) 적혈구 용적률의 변화 양상

I군(심폐기군)의 경우 자가 혈액 채취 후 37.2±5%에서 27.9±5%로 9.4±4% 감소하였고 심폐기 가동 후에는 20.9±3%로 감소하였다. 심정지액 주입 후 혈액 희석이 심화되어 술 중 최저 적혈구 용적률인 16.4±2%였다. 심폐기 가동 중에는 기존 초여과법을 지속적으로 시행하여 심정지액을 포함한 대부분의 추가 정질성액이 제거되므로 심폐기 가동 직후와 비슷한 21.6±3% 정도로 유지되었다. 심폐기 이탈이 끝나고 변형 초여과법으로 혈액 농축을 시행 후에는 30.1±5%로 평균 8.5±2%정도 적혈구 용적률이 상승하였다. 술 전 채취한 자가 혈액의 수혈 후에는 33.1±4%로 추가 상승하였다.

II군(무심폐기군)의 경우 자가 혈액 채취 후 38.3±6%에서 29.3±4%로 9.1±4% 적혈구 용적률이 감소하였고 수술 중 혈구 세척기를 사용하여 반복적으로 처리 주입하면서 수술을 시행하여 약 28%정도의 적혈구 용적률이 유지되었다. 술 후 자가 혈액을 수혈한 후에는 27.7±4%에서 35.3±5%로 상승하였고 I군에 비해 통계적으로 유의하게 적혈구 용적률이 상승하였다(p=0.01).

수술 전, 자가 혈액 채취 후, 자가 혈액 수혈 후, 수술 후의 적혈구 용적률은 두 군간 차이는 없었으나(p=NS), 수술 중 적혈구 용적률은 II군(무심폐기군)이 I군보다 높았다(p<0.05). 두 군 모두 수술 2개월째 외래에서 시행한 혈액 검사상 수술 전 수준의 적혈구 용적률로 회복되었다

(Fig. 5).

고 찰

동종 혈액 수혈로 인한 합병증은 이미 잘 알려져 있어 심장 수술 시 수혈을 피하고자 오래 전부터 여러 가지 다양한 혈액보존법들이 시행되고 있으나 여전히 많은 수혈이 이루어지고 있다. 수혈 없이 심장 수술을 시행하기 위해서는 1) 자가 혈액 손실의 최소화 및 자가 혈액 보존의 최대화, 2) 불필요한 혈액 희석의 최소화, 3) 자가 혈액 생산의 최대화, 4) 적정 혈액 응고 상태 유지, 5) 생리적으로 꼭 필요한 경우에만 수혈하려는 노력이 필요하다[2].

수술 전 자가 현혈을 시행하여 자기 혈액을 준비해 놓고 수술 전후로 필요하면 사용하는 방법(preoperative autologous donation)은 동종 수혈을 줄일 수 있는 매우 효과적인 방법이다. 특히 재조합 에리스로포이에틴(recombinant human erythropoietin)이나 철분 제재와 병합 사용하는 경우 더욱 효과적인 것으로 알려져 있다[5]. 하지만 1단위(unit)의 현혈을 위해서는 최소 3일, 평균 1주일 정도의 시간이 필요하여 번거로우며 수술 전 상태가 매우 안정적인 환자들만이 대상이 될 수 있는 등의 단점이 있어 실제 적용 환자는 매우 적다[3,6]. 또한 채혈 뒤 수혈 시까지 저장 과정이 필요하므로 동종혈액과 마찬가지로 혈액의 감염이나 인위적인 오류로 인한 부적합 수혈의 부작용이 생길 수 있다[4,5]. 본 연구에서도 수술 결정 후 수술 시까지 시간이 짧아 시행하지 않았다.

수술 중 마취 직후 자가 혈액을 채취 보관하였다가 수혈하는 방법(Intraoperative autologous donation, IAD)은 매우 중요한 수술 중 혈액 보존법으로 흉부외과 이외의 다

른 수술 분야에서도 많이 사용된다[2,7]. 이 방법은 수술 중 적혈구 용적률을 낮추어 출혈로 소실되는 적혈구를 최소화하고[5], 헤파린과 체외순환에 연관된 혈소판의 활성화 및 소모, 용혈, 보철 성분의 활성화 및 인터루킨(interleukin) 6, 인터루킨 8, 종양괴사물질(tumor necrosis factor) 등 염증 사이토카인(cytokines) 생성의 가능한 악영향으로부터 보존된 신선 혈액을 확보하는 장점이 있다[8]. 그리고 수술 직후 신선한 혈액 응고 인자가 포함된 자가 혈액을 수혈함으로써 더 완벽한 지혈을 기대할 수 있고 본 연구에서도 혈액보존법 적용 환자에서 총 흉관 배액량의 의미있게 감소하였다. 하지만 IAD로 인해 직접적으로 출혈량이 감소되어 흉관 배액량 감소의 결과를 보였는지에 대해서는 다소 이견이 있다[5,9]. 대조군과 비교하여 총 수술 시간에는 차이가 없었으나 정중 흉골 절개술을 시행하지 않은 최소 침습 수술 적용 환자가 더 많아 흉골 절개 부위에서의 출혈 감소, 자가 혈액 수혈, 변형 초여과법의 적용으로 인한 혈액 농축, 그리고 최소 침습 수술 등이 복합적으로 흉관 배액량 감소에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

혈구세척기(Cell saver)의 사용은 수술 중 소실되는 적혈구를 회수하여 세척, 주입하는 방법으로 이미 수혈을 줄일 수 있는 효과적인 방법으로 알려져 널리 사용되고 있다[7,10]. 기존의 혈구세척기 사용법은 심폐기 이탈 후 회수된 혈액을 모아 한번에 세척 처리하여 재주입하는 방식이 대부분으로 처리 혈액의 적혈구 용적률이 60% 정도로 높다는 장점이 있으나, 수술 중 정상 혈량 유지를 위해 지속적 수액 주입이 필요하고 이로 인한 혈액 희석으로 적혈구 용적률이 낮아져 동종 수혈이 필요한 상황이 올 수 있다. 따라서 저자들은 수술 중에 회수된 혈액을 수술 직후 모아서 한번에 처리하지 않고 일정량 회수 시 즉시 세척 처리하여 주입함으로써 수술 중 만족할 만한 혈액학 및 적혈구 용적률을 유지할 수 있었다. 특히 무심폐기 관상동맥우회술을 시행하는 경우에는 술 중 불필요한 수액이 과도하게 주입되는 상황을 피할 수 있었다고 생각한다.

또 한가지 수혈 없이 심장 수술을 시행하기 위해 중요한 점은 심폐기 가동 중 최소 적혈구 용적률을 어느 정도까지 용인할 것인가 하는 점이다. 심폐기 가동 중 허용 가능한 최소 적혈구 용적률을 충분히 낮추어 정하지 않으면 심폐기 가동 시에 필수적으로 동반되는 혈액 희석으로 인하여 동종 수혈의 빈도가 증가할 수 있다[2,5,11]. 심폐기 가동 중 허용 가능한 적혈구 용적률에 대해서는 아직 의

견이 다양하다. Habib 등[12]은 5,000명의 심폐기 사용 심장 수술 환자를 후향적으로 분석하여 최저 적혈구 용적률이 22% 이하인 환자들에서 뇌혈관 합병증, 심근경색, 저심박출증후군, 신부전, 인공호흡기 장기 사용, 출혈로 인한 재수술 등 대부분의 합병증이 더 많이 발생하여 재원 기간이나 수술 사망률이 높았다고 보고하였고, Karkouti 등[13]도 10,000명 이상의 관상동맥우회술 환자를 전향적으로 분석하여 심폐기 가동 중의 적혈구 용적률 자체가 수술 전후 뇌손상 유발 인자라 주장하였다. 하지만 1997년 Fang 등[14]은 2,738명의 관상동맥우회술 환자 대상 연구에서 수혈 기준으로 적혈구 용적률 15%는 안전하며 일반 환자와 달리 심장 수술 환자는 대사 요구 정도가 매우 감소된 사항이므로 이 정도의 낮은 적혈구 용적률이 용인될 수 있다고 주장하였다. 또한 Helm 등[2]은 무혈 수술을 시행한 100명의 관상동맥우회술 환자에서 심폐기 가동 중 16% 미만의 적혈구 용적률이 측정된 환자 8명이 있었지만 신경학적 합병증을 포함하여 아무 합병증도 발생하지 않았다고 보고한 바 있어, 생리적으로 허용 가능한 적혈구 용적률에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 본 연구에서도 심폐기 가동 중 15% 미만인 환자가 1에 있었으나 약 5분간의 초여과법을 통한 혈액 농축 과정 후 16%로 상승하여 수혈을 시행하지 않았고 수술 후 특별한 합병증도 없었다. 하지만 안전한 적혈구 용적률의 최소치가 확립되기까지는 반복적으로 적혈구 용적률이 15% 미만으로 측정되는 경우에는 자가 혈액을 추가하거나 동종 수혈을 시행하는 것이 안전할 것으로 생각된다.

이러한 심폐기 가동에 수반되는 혈액 희석을 피하기 위해서는 역행성 자가 혈액 충전법(Retrograde autologous priming)과 기존 및 변형 초여과법이 필요하다. 역행성 자가 혈액 충전법은 심폐기 충전 시 일단 정질성 용액으로 충전한 후 환자의 혈액을 이용하여 이미 채워진 정질성 용액을 제거하는 방법으로 심폐기 가동 직후 혈액 희석을 최소화 할 수 있어 동종 수혈을 줄일 수 있는 한 방법으로 알려져 있다[15]. 특별한 장비나 비용이 필요하지 않고 쉽게 적용 가능하며 대부분 안전하게 시행 가능하여 매우 유용하다. 다만 체표면적이 작아 혈액량이 적은 환자의 경우에는 다소 천천히 진행하여 과도한 혈압 하강을 피하는 것이 안전하다[16]. 심폐기 가동 중 시행하는 초여과법(conventional ultrafiltration)은 그 효과에 있어서 논란은 있지만[17], 저자들은 정질성 심정지액을 사용하므로 심폐기 가동 직후부터 초여과법으로 정질성액을 제거하기 시작하고 음압을 적용, 단시간 내 혈액 농축이 가능하였다. 이

는 정질성 심정지역이 추가되면서 필수적으로 발생하는 혈액 희석을 최소화하여 심폐기 가동 직후 수준의 적혈구 용적률을 지속적으로 유지할 수 있어 매우 유용하다고 생각된다.

수혈이 시행된 환자 중 3예는 출혈이 원인이었고 1예는 무심폐기 관상동맥우회술 환자로 수술 중이나 수술 후 출혈도 많지 않고 수술 중 적혈구 용적률도 35% 정도로 유지되었으나 연구 시행 초기에 마취과와의 의사 소통 문제로 불필요한 수혈이 시행되었다. 수술 중 출혈로 수혈을 시행한 1예는 우측 소개흉술을 통한 최소침습수술 환자로 대동맥 겹자 해제 후 대동맥 손상으로 인한 출혈이 발생하여 수혈 기준에 이르지 않는았으나 바로 혈액을 준비시키고 정중흉골절개술로 전환하였다. 본 연구에서 수혈의 원인은 모두 출혈이었으며 이는 수술 시 지혈만 잘 한다면 다양한 혈액보존법 적용으로 대부분의 환자에서 무혈 수술이 가능하다는 것을 시사한다.

결 론

저자들은 다양한 혈액보존법을 적용하여 연속적으로 심장 수술을 시행한 44명을 대상으로 하여 90.9% (40명)에서 무혈 수술이 가능하였고 심폐기군에서는 88.2%, 무심폐기군에서는 92.6%로 두 군간 성공률의 차이는 없었다. 수혈의 원인은 대부분 출혈이었으며 수술 중 세심한 지혈이 필수적이다. 다양한 혈액 보존법을 병합 적용하고 세심한 지혈 과정과 함께 적정 수혈 기준을 적용하면 많은 경우에서 무혈 심장 수술이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- Rosengart TK, Helm RE, Klemperer J, Krieger KH, Isom OW. Combined aprotinin and erythropoietin use for blood conservation: results with Jehovah's Witness. *Ann Thorac Surg* 1994;58:1397-403.
- Helm RE, Rosengart TK, Gomez M, et al. Comprehensive multimodality blood conservation: 100 consecutive CABG operations without transfusion. *Ann Thorac Surg* 1998;65:125-36.
- Lee JW, Kim SP, Song MG. Bleeding tendency and transfusion feature after CABG. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;31:581-5.
- Linden PV, Dierick A. Blood conservation strategies in cardiac surgery. *Vox Sang* 2007;92:103-12.
- Ferraris VA, Ferraris SP, Saha SP, et al. Perioperative blood transfusion and blood conservation in cardiac surgery: the society of thoracic surgeons and the society of cardiovascular anesthesiologists clinical practice guideline. *Ann Thorac Surg* 2007;83:S27-86.
- Kim DK, Chang BC, Cho JM, et al. Use of predonated banked autologous blood in open heart surgery. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 1992;25:685-92.
- Goel P, Pannu H, Mohan D, Arora R. Efficacy of cell saver in reducing homologous blood transfusions during OPCAB surgery: a prospective randomized trial. *Transfus Med* 2007;17:285-9.
- Reents W, Babin-Ebell J, Misoph MR, Schwarzkopf A, Elert O. Influence of different autotransfusion devices on the quality of salvaged blood. *Ann Thorac Surg* 1999;68:58-62.
- Casati V, Benussi S, Sandrelli L, Grasso MA, Spagnolo S, D'Angelo A. Intraoperative moderate acute normovolemic hemodilution associated with a comprehensive blood sparing protocol in off pump coronary surgery. *Anesth Analg* 2004;98:1217-23.
- Niranjan G, Asimakopoulos G, Karagounis A, Cockerill G, Thompson M, Chandrasekaran V. Effects of cell saver autologous blood transfusion on blood loss and homologous blood transfusion requirements in patients undergoing cardiac surgery on- versus off-cardiopulmonary bypass: a randomized trial. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006;30:271-7.
- Paone G, Silverman NA. The paradox of on-bypass transfusion thresholds in blood conservation. *Circulation* 1997;96(suppl II):II205-9.
- Habib RH, Zacharis A, Schwann TA, Riordan CJ, Durham SJ, Shah A. Adverse effects of low hematocrit during cardiopulmonary bypass in the adult: should current practice be changed? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;125:1438-50.
- Karkouti K, Djaiani G, Borger MA, et al. Low hematocrit during cardiopulmonary bypass is associated with increased risk of perioperative stroke in cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2005;80:1381-7.
- Fang WC, Helm RE, Krieger KH, et al. Impact of minimum hematocrit during cardiopulmonary bypass on mortality in patients undergoing coronary artery surgery. *Circulation* 1997;96(suppl II):II194-9.
- Kim KH. Effect of retrograde autologous priming in adult cardiac surgery for minimizing hemodilution and transfusion requirements. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2005;38:821-7.
- Rosengart TK, DeBois WJ, O'Hara M, et al. Retrograde autologous priming for cardiopulmonary bypass: a safe and effective means of decreasing hemodilution and transfusion requirements. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;115:426-38.
- Das S, Dunning J. Is prophylactic haemofiltration during cardiopulmonary bypass of benefit during cardiac surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2003;2:420-3.

=국문 초록=

배경: 수혈의 부작용은 널리 알려져 있으나, 대부분의 개심술에서 수혈이 시행되고 있다. 동종 수혈 없이 심장수술이 가능한 지에 대하여 알아 보고자 본 연구를 시행하였다. 대상 및 방법: 2007년 1월부터 8월까지 다양한 혈액보존법을 적용하여 연속적으로 개심술을 시행한 환자 44명을 대상으로 심폐기군(Group I, 17명)과 무심폐기군(Group II, 27명) 두 군으로 나누어 후향적 연구를 시행하였다. 혈액보존법은 수술 중 자가 혈액 채취(intraoperative autologous donation), 자가수혈기(cell saver), 역행적 자가 혈액 충전법(retrograde autologous priming), 기존 초여과법(conventional ultrafiltration), 변형 초여과법(modified ultrafiltration) 등을 사용하였고 술 후 항빈혈약을 복용시켰다. 무혈 수술 가능 여부, 동종 수혈 원인, 적혈구 용적률의 변화, 술 후 출혈량 등 수술 결과를 분석하여 비교하였다. 두 군간 비교가 적당치 않은 항목은 혈액보존법 적용 전 2006년 수술한 환자를 대조군(49명) I, II로 하여 각각 비교하였다. 결과: 대상환자 44명 중 40명(90.9%)에서 무혈수술이 가능하였으며 각 군의 무혈 수술 성공률은 심폐기군 88.2% (15/17), 무심폐기군 92.6% (25/27)로 두 군간 차이는 없었다($p=NS$). 수혈 원인은 술 후 출혈 2명, 술 중 출혈 1명, 원칙 적용 실수 1명이었다. 수술 결과 및 술 후 총 흉관 배액량(심폐기군 417 ± 359 mL, 무심폐기군 451 ± 237 mL)은 두 군간 차이가 없었으나($p=NS$), 각각의 대조군 I, II에 비해 통계적으로 유의하게 배액량이 적었다($p<0.05$). 심폐기군에서 최저 적혈구 용적률은 심정지액 주입된 직후로 $16.4\pm 2\%$ 였고 두 군 모두 술 후 2개월째 수술 전 수준으로 회복되었다. 결론: 본 연구에서는 수술 중 자가 혈액 채취, 수술 중 자가수혈기, 역행적 자가 혈액 충전법, 기존 초여과법, 변형 초여과법 등을 사용하여 90.9%의 환자에서 무혈 수술이 가능하였다. 다양한 혈액보존법의 복합 적용이 가장 중요하며, 수술 시의 세심한 지혈 과정 그리고 수혈 기준의 완화 등을 통해 무혈 수술이 가능하다.

중심 단어 : 1. 수혈
2. 체외순환