

심장판막수술을 받는 성인환자에서 시행한 변형초여과법의 혈역학적 효과

연세대학교 의과대학 ¹마취통증의학교실 및 ²마취통증의학연구소, *순천향대학교 의과대학 마취통증의학교실

이종화^{1,2} · 박 옥* · 배선준^{1,2} · 김지영¹ · 이용경¹ · 송종욱¹ · 곽영란^{1,2}

Hemodynamic Effects of Modified Ultrafiltration (MUF) in Adult Patients Undergoing Valvular Heart Surgery

Jong Hwa Lee, M.D.^{1,2}, Wook Park, M.D.* , Sun Jun Bai, M.D.^{1,2}, Ji Young Kim, M.D.¹, Yong Kyung Lee, M.D.¹, Jong Wook Song, M.D.¹, and Young Lan Kwak, M.D.^{1,2}

¹Department of Anesthesiology and Pain Medicine and ²Anesthesia and Pain Medicine Research Institute, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea; *Department of Anesthesiology and Pain Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University, Seoul, Korea

Background: Modified ultrafiltration (MUF) has been demonstrated to have beneficial effects in children undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass (CPB). In adults, the hemodynamic effects of MUF are little known. The purpose of this investigation is to evaluate the hemodynamic effects of MUF in adult patients undergoing valvular heart surgery.

Methods: 30 patients scheduled for elective mitral valvular surgery were randomized into either Ultrafiltration (U) or Control (C) group. In the U group, MUF was performed just after termination of CPB for 20 minutes, and not in the C group. Measurements of hemodynamic variables including right ventricular ejection fraction (RVEF) measured by thermodilution technique and hematocrit were performed before induction, just after termination of CPB, after completion of MUF and after sternal closure. Measurement after MUF in the C group was performed at 20 minutes after the termination of CPB. After transfer to ICU, same measurements were performed at postoperative 6 and 12 hrs.

Results: After MUF, RVEF ($P < 0.05$) and hematocrit ($P < 0.01$) increased in the U group, compared to the corresponding values measured just after termination of CPB. However, the variables were not statistically different between the two groups throughout the intraoperative procedures and during ICU stay.

Conclusions: Conclusively, MUF was demonstrated to have the transient beneficial effect of improving the right heart function and hemoconcentration immediately after termination of CPB. (Korean J Anesthesiol 2004; 47: 808~15)

Key Words: modified ultrafiltration, cardiopulmonary bypass, hemodynamics, valvular heart disease.

서 론

심폐우회로술은 심장판막수술과 같은 개심술을 시행하는데 있어서 필수적인 절차이나, 불가피하게 동반되는 부작용과 합병증의 발생으로 인해 심장수술 후 이환율 증가의 주요한 원인이 되고 있다.¹⁾ 심폐우회로술은 충전용액 부하 및 혈액희석에 의해 전신수분량을 증가시키고 혈액의 체외노

출로 인한 전신염증반응으로 조직부종을 유발하여 심장, 폐, 신장, 중추신경 등 주요장기의 기능 부전을 초래할 수 있다.²⁾

이러한 심폐우회로술의 부작용을 막기 위해 여러 가지 치료 방법들이 시도되어 왔는데,³⁾ 초여과법(ultrafiltration)도 그 중의 한 가지 방법으로서 반투과성막으로 이루어진 혈액여과장치를 심폐우회로술 회로 내에 장치하여 혈액을 통과시키고 이로 인해 형성된 정수압에 의해 수분과 분자량이 작은 물질들을 여과하는 방법이다.⁴⁾ 변형초여과법(modified ultrafiltration)은 통상적인 초여과법(conventional ultrafiltration)이 재가온기에 이루어지는 데 반해서 심폐우회로술 이탈 후에 시행된다. 변형초여과법은 선천성 심장 질환 수술을 받는 소아환자에서 혈액희석으로 인한 여분의 수분을 제거하고 혈액농축을 유도하여 전신혈압을 상승시키고 산

논문접수일 : 2004년 8월 20일

책임저자 : 곽영란, 서울시 서대문구 신촌동 134

연세의료원 심장혈관병원 마취통증의학과

우편번호: 120-752

Tel: 02-361-7200, Fax: 02-364-2951

E-mail: ylkwak@yumc.yonsei.ac.kr

소화를 개선시키며, 수술 후 수혈요구량을 줄이는 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.³⁻¹⁰⁾ 그러나, 성인에서는 아직까지 변형초여과법의 효과에 대해 연구된 바가 적으며, 대부분 관상동맥우회로술을 받는 환자들을 대상으로 한 연구여서 심장관막수술을 받는 환자들에서의 연구는 거의 없다.¹¹⁻¹³⁾ 또한, 변형초여과법의 혈액학적 효과에 대한 연구결과들은 대부분 좌심실기능에 대한 지표들을 대상으로 한 것으로서⁹⁾ 아직까지 우심실기능에 대한 연구가 이루어진 바는 적다. 심폐우회로술 시행 후 무기폐나 급성호흡곤란증후군과 유사한 폐 손상이 발생할 수 있으며¹⁴⁾ 우심실 후부하의 증가로 인한 우심실부전이 진행될 수 있으므로 조직부종을 경감시킬 수 있다고 알려진 변형초여과법은 심폐우회로술 후의 우심실 기능에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 생각된다. 이에 저자들은 심장관막수술을 받는 성인환자들을 대상으로 하여 변형초여과법이 좌심실 및 우심실 기능에 미치는 혈액학적 효과를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

선택적 승모판수술을 받는 30명의 환자들을 대상으로 하였으며 각 환자들을 무작위로 추출하여 심폐우회로술 이탈 후 변형초여과법을 시행하는 치료군(n = 15)과 시행하지 않은 대조군(n = 15)으로 나누었다. 수술기 위험도를 평가하기 위해 각각의 환자에서 EuroSCORE (European system for cardiac risk evaluation)에¹⁵⁾ 따라 점수를 산출하여 비교하였다. 관상동맥질환이 있거나 승모판 질환 외의 다른 심장관막질환이 경증도 이상으로 합병되어 있는 환자와 상심실성 빈맥이나 심방세동 등의 부정맥이 약물치료로 분당 90회 이하로 조절되지 않은 환자는 대상에서 제외하였다. 모든 환자에 대해 실험내용에 대해 설명하고 동의를 받은 뒤 연구를 시행하였다.

모든 환자에 대해 심혈관계 약물복용은 이노제나 digitalis 제제를 제외하고는 수술 당일 아침까지 예정대로 시행하도록 하였으며, 수술실 도착 1시간 전에 전투약으로서 morphine sulfate 0.05-0.1 mg/kg을 근주하였다. 환자가 수술실에 도착하면 5개의 심전도 전극을 사지 및 전흉부에 부착하여 lead II 및 V₅의 심전도 파형을 지속적으로 감시하였다. 국소마취 하에 요골동맥에 20 Gauge (G) 카테터(B-D Angiocath[®], Becton Dickinson Infusion Therapy Systems, Inc., USA)를 삽입하여 동맥압을 지속적으로 감시하였다. 폐동맥 카테터(Swan-Ganz REF catheter[®], Edwards Lifescience, USA)를 우측 내경정맥을 통해 삽입하여 환자감시장치(CMS[®], Hewlett-Packard, USA)에 연결하여 중심정맥압, 폐동맥압, 폐모세혈관폐기압을 감시하였고, REF-1 Ejection fraction/Cardiac output computer (Baxter Healthcare, USA)에 연결하여 열

회석법을 이용한 심박출량, 우심실 박출률 및 우심실 용적지수들의 측정에 사용하였다. 열회석법을 이용한 우심실 박출률 측정의 정확성을 위해 폐동맥 카테터 삽입 시에 근위부 포트에서 우심실의 압력파형을 보이는 것을 확인하고 뒤로 2-3 cm 정도 뺀 상태에서 고정하였고, REF-1 Ejection fraction/Cardiac output computer에 연결된 별도의 심전도 전극을 V₆ 위치에 부착하여 R파의 위치를 정확하게 측정할 수 있도록 하였다. 마취 후에 경식도 초음파 소식자를 삽입하여 심벽운동을 관찰하고 전체적인 심장기능을 감시하였다.

카테터 삽입을 완료한 뒤에 마취유도는 midazolam 2-3 mg, fentanyl 10-20µg/kg 그리고, vecuronium 0.1 mg/kg이나 rocuronium 0.6 mg/kg을 사용하여 시행하였다. 기관내 삽관 후에 마취환기기에 연결하여 흡기산소분율 0.6의 의료용 산소-공기 혼합기체로 기계환기를 하였으며 호기말 이산화탄소 분압이 30-35 mmHg 정도로 유지되도록 일회호흡량 및 분당 호흡수를 조절하였다. 마취유지는 fentanyl을 지속 정주하면서 필요한 때마다 저농도의 isoflurane (0.2-0.6 vol%)을 간헐적으로 흡입시켰고, 수술조작 및 기계환기를 위한 근이완은 vecuronium을 지속 정주(2-4 mg/h)하여 유지하였다.

심폐우회로술은 roller pump (Cobe perfusion control system[®], Cobe laboratories, Inc. USA) 및 막형 산소화기 (Spiral-IHS oxygenator[®], Baxter Healthcare, USA)를 사용하여 시행하였다. 심폐우회로술 회로의 충전(priming)을 위해 plasma solution A[®] (CJ corp. Korea)에 albumin 100 mg/kg과 mannitol 1 g/kg을 혼합하여 사용하였으며 전체 용적은 1600 ml 내외로 조절하여 혈액소치가 20-22% 정도로 유지되도록 하였다. 심폐우회로술을 위한 항응고효과를 위해 heparin 2 mg/kg을 심폐우회로술 시작 전에 정주하였고 이후 심폐우회로술을 시행하는 동안 활성응고시간(activated coagulation time)이 450초 이상 유지되도록 간헐적으로 heparin을 투여하였다. 관류속도는 2.2-2.4 l/min/m²로 유지되도록 조절하였으며 평균전신동맥압은 60-80 mmHg의 범위 내에서 유지하였고 필요한 경우에 혈관확장제나 수축제를 투여하여 조절하였다. 심근보호를 위해 혈액 심정지액 20 ml/kg을 사용하였으며, 환자의 체온은 32-35°C로 유지되도록 하였다. 심폐우회로술 동안의 마취유지를 위해 심폐우회로술을 시작할 때 fentanyl 500µg과 vecuronium 8 mg을 투여하였으며, 재가온기에 fentanyl 500µg과 midazolam 2-2.5 mg을 다시 투여하였다.

변형초여과법은 동맥-정맥 연결 방식으로 심폐우회로술 이탈 후 20분간 시행하였는데, 혈액여과장치(Diafilter, Minntech, USA)의 입구와 출구를 각각 대동맥 캐놀라와 대정맥 캐놀라에 도관으로 연결하여 혈액을 주입하고 여과된 혈액

을 다시 체내로 주입하였다. 여과장치의 출구 쪽 포트에 음압(-60-100 cmH₂O)을 적용해서 여과장치내의 혈류가 100 ml/min 정도로 유지되도록 하였으며, 별도의 roller pump를 사용하지는 않았다.

수술 중 과다한 출혈로 인해 평균동맥압 및 폐동맥쇄기압이 마취 전의 초기값보다 40% 이상 감소하거나 혈색소치가 25% 미만으로 감소하는 경우에 농축적혈구를 투여하도록 하였으며, 수혈량을 줄이기 위해 모든 환자에서 유지수액으로서 혈장증량제(펜타스판[®], 제일약품, 대한민국)를 투여하였다.

혈역학적 지표로서 심박출량, 심박동수, 평균동맥압, 평균 폐동맥압, 중심정맥압, 폐모세혈관쇄기압 등을 측정하였으며, 이를 이용하여 심박출지수, 전신혈관저항지수 및 폐혈관저항지수를 계산하였다. 우심실기능의 평가를 위한 지표로서 REF-1 Ejection fraction/Cardiac output computer에 의해 측정된 우심실 박출률, 우심실 이완기말 및 수축기말 용적지수를 기록하였다. 열회석법에 의한 측정은 동일연구자에 의해 폐동맥카테터의 근위부 포트에 4°C의 수액 10 ml를 주입하여 시행하였는데, 세 번씩 측정하여 평균값을 구하여 기록하였다. 또한, 혈액회석의 정도 및 변형초여과법의 효과를 알아보기 위해 혈색소치를 측정하였다. 혈역학적 변수들과 혈색소치의 측정은 마취 전, 마취유도 후, 심폐우회로술 이탈 직후, 변형초여과법 시행 직후(대조군에서는 심폐우회로술 이탈 후 20분 뒤) 및 흉골 봉합 후에 시행하였다. 항응고효과의 반전을 위한 protamine의 투여는 치료군에서는 변형초여과법 시행 직후에, 대조군에서는 심폐우회로술 이탈 후 20분 뒤에 하였다.

수술 후 중환자실로 이송되고 6시간 및 12시간 후에도 우심실기능 지표들을 제외한 혈역학적 지표들의 측정을 시행하였다. 수혈이 필요할 경우, 중환자실에서도 수술 중과 같은 기준에 따라 시행하도록 하였다.

변형초여과법이 섭취-배설 균형(intake and output balance)에 미치는 영향을 알아보기 위해 중환자실 입실 후에 측정된 blood urea nitrogen 및 creatinine (BUN/Cr)의 혈중농도를 수술 전 평가검사상 측정된 수치와 비교하여 신장기능에 변화가 있는지 확인하였고, 심폐우회로술 중 및 전체 수술 중의 섭취-배설 균형을 측정하였다. 수술 후 출혈 및 수혈 요구량에 미치는 변형초여과법의 효과를 알아보기 위해 심폐우회로술 이탈 이후의 수술 기간 중에 수혈이 시행된 환자의 수와 수혈량 그리고, 중환자실 입실 후 12시간 동안의 출혈량 및 수혈이 필요했던 환자수와 수혈량을 조사하여 기록하였다.

모든 측정치 및 산출치들은 평균 ± 표준편차(standard deviation, SD)로 표시하였으며, 이산형 변수들은 해당 환자 수(백분율)로 표시하였다. 통계 처리는 SPSS version 11.0

(SPSS Inc, USA)를 이용하여 시행하였다. 이산형 변수들의 군간 비교를 위해 Fisher's exact test를 시행하였으며, 연속형 변수들의 각 측정시점에서의 군간 비교를 위해서는 Mann-Whitney U test를 시행하였다. 치료군 및 대조군에서 변형초여과법 및 그에 상응하는 시간 전, 후의 비교를 위해 Wilcoxon signed rank test를 시행하였다. P < 0.05인 경우를 통계적으로 유의 있는 것으로 간주하였다.

결 과

연령, 체표면적, 수술 전 심박출률 및 EuroSCORE 점수, 심폐우회로술 시간 등의 기초 자료와 시행된 수술명 등은 각 군간에 유의한 차이가 없었다(Table 1). 신장질환이나 신부전의 과거력이 있었던 환자는 없었으며 수술 전, 후에 측정된 BUN/Cr의 혈중농도는 군 간에 유의한 차이가 없었다. 수술 전에 복용하였던 심혈관계 약물의 종류와 용량에 있어서도 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 심폐우회로술 시행 전과 시행 중에 수혈을 받거나 양성변력보조를 받았던 환자는 두 군 모두에서 없었다. 치료군에서 변형초여과법을 시행하여 배출한 수액의 양은 1,033 ± 305 ml였다. 심폐우회로술 동안의 섭취-배설 균형은 두 군에서 모두 배출량이 많았으며 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 전체 수술 중의 체액 섭취-배설균형은 대조군은 섭취량이 많았던 데 반해 치료군은 배출량이 더 많았다(P < 0.05).

Table 1. Demographic and Operative Data

	Control (n = 15)	Ultrafiltration (n = 15)
Age (yr)	50 ± 12	47 ± 11
Sex (M/F)	6 / 9	3 / 12
BSA (m ²)	1.60 ± 0.14	1.61 ± 0.19
ECG (NSR/others)	7 / 8	6 / 9
Preoperative EF (%)	61 ± 8	62 ± 9
EuroSCORE	3.5 ± 1.5	3.7 ± 1.5
Duration of CPB (minutes)	104 ± 27	111 ± 25
ACC time (minutes)	72 ± 26	77 ± 30
MUF volume (ml)	1033 ± 305	
Operation performed		
MV repair	6	3
MVR	7	11
Redo MVR	2	1

Values are mean ± SD or number of patients. BSA: body surface area, ECG: electrocardiogram, NSR: normal sinus rhythm, EF: ejection fraction, EuroSCORE: European system for cardiac risk evaluation, CPB: cardiopulmonary bypass, ACC: aortic cross-clamp, MUF: modified ultrafiltration, MV: mitral valve, MVR: mitral valve replacement.

Table 2. Data on I/O Balance, Transfusion and Blood Loss of Perioperative Period

	Transfusion						
	I/O balance during CPB (ml)	I/O balance intraoperative period (ml)	ICU blood loss (ml)	Post-bypass period		During ICU stay	
				Amount of transfusion (ml)	Number of patients (%)	Amount of transfusion (ml)	Number of patients (%)
Control	-1095 ± 366	452 ± 532	653 ± 364	133 ± 208	5 (33)	240 ± 324	7 (47)
Ultrafiltration	-1250 ± 375	-77 ± 358*	474 ± 271	204 ± 259	8 (53)	192 ± 214	9 (60)

Values are mean ± SD, or number of patients (%). I/O: intake & output, CPB: cardiopulmonary bypass, ICU: intensive care unit. *: P < 0.05, compared to control.

Table 3. Alterations of Hemodynamic Variables and Hematocrit before and after Anesthesia Induction

	Pre-induction		Post-induction	
	Control	Ultrafiltration	Control	Ultrafiltration
CI (ml/m ²)	2.61 ± 0.88	3.16 ± 1.52	2.07 ± 0.71	2.24 ± 0.68
HR (beats/min)	77 ± 13	86 ± 23	69 ± 12	65 ± 12
MAP (mmHg)	90 ± 12	93 ± 15	80 ± 12	76 ± 12
MPAP (mmHg)	29 ± 12	31 ± 13	26 ± 9	25 ± 8
PCWP (mmHg)	20 ± 10	22 ± 10	19 ± 7	18 ± 7
CVP (mmHg)	8 ± 3	10 ± 4	9 ± 3	10 ± 3
SVRI (dynes · sec/cm ⁵ /m ²)	2,803 ± 1,055	2,772 ± 1,960	3,119 ± 1,448	2,642 ± 1,078
PVRI (dynes · sec/cm ⁵ /m ²)	308 ± 209	304 ± 198	294 ± 150	283 ± 129
Hct (%)	40 ± 3	39 ± 4	36 ± 3	34 ± 6
RVESVI (ml/m ²)	91 ± 35	108 ± 35	100 ± 33	105 ± 39
RVEDVI (ml/m ²)	126 ± 34	143 ± 47	116 ± 35	136 ± 35
RVEF (%)	29 ± 11	27 ± 10	25 ± 7	27 ± 9

Values are mean ± SD. Pre-induction: before anesthesia induction, Post-induction: after anesthesia induction, CI: cardiac index, HR: heart rate, MAP: mean arterial pressure, MPAP: mean pulmonary arterial pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, CVP: central venous pressure, SVRI: systemic vascular resistance index, PVRI: pulmonary vascular resistance index, Hct: hematocrit, RVESVI: right ventricular end-systolic volume index, RVEDVI: right ventricular end-diastolic volume index, RVEF: right ventricular ejection fraction.

전체 수술 중의 수액공급량은 대조군과 치료군에서 각각 2198 ± 629 ml 및 2550 ± 570 ml, 요 배출량은 1469 ± 611 ml 및 1301 ± 473 ml로 유의한 차이를 보이지 않았다. 심폐우회로술 이탈 이후의 수술 기간 중에 수혈이 시행된 환자의 수와 수혈량 그리고, 중환자실 입실 후 12시간 동안의 출혈량 및 수혈이 필요했던 환자수와 수혈량은 각 군간에 통계적으로 유의있는 차이를 보이지 않았다(Table 2). 마취 전 및 마취 유도 후에 측정된 혈액학적 지표들과 혈액소치는 군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 3). 변형초여과법 시행 전, 후 및 이에 상응하는 시간 전, 후의 혈액학적 지표들과 혈액소치의 변화는 치료군에서 변형초여과법 시

행 직후에 대조군보다 심박동수가 낮았던(P < 0.01) 것을 제외하고는 군 간에 유의한 차이를 보이지는 않았다(Table 4). 각 군 내에서 변형초여과법 및 그에 상응하는 시간의 전, 후를 비교하였을 때, 치료군에서만 우심실 박출률(P < 0.05)과 혈액소치(P < 0.01)가 심폐우회로술 이탈 직후와 비교해서 증가된 소견을 보였다. 심폐우회로술 이탈 후에 혈액학적 안정을 유지하기 위해 투여된 양성변력보조약물의 종류와 용량은 각 군간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 흉골 집합 후 및 중환자실 입실 중의 혈액학적 지표들과 혈액소치는 군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 5).

Table 4. Alterations of Hemodynamic Variables and Hematocrit before and after the MUF

	Post-CPB		Post-CPB20 minutes	Post-MUF
	Control	Ultrafiltration	Control	Ultrafiltration
CI (ml/m ²)	3.18 ± 0.68	2.93 ± 1.1	3.26 ± 0.66	3.25 ± 1.33
HR (beats/min)	91 ± 15	84 ± 13	90 ± 8	80 ± 14*
MAP (mmHg)	75 ± 10	72 ± 12	80 ± 14	77 ± 9
MPAP (mmHg)	24 ± 6	22 ± 6	23 ± 6	22 ± 7
PCWP (mmHg)	16 ± 5	15 ± 5	15 ± 5	14 ± 6
CVP (mmHg)	9 ± 3	8 ± 2	8 ± 2	9 ± 3
SVRI (dynes · sec/cm ⁵ /m ²)	1,745 ± 506	2,011 ± 924	1,852 ± 568	1,994 ± 977
PVRI (dynes · sec/cm ⁵ /m ²)	199 ± 70	238 ± 98	187 ± 61	215 ± 86
Hct (%)	25 ± 3	24 ± 5	26 ± 3	28 ± 5 [†]
RVESVI (ml/m ²)	84 ± 22	96 ± 30	77 ± 20	92 ± 28
RVEDVI (ml/m ²)	118 ± 22	135 ± 42	113 ± 22	139 ± 42
RVEF (%)	30 ± 7	27 ± 8	32 ± 7	33 ± 7 [‡]

Values are mean ± SD. MUF: modified ultrafiltration, CPB: cardiopulmonary bypass, Post-CPB: after termination of CPB, Post-CPB 20 minutes: 20 minutes after the termination of CPB, Post-MUF: after modified ultrafiltration, CI: cardiac index, HR: heart rate, MAP: mean arterial pressure, MPAP: mean pulmonary arterial pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, CVP: central venous pressure, SVRI: systemic vascular resistance index, PVRI: pulmonary vascular resistance index, Hct: hematocrit, RVESVI: right ventricular end-systolic volume index, RVEDVI: right ventricular end-diastolic volume index, RVEF: right ventricular ejection fraction. *: P < 0.01, compared to control. [†]: P < 0.01, compared to post-CPB. [‡]: P < 0.05, compared to post-CPB.

Table 5. Alterations of Hemodynamic Variables and Hematocrit after Sternal Closure and during ICU Stay

	Sternal closure		ICU 6 hrs		ICU 12 hrs	
	Control	Ultrafiltration	Control	Ultrafiltration	Control	Ultrafiltration
CI (ml/m ²)	2.79 ± 0.7	3.07 ± 1.17	3.9 ± 0.87	3.71 ± 0.94	3.8 ± 0.76	3.8 ± 0.66
HR (beats/min)	88 ± 15	83 ± 14	84 ± 11	86 ± 11	86 ± 9	84 ± 9
MAP (mmHg)	90 ± 10	86 ± 13	82 ± 8	81 ± 10	82 ± 12	76 ± 11
MPAP (mmHg)	23 ± 7	24 ± 8	20 ± 6	21 ± 5	20 ± 6	22 ± 6
PCWP (mmHg)	16 ± 5	16 ± 5	14 ± 4	14 ± 4	14 ± 4	14 ± 5
CVP (mmHg)	10 ± 3	9 ± 4	7 ± 3	8 ± 3	7 ± 3	9 ± 4
SVRI (dynes · sec/cm ⁵ /m ²)	2,435 ± 677	2,322 ± 1094	1,599 ± 383	1,681 ± 592	1,609 ± 351	1,466 ± 285
PVRI (dynes · sec/cm ⁵ /m ²)	188 ± 55	221 ± 126	131 ± 59	145 ± 59	152 ± 84	176 ± 83
Hct (%)	27 ± 3	27 ± 5	25 ± 4	24 ± 3	26 ± 3	25 ± 4
RVESVI (ml/m ²)	83 ± 36	101 ± 49	-	-	-	-
RVEDVI (ml/m ²)	116 ± 44	158 ± 83	-	-	-	-
RVEF (%)	29 ± 7	29 ± 10	-	-	-	-

Values are mean ± SD. ICU: intensive care unit, CI: cardiac index, HR: heart rate, MAP: mean arterial pressure, MPAP: mean pulmonary arterial pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, CVP: central venous pressure, SVRI: systemic vascular resistance index, PVRI: pulmonary vascular resistance index, Hct: hematocrit, RVESVI: right ventricular end-systolic volume index, RVEDVI: right ventricular end-diastolic volume index, RVEF: right ventricular ejection fraction.

고 찰

본 연구를 통하여 심장판막수술을 받는 성인 환자에서

변형초여과법을 시행하였을 때, 시행 직후에 시행 전에 비해 우심실 박출량을 증가시키고 희석된 혈액을 농축시키는 효과가 있으나, 그 효과가 지속되지 못하며, 치료군에서 수술 중에 배출량이 유의하게 많았음에도 불구하고 이후 혈

역학적 지표들과 수혈량에 긍정적인 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다.

심폐우회로술 시행 하에 심장수술을 하는 경우 심폐우회로술 시행 자체로 인한 부작용으로 수술 후에 혈액학적 불안정 상태에 놓이게 되는 경우를 자주 볼 수 있는데, 이러한 혈액학적 불안정은 심장 수술 후의 사망률 및 이환율을 높이는 주요 원인이 되며,¹⁾ 이는 전신 수분량의 증가 및 전신적인 염증반응으로 인한 조직부종과 이로 인한 심장, 폐, 신장 등 주요 장기의 기능부전에 의해 초래되는 것으로 알려져 있다.²⁾ 이러한 현상은 심폐우회로술 시행 시 성인에서 보다 심한 혈액희석이 일어나는 소아환자에서 더 문제가 되는데, 심폐우회로술 시간이 길어지거나 체온하강의 정도가 큰 경우 그리고 나이가 어리거나 저체중으로 인해 주요 장기의 발달이 미숙한 경우에 위험도가 더욱 증가하는 양상을 보인다.^{16,17)} 이러한 위험을 경감시키고 수술 후 임상경과를 호전시키기 위해 초여과법을 비롯한 여러 가지 치료 방법들이 시도되고 있다.³⁾

다공성의 반투막으로 이루어진 혈액여과장치를 심폐우회로술 회로 내에 장치해서 여분의 수분을 제거하는 초여과법은 1979년부터 임상에 응용되기 시작하였으며 1980년대부터 광범위하게 시행되어 왔다. 초기에는 신부전 환자들에게 주로 사용되었으나 곧 정상 신장기능을 가진 환자들에게도 수액이 과다하게 투여된 경우 혈액농축을 유도하기 위한 방법으로 쓰이기 시작하였고 수혈량을 줄이는 효과가 있음이 알려지게 되었다.⁴⁾ 소아 환자에서의 연구에 의하면 변형초여과법이 체내의 잉여 수분을 제거하는 데 있어서 통상적인 초여과법에 비해 더 효과적이라고 알려져 있으나¹⁸⁾ 차이가 없다는 보고도 있다.¹⁹⁾ 선천성 심장질환으로 수술을 받는 소아환자에서는 변형초여과법이 여분의 체내 수분을 제거함으로써 혈액농축을 유도해서 전신동맥압을 상승시키고 주요 장기의 부종 발생을 막음으로써 산소화를 개선시키며 혈액 내 응고인자의 농도를 증가시켜서 수술 후 출혈과 수혈요구량을 감소시키는 등의 효과를 나타내기 때문에 심장 수술 후 임상경과를 개선시키는 데 도움을 준다고 알려져 있는데,³⁻¹⁰⁾ 성인환자에서는 아직까지 임상적 효과에 대해 많은 연구가 이루어지지 않은 상태이며 결과에 있어서도 차이가 있다.^{11-13,20)} 초기의 연구에 의하면 성인환자에서도 임상적인 지표들이 호전되는 소견을 보였지만 심폐우회로술 이탈 후 짧은 기간 동안에만 국한되는 양상을 보였으며¹¹⁾ 이것은 본 연구의 결과와도 일치하는 것이다. 이와는 달리 혈액학적 지표들이 호전되고 수술 직후의 이환율이 감소되며 수혈요구량이 감소하였다고 보고한 최근의 연구결과들도 있다.^{12,13,20)} 그러나, 이러한 연구 결과들은 관상동맥우회로술을 받는 환자들을 대상으로 한 경우가 대부분으로서 심장판막질환의 경우에는 심근수축력 보다는 심실

의 전, 후부하의 이상으로 인해²¹⁾ 관상동맥질환과는 상이한 혈액학적 특성과 임상적 양상을 보이기 때문에 심장판막질환을 가진 환자들에 대해서는 별도의 연구가 필요하다고 저자들은 생각하였다.

심폐우회로술 이탈 후에는 폐 조직의 부종으로 인해 급성호흡곤란 증후군과 비슷한 양상이 나타날 수 있으며 폐 조직의 유순도가 떨어짐에 따라 우심실의 후부하가 증가하여 우심실 기능이 저하될 수 있다. 특히, 승모판막질환이 있는 환자에서는 좌심방의 압력 부하나 좌심실의 용적 부하로 인해 폐순환계로 역행성 압력이 가해져서 우심실 기능의 이상이 초래되는 경우가 많으므로 승모판막질환이 있는 환자에서 심폐우회로술 이후의 우심실 기능을 유지, 개선시키는 것은 수술 후 환자관리에서 매우 중요한 부분이다. 변형초여과법이 체내 잉여 수분을 제거하는 효과가 있음을 감안할 때, 심폐우회로술 후 변형초여과법의 시행이 우심실 후부하를 감소시켜서 우심실 기능을 개선시키는 효과를 보일 것으로 기대되었으나 본 연구 결과 이러한 효과가 일시적으로는 나타나나 임상적으로 큰 의의를 보이지 않는 것으로 관찰되었다. 각 군 내에서 변형초여과법 시행 전, 후 및 이에 상응하는 시간 전, 후를 비교해 보았을 때 두 군 모두 우심실 박출률과 혈색소치가 증가하였으나 치료군에서만 통계적으로 유의있는 결과를 보였으며 두 군 간의 비교에서는 우심실 박출률과 혈색소치뿐만 아니라 다른 지표들에서도 유의한 차이를 발견하지 못한 것은 심폐우회로술 이탈 후의 제한적인 시간 동안이라도 혈액학적 지수들이 호전되고 혈색소치의 증가를 보여주었던 다른 연구들과는 상이한 결과를 보여주는 것이다.¹¹⁻¹³⁾ 또한, 수술 후 수혈량에 있어서도 군 간에 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과를 가져온 원인으로는 다음과 같은 것들을 생각해 볼 수 있다. 총 수술 시간 동안의 수액공급량과 요 배출량이 두 군 간에 유의한 차이가 없고 변형초여과법에 의해 치료군에서 1,000 ml 이상을 배출시켰음에도 불구하고 총 수술 시간 동안의 섭취-배설 균형의 군 간 차이가 500 ml 정도로 줄어든 사실에서 볼 수 있듯이 치료군에서 변형초여과법 시행 이후에 혈액학적 안정을 유지하기 위해 수액 투여가 필요하였기 때문에 변형초여과법에 의한 잉여수분 제거의 효과를 상쇄시켰을 가능성이 있다. 이것은 수술 전에 이뇨제 투여 등으로 혈량저하상태에 있는 경우가 많은 판막질환의 특성 상 활력증후의 유지를 위해 일정 정도의 수액공급이 필요하였기 때문인 것으로 생각된다. 또한, 관상동맥질환과는 달리 이미 압력부하나 용적부하에 의한 폐혈관이나 폐포의 기계적인 변화가 있는 상태에서 단기간에 우심실 우부하를 개선시키는 효과를 기대하기는 어려울 수 있으며, 변형초여과법의 시행을 위해 별도의 roller pump를 사용하였던 다른 연구들에 비교해서 변형초여과법으로 배

출된 수액의 양이 다소 적었다는 것도¹¹⁻¹³⁾ 원인으로 생각해 볼 수 있다.

본 연구에서는 우심실기능을 평가하기 위한 방법으로 폐동맥카테터를 삽입하여 열희석법에 의해 우심실 박출률을 측정하고 이를 바탕으로 우심실 용적 지수들을 산출하였는데, 다른 방법들에 의한 측정값과 유의한 상관관계를 보이며 재현성이 높은 것으로 알려져 있다.²²⁻²⁴⁾ 하지만, 우심실 박출률은 우심실 기능의 변화 외에도 우심실의 전부하 및 후부하의 영향을 받을 수 있으며, 삼첨판 역류가 있거나 상심실성 부정맥이 있는 경우에는 측정값이 부정확할 수 있다.²⁵⁾ 본 연구에서는 우심실의 전부하(우심실 이완기말 용적 지수) 및 후부하(평균폐동맥압 및 폐혈관저항지수)의 군 간 차이나 변형초여과법 시행 전, 후의 변화가 없었으므로 우심실 박출률의 변화는 우심실 기능의 변화를 비교적 정확하게 반영한다고 볼 수 있다. 또한 본 연구에서는 경증도 이상의 삼첨판막질환이 있거나 심박동수가 분당 90회 이하로 조절되지 않은 상심실성 부정맥이 있는 환자들은 대상에서 제외하였으나, 승모판막질환의 특수성 때문에 완전히 정상동율동인 환자들을 대상으로 할 수 없었다. 그러나 부정맥이 있었던 환자의 수가 군 간에 유의하는 차이가 없었으므로 연구결과에 중대한 영향을 미칠 정도는 아니라고 생각된다. 또한, 치료군에서 변형초여과법 시행 후에 심박동수가 대조군에 비해 낮았으나 임상적으로 큰 의의를 가지는 정도는 아닌 것으로 보인다.

앞에서 언급한 바와 같은 수액투여, 변형초여과법 시행 방법 등에서의 문제와 함께 대상환자의 숫자가 적어서 본 연구의 결과를 일반화하기가 어려운 것과 대상의 승모판막질환으로 제한함으로써 개별 질환에서의 변형초여과법의 효과를 보는 데에는 도움이 되었으나 심장판막질환에서의 전체적인 효과를 보는 것은 어려웠던 점은 본 연구가 지닌 한계점으로 남을 것이다. 또한, 폐기능 개선 효과가 있을 것으로 추정하였으나 이를 관찰하지 못한 점도 본 연구 결과의 한계로 작용할 것으로 생각된다. 향후 더 많은 수의 판막질환 환자들을 대상으로 변형초여과법이 심폐우회로술 이후에 나타나는 염증반응에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 연구가 진행될 필요가 있으며, 혈액학적 효과에 대해서는 배출량을 좀 더 증가시키고 심폐우회로술 이탈 후 수액투여를 표준화시킬 수 있는 방법을 찾는 것이 중요하리라 생각된다.

결론적으로 승모판막질환으로 수술을 받는 성인환자에서 심폐우회로술 이탈 후에 20분간 변형초여과법을 시행한 결과 시행 전과 비교해서 우심실 기능을 개선시키고 혈액농축을 유도하는 효과를 보이는 것을 알 수 있었다. 그러나, 이러한 효과는 일시적이었으며 이후 다른 혈액학적 지수들과 수술 후 수혈량에는 영향을 미치지 않은 것을 관찰할

수 있었다.

참 고 문 헌

1. Kirklin JK, Blackstone EH, Kirklin JW: Cardiopulmonary bypass: studies on its damaging effects. *Blood Purif* 1987; 5: 168-78.
2. Westaby S: Organ dysfunction after cardiopulmonary bypass. A systemic inflammatory reaction initiated by the extracorporeal circuit. *Intensive Care Med* 1987; 13: 89-95.
3. Naik SK, Knight A, Elliott M: A prospective randomized study of a modified technique of ultrafiltration during pediatric open-heart surgery. *Circulation* 1991; 84(5 Suppl): III422-31.
4. Moore RA, Laub GW: Hemofiltration, dialysis, and blood salvage techniques during cardiopulmonary bypass. In: *Cardiopulmonary bypass, principles and practice*. 2nd ed. Edited by Gravlee GP. Davis RF, Kurusz M, Utley JR: Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2000, pp 105-12.
5. Elliott MJ: Ultrafiltration and modified ultrafiltration in pediatric open heart operations. *Ann Thorac Surg* 1993; 56: 1518-22.
6. Journois D, Pouard P, Greeley WJ, Mauriat P, Vouhe P, Safran D: Hemofiltration during cardiopulmonary bypass in pediatric cardiac surgery. Effects on hemostasis, cytokines, and complement components. *Anesthesiology* 1994; 81: 1181-9.
7. Draaisma AM, Hazekamp MG, Frank M, Anes N, Schoof PH, Huysmans HA: Modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass in pediatric cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 1997; 64: 521-5.
8. Bando K, Turrentine MW, Vijay P, Sharp TG, Sekine Y, Lalone BJ, et al: Effect of modified ultrafiltration in high-risk patients undergoing operations for congenital heart disease. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 821-7.
9. Davies MJ, Nguyen K, Gaynor JW, Elliott MJ: Modified ultrafiltration improves left ventricular systolic function in infants after cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 115: 361-9.
10. Onoe M, Oku H, Kitayama H, Matsumoto T, Kaneda T: Modified ultrafiltration may improve postoperative pulmonary function in children with a ventricular septal defect. *Surg Today* 2001; 31: 586-90.
11. Tassani P, Richter JA, Eising GP, Barankay A, Braun SL, Hae-hnel CH, et al: Influence of combined zero-balanced and modified ultrafiltration on the systemic inflammatory response during coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999; 13: 285-91.
12. Kiziltepe U, Uysalel A, Corapcioglu T, Dalva K, Akan H, Akalin H: Effects of combined conventional and modified ultrafiltration in adult patients. *Ann Thorac Surg* 2001; 71: 684-93.
13. Luciani GB, Menon T, Vecchi B, Auriemma S, Mazzucco A: Modified ultrafiltration reduces morbidity after adult cardiac operations: a prospective, randomized clinical trial. *Circulation* 2001; 104(Suppl 1): I253-9.
14. Oster JB, Sladen RN, Berkowitz DE: Cardiopulmonary bypass

- and the lung. In: *Cardiopulmonary bypass, principles and practice*. 2nd ed. Edited by Gravlee GP, Davis RF, Kurusz M, Utley JR: Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2000, pp 367-78.
15. Nashef SA, Roques F, Michel P, Gauducheau E, Lemeshow S, Salamon R: European system for cardiac operative risk evaluation (*EuroSCORE*). *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 16: 9-13.
 16. Maehara T, Novak I, Wyse RK, Elliot MJ: Perioperative monitoring of total body water by bio-electrical impedance in children undergoing open heart surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 1991; 5: 258-64.
 17. Elliott M: Modified ultrafiltration and open heart surgery in children. *Paediatr Anaesth* 1999; 9: 1-5.
 18. Naik SK, Knight A, Elliott MJ: A successful modification of ultrafiltration for cardiopulmonary bypass in children. *Perfusion* 1991; 6: 41-50.
 19. Maluf MA: Modified ultrafiltration in surgical correction of congenital heart disease with cardiopulmonary bypass. *Perfusion* 2003; 18(Suppl 1): 61-8.
 20. Leyh RG, Bartels C, Joubert-Hubner E, Bechtel JF, Sievers HH: Influence of modified ultrafiltration on coagulation, fibrinolysis and blood loss in adult cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; 19: 145-51.
 21. Jackson JM, Thomas SJ: Valvular heart disease. In: *Cardiac anesthesia*. 4th ed. Edited by Kaplan JA, Reich DL, Konstandt SN: Philadelphia, W.B. Saunders. 1999, pp 727-84.
 22. Jardin F, Gueret P, Dubourg O, Farcot JC, Margairaz A, Bourdarias JP: Right ventricular volumes by thermodilution in the adult respiratory distress syndrome. A comparative study using two-dimensional echocardiography as a reference method. *Chest* 1985; 88: 34-9.
 23. Vincent JL, Thirion M, Brimiouille S, Lejeune P, Kahn RJ: Thermodilution measurement of right ventricular ejection fraction with a modified pulmonary artery catheter. *Intensive Care Med* 1986; 12: 33-8.
 24. Urban P, Scheidegger D, Gabathuler J, Rutishauser W: Thermodilution determination of right ventricular volume and ejection fraction: a comparison with biplane angiography. *Crit Care Med* 1987; 15: 652-5.
 25. Kwak YL, Oh YJ, Jung SM, Yoo KJ, Lee JH, Hong YW: Change in right ventricular function during off-pump coronary artery bypass graft surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004; 25: 572-7.