

소아 개심술에 있어서 변형 초여과법(Modified Ultrafiltration)이 술후 상태에 미치는 영향

방종경* · 천종록* · 김규태*

=Abstract=

Effect of Modified Ultrafiltration on the Postoperative State after Pediatric Open Heart Surgery.

Jong Kyung Bang, M.D. *, Jong Rok Chun, M.D. *, Kyu Tae Kim, M.D. *

Cardiopulmonary bypass(CPB) in children is associated with the accumulation of body water after cardiac operation, as a consequence of an inflammatory capillary leak. Following work by Elliott in 1991, modified ultrafiltration(MUF) was introduced after bypass as a means of hemoconcentrating patients and a potential way of removing water from the tissues. We have carried out a prospective randomized study of 20 children undergoing open heart surgery, comparing MUF with nonfiltered controls. MUF was carried out for a mean of 18.9 minutes after completion of CPB to a hematocrit of 37.1%(mean). The mean water volume removed by the ultrafiltration was 38.4 ml/kg and the mean blood volume retransfused from the oxygenator during the ultrafiltration was 32.1 ml/kg. Fluid balance, hemodynamics, hematocrit, osmolarity and dosage of drug treatment were recorded for 4~12 hours postoperatively. The results were analyzed using Student t-test and ANOVA, comparing controls(n=10) to MUF(n=10). Blood loss(ml/kg/24hr) was 14.5(mean) in MUF versus 13.7 in controls; blood transfused(ml/kg/24hr) 6.6 in MUF versus 15.2 in controls; plasma transfused(ml/kg/24hr) 65.7 in MUF versus 59.6 in controls. There was rise in arterial blood pressure and hematocrit during MUF. Percent rise of systolic blood pressure was 28.8% in MUF versus 18.7% in controls(p=0.366); percent rise of diastolic blood pressure was 28.8% in MUF versus 8.5% in controls(p=0.135); and percent rise of mean blood pressure was 36.2% in MUF versus 8.2% in controls (p=0.086). Percent rise of hematocrit was 40.0% in MUF versus 23.5% in controls(p=0.002). There was no significant difference in the inotropic requirement and the postoperative serum osmolarity between two groups. The number of days on the ventilator, the duration of stay in the intensive care unit, and the postoperative hospital stay were not significantly different between the two groups.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1998;31:456-65)

Key word : 1. Ultrafiltration
2. Heart surgery, Pediatric
3. Postoperative period

*경북대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, School of Medicine, Kyungpook National University

논문접수일 : 97년 10월 20일 심사통과일 : 12월 15일

책임저자 : 김규태, (700-721) 대구광역시 중구 삼덕동 2가 50, 경북대학교병원 흉부외과. (Tel) (053-420-5661, (Fax) 053-426-4765

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

서 론

수술중에 심장의 기능을 일시적으로 중단시켜야 하는 심장수술에 있어서 심폐기를 사용하는 체외순환법은 거의 필수적인 방법이다. 그러나 혈액이 심폐기 회로를 통과하는 과정에서 이물질과의 접촉이 일어나게 되는 이 체외순환법은 아직까지는 생리적으로 완전한 술식이 되지 못하고 있다. 그러므로 일부 환자에게 있어서는 개심술후에 일반적으로 관류후증후군(postperfusion syndrome)이라고 불리는 각종의 임상소견들, 즉 심기능 장애, 폐기능 장애, 신기능 장애, 혈액응고 장애, 간질액의 증가, 백혈구 증가, 발열 등이 나타날 수 있다¹⁾. 이러한 병태생리가 발생하게 되는 기전에 대해서는 여러 가지의 이론이 있지만, 체외순환에 의해 심폐기 회로내에서 혈액과 이물질이 접촉하게 됨으로 해서 나타나는 전신적인 비특이적 염증성 반응이 가장 중요한 요소로 밝혀지고 있다. 이 염증성 반응으로 인해 모세혈관의 투과성이 증가하게 되면 인체내 각종 장기들의 부종과 전신적인 체수분의 저류현상이 일어난다고 하였다^{2,3)}. 특히 소아에서는 심폐바이패스 후에 염증성 모세혈관누출에 기인하는 체수분의 저류가 성인에 비하여 상대적으로 더욱 심하므로 심장, 폐 및 뇌의 기능이상이 보다 쉽게 일어날 수 있다^{4,5)}. 따라서 개심술후 과도하게 증가된 체수분을 효과적으로 치료하는 것은 소아 개심술 성적을 향상시키는데 매우 중요한 요소가 되고 있으며, 이를 위해서 복막투석, 이뇨제 사용, 교질용액 투여 및 스테로이드 사용 등의 방법들이 시행되어져 왔다.

1970년대 후반부터 개심술후의 부종을 줄이기 위한 효과적인 방법의 하나로써 심폐바이패스 도중에 관류혈액으로부터 초여과기를 사용하여 수분을 여과시키는 전통적 초여과법(conventional ultrafiltration)이 사용되기 시작하였다^{6,7)}. 그러나 영국의 Elliott⁸⁾는, 전통적 초여과법으로는 목표로 하는 적혈구용적률을 달성하기 어렵고, 초여과법 시행중에 환자의 혈압상태가 불안정하며, 술후 부종 감소의 효과도 뚜렷하지 않은 반면에, 심폐바이패스를 끝낸 후에 10~15분 동안 초여과법을 실시하는 변형 초여과법(modified ultrafiltration)이 시행 중에 혈압상태가 안정적일 뿐만 아니라 시행후 부종 감소의 효과도 훨씬 더 확실하다고 하였다.

이에 저자들은 소아에서의 개심술 후에 변형 초여과법을 시행할 경우에 적혈구용적률, 삼투압 농도, 활성화 응고시간(activated clotting time, ACT), 중심정맥압과 동맥압, 술후 출혈량과 수혈량, 강심약제들의 사용량 등이 초여과법을 시행하지 않은 대조군에 비하여 어떻게 달라지는지, 그리고 그 밖의 어떤 변화들이 일어나는지를 알아보기 위해 본 연구를 실시하였다.

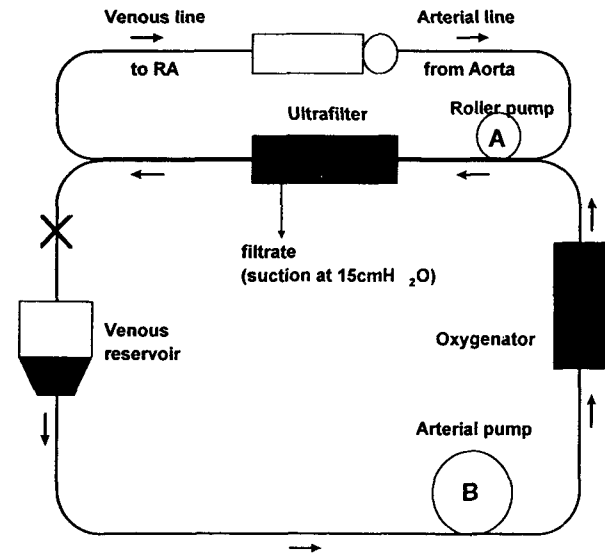


Fig 1. Circuit diagram for the technique of modified ultrafiltration

대상 및 방법

경북대학교 의과대학 흉부외과학교실에서 1996년 4월이후에 선천성 심질환으로 개심술을 받았던 소아환자들 중 청색증을 나타내지 않고, 또한 복잡 심기형을 갖고 있지 않은, 연령이 5세 미만인 환자 10명을 전향적인 연구 대상으로 선택하여 개심술 직후에 변형 초여과법을 20분 전후로 시행하였다. 그리고 같은 기간에 동일한 조건을 갖춘 10명의 환자를 대조군으로 선택하여, 개심술후 초여과법을 시행하지 않은 상태에서 초여과군과 같은 검사들을 실시하였다.

개심술은 전례에서 정중흉골절개 후 체외순환하에서 시행되었는데, 술중 체온은 중등도 이상의 저체온을 유지하였고, 심근보호를 위해서는 고농도 K⁺ 혈액성 심정지액을 사용하였다.

변형 초여과법은 개심술에 따른 통상적인 심폐바이패스가 종료된 후에 시행하였고, 초여과기(ultrafilter)는 Gambro FH66 (Gambro, Dialysatoren GmbH & Co KG, D-7450, Hechingen, Germany)를 전례에서 사용하였다.

변형 초여과법의 시행 방법은 개심술을 위한 체외순환 회로를 설치할 때에, Fig 1에서 보는 바와 같이, 동맥측 회로(arterial line)와 정맥측 회로(venous line) 사이에 롤러펌프와 초여과기를 경유하게 되는 우회로를 함께 설치하고, 이 우회로는 전해질 용액(plasmalyte solution)으로 충전시킨 다음, 심폐바이패스가 종료될 때까지 폐쇄하여 두었다. 초여과법을 시작하게 될 때에는 체외순환 회로중에서 산화기와 정맥저

Table 1. Comparison of clinical profiles between patients with and without modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass

	MUF(n=10)	without MUF (n=10)	Difference
Age (months)	17.1 ± 10.0	31.0 ± 16.2	0.060
Sex :			
Male	6	4	
Female	4	6	
Body weight (kg)	10.9 ± 3.6	13.3 ± 4.1	0.494
B.S.A. (m ²)	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.345
Duration of ECC (min)	88.4 ± 32.6	70.0 ± 15.9	0.756
Duration of ACC (min)	47.9 ± 19.0	38.5 ± 12.3	0.682
Prime volume (ml/kg)	78.7 ± 15.2	74.9 ± 16.8	0.543
Blood volume in prime (ml/kg)	26.9 ± 8.7	25.6 ± 7.2	0.556
Nasopharyngeal temp (°C)	18.6 ± 6.3	19.6 ± 2.5	0.422
Rectal temp (°C)	23.6 ± 7.4	25.8 ± 1.6	0.409
Ultrafiltration:			
Flow rate (ml/min)	171.4 ± 26.7		
Filtration time (min)	18.9 ± 6.3		
Ultrafiltrate volume (ml/kg)	38.4 ± 11.9		
Blood volume, added (ml/kg)	32.1 ± 11.3		
Postop. blood loss (ml/kg/24hr)	14.5 ± 11.9	13.7 ± 11.9	0.846
Postop. urine output (ml/kg/24hr)	130.0 ± 34.5	151.4 ± 42.2	0.717
Postop. blood transfusion:			
Whole blood (ml/kg/24hr)	6.6 ± 8.5	15.2 ± 21.3	0.294
Plasma (ml/kg/24hr)	65.7 ± 28.8	59.6 ± 37.6	0.409
Postop. clinical course:			
On ventilator (day)	2.0 ± 1.2	1.4 ± 1.2	0.902
ICU stay (day)	4.4 ± 2.1	3.8 ± 1.5	0.077
Hospital stay (day)	12.7 ± 3.0	11.7 ± 3.3	0.804

ACC : aortic cross clamp, B.S.A. : body surface area, ECC : extracorporeal circulation, ICU : intensive care unit, MUF : Modified ultrafiltration,

혈조(venous reservoir)로 가는 회로는 각각 차단하고, 상기한 우회로를 열어 줌으로써 초여과기를 통한 혈액순환이 이루어 지도록 하였다. 개심술중의 심폐바이패스에 대동맥과 우심방에 각각 삽관하여 사용하였던 동맥캐놀라와 정맥캐놀라는 그대로 둔 채로 초여과법시에도 사용하였다. 그러나 초여과법 시행시의 혈액순환의 방향은 개심술중의 체외순환 회로내에서의 혈액순환 방향과는 반대 방향이므로 동맥캐놀라(대동맥)측에서 정맥캐놀라(우심방)측으로 환자의 혈액이 순환하게 된다. 여과기를 통한 관류속도는 150~200 ml/min로 유지하였고, 초여과법의 효율을 증대시키기 위해서 초여과기의 배출구측에 흡인기를 연결하여 -15 cmH₂O의 흡인압이 작용되도록 하였다. 초여과를 시행하는 시간은 적혈구용적률이 35% 전후가 될 때까지 실시하였다. 초여과법 시행중에 체수액이 빠져나감으로 해서 혈압이 하강하는 경우에는 정맥저혈조에 남아있던 혈액을 환자에게 재주입하여 좌심방압이나 중심정맥압을 적정 수준으로 유지함으로써 정상 혈압으로 회복시킬 수 있었다. 그리고 이 때에도 정맥저혈조의

혈액을 초여과기를 통과시킨 후에 재주입함으로써 보다 능숙된 혈액을 환자에게 수혈할 수 있었다.

검사 방법은 심폐바이패스를 위한 헤파린을 주입하기 전에, 환자의 혈액을 채취하여 적혈구용적률, 활성화 응고시간 및 삼투압농도를 측정해 두었다. 그리고 이들 값의 체외순환 및 초여과법 시행에 따른 변화를 알아보기 위해서 심폐바이패스 시작후 10분, 초여과법 시작전 5분, 초여과법 종료후 5분 및 4시간, 그리고 술후 익일 아침 10시에 각각 반복검사를 실시하였다. 대조군에서도 거의 같은 시간대인 술전, 심폐바이패스 시작후 10분, 심폐바이패스 종료후 5분 및 20분, 그리고 술후 4시간 및 익일 아침 10시에 각각 검사를 실시하였다. 또 동맥수축기압, 동맥이완기압, 동맥평균압, 중심정맥압을 심폐바이패스 시작전에 측정하고, 이어서 심폐바이패스 종료 직후, 초여과법 시작후 10분 및 20분, 그리고 초여과법 종료후 5분 및 4시간에 각각 반복측정하였다. 대조군에서도 이들과 같은 시간대로 맞추어서 술전, 심폐바이패스 종료후 1분, 10분 및 20분, 그리고 술후 4시간에 각각 상기한 값

Table 2. Preoperative diagnosis of patients with and without modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass

	MUF (n=10)	without MUF (n=10)
ASD		1
VSD	8	8
VSD+ASD+DCRV+PS (valvular)	1	
VSD+ASD+PDA	1	
VSD+PS(infundibular)		1

ASD : atrial septal defect, DCRV : double chambered right ventricle, PDA : patent ductus arteriosus, PS : pulmonary stenosis, VSD : ventricular septal defect

들을 측정하였다. 또한 초여과법 시행에 직접 관련된 성적으로는 초여과법시의 혈액관류 속도, 초여과법 실시 시간, 초여과법으로 걸러낸 수액의 총량, 그리고 초여과법 시행중에 정맥저혈조로부터 환자에게 주입하였던 혈액의 총량 등을 조사하였다.

술후 환자의 혈액과 체액의 변동상황을 알아보기 위해, 술후 24시간 동안의 출혈량과 이 동안의 전혈(농축적혈구 포함) 및 혈장의 수혈량을 조사하였으며, 아울러 술후 24시간 동안의 소변량을 관찰하였다. 그리고 양군에서 모두 dopamine, dobutamine 및 nitroprusside의 사용량을 개심술 후 폐흉시점, 외과중환자실로 환자의 이송후 5분 및 4시간, 그리고 익일 오전 10시에 각각 조사하였다. 끝으로 술후 인공호흡기를 사용하였던 기간, 술후 외과중환자실에서의 체재 기간 및 술후 퇴원할 때까지의 입원기간을 조사하였다.

성적의 비교분석을 위한 처리방법은 SPSS 통계처리 프로그램을 이용하여 Student t-test 및 ANOVA로 검증하였으며, p 값이 0.05이하일 때를 유의한 것으로 평가하였다.

결 과

개심술후 변형 초여과법을 시행하였던 환자(이하 초여과군)는 10명으로서 남자 6명, 여자 4명이었고, 연령은 생후 9개월부터 39개월까지 분포되어 있었는데, 평균 연령은 17.1 ± 10.0개월이었다. 체중은 8 kg에서 18 kg까지로 평균 체중은 10.9 ± 3.6 kg, 체표면적은 평균 0.5 ± 0.1 m²였다. 그리고 변형 초여과법을 시행하지 않았던 환자(이하 대조군)도 10명이었는데 남자 4명, 여자 6명이었고, 연령분포는 생후 11개월부터 60개월까지로서 평균 연령은 31 ± 16.2개월이었다. 체중은 9 kg에서 21 kg까지로 평균 체중은 13.3 ± 4.1 kg이었으며, 평균 체표면적은 0.6 ± 0.1 m²였다. 이들 값들은 양군간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

대상환자들의 진단명을 보면, 초여과군에서는 심실중격결

Table 3. Operative procedures on patients with and without modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass

	MUF (n=10)	without MUF(n=10)
ASD closure	2	1
VSD closure	10	9
PV valvotomy	1	
RV infundibulectomy		
Resection of anomalous RV muscle band	1	1
PDA ligation	2	

ASD : atrial septal defect, PDA : patent ductus arteriosus, PV : pulmonary valve, RV : right ventricle
VSD : ventricular septal defect,

손 8례, 기타 심기형을 동반하고 있는 심실중격결손 2례로 구성되어 있었고, 대조군에서는 심실중격결손 8례, 심방중격결손 1례, 경도의 폐동맥협착이 동반된 심실중격결손 1례로 되어 있었다(Table 2). 따라서 진단명을 기준으로 양군을 비교하였을 때, 양군간에 별다른 차이는 없었다.

개심술에 의해 시술된 수술명을 보면, 초여과군에서는 심실중격결손폐쇄술이 10례, 심방중격결손폐쇄술 2례, 폐동맥판절개술 1례, 우심실내 이상근육밴드 절제술 1례, 개존동맥관 결찰술 2례가 시행되었고, 대조군에서는 심실중격결손폐쇄술 9례, 심방중격결손폐쇄술 1례, 우심실 누두부절제술 1례가 시술되었다(Table 3).

체외순환을 위한 심폐기 충진액의 총량은 초여과군에서 평균 78.7 ± 15.2 ml/kg, 대조군에서 평균 74.9 ± 16.8 ml/kg였고, 충진액에 첨가한 혈액의 양은 각각 26.9 ± 8.7 ml/kg, 25.6 ± 7.2 ml/kg이었으며, 체외순환시간과 대동맥차단시간은 각각 평균 88.4 ± 32.6분과 47.9 ± 19.0분, 70 ± 15.9분과 38.5 ± 12.3분이었다. 그리고 개심술중의 비인두부 체온(nasopharyngeal temperature)과 직장체온은 초여과군에서 각각 평균 18.6 ± 6.3°C, 23.6 ± 7.4°C, 대조군에서는 19.6 ± 2.5°C, 25.8 ± 1.6°C였다. 이들 값들도 모두 양군간에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

초여과군에서 초여과법 시행중의 관류속도는 평균 171.4 ± 26.7 ml/min이었고, 관류시간은 평균 18.9 ± 6.3분이 소요되었다. 이 동안에 걸러진 수액의 양은 평균 38.4 ± 11.9 ml/kg이었고, 심폐기의 정맥저혈조에 남아있던 혈액을 환자에게 재수혈한 양은 평균 32.1 ± 11.3 ml/kg였다(Table 1).

술후 24시간동안에 수술부위의 출혈로 소실된 혈액량은, 초여과군에서 평균 14.5 ± 11.9 ml/kg/24hr, 대조군에서 13.7 ± 11.9 ml/kg/24hr였다. 그리고 같은 기간에 공여혈액을 수혈한

Table 4. Pre- and postoperative parameters in patients with modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass (mean value \pm SD)

	Pre-op.	10min on ECC	5min before MUF	5min after MUF	Post-op. (4hr)	POD #1 10 a.m.
Hct (%)	33.1 \pm 3.6	26.5 \pm 2.2	27.4 \pm 4.9	37.1 \pm 3.3	38.8 \pm 3.0	36.7 \pm 3.6
ACT (sec)	88.5 \pm 17.6	1500 \pm 0	940.2 \pm 365.1	611.3 \pm 420.9	110.9 \pm 29.8	104.6 \pm 23.8
Osmolarity(mOsm)	285.4 \pm 65.5	274.3 \pm 33.5	273.2 \pm 29.3	285.4 \pm 36.6	282.8 \pm 27.5	276.6 \pm 36.3

ACT : active coagulation time, a.m. : ante meridiem, ECC : extracorporeal circulation, Hct : Hematocrit, MUF : modified ultrafiltration, POD : postoperative day,

Table 5. Pre- and postoperative parameters in patients without modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass(mean value \pm SD)

	Pre-op.	10min on ECC	5min before MUF	5min after MUF	Post-op.(4hr)	POD #1 10 a.m.
Hct (%)	33.1 \pm 2.7	24.7 \pm 1.3	25.9 \pm 2.7	30.5 \pm 2.9	39.0 \pm 3.9	37.7 \pm 4.4
ACT (sec)	105.3 \pm 13.6	1424.1 \pm 171.8	695.4 \pm 342.6	497.6 \pm 268	110.9 \pm 28.3	118.1 \pm 42.4
Osmolarity(mOsm)	248.9 \pm 41.2	270.7 \pm 36.6	269.1 \pm 44.6	284.6 \pm 35.2	279.6 \pm 43.7	281.1 \pm 36.1

ACT : active coagulation time, a.m. : ante meridiem, ECC : extracorporeal circulation, Hct : Hematocrit, POD : postoperative day

Table 6. Comparison of the pre- and post-MUF percent rise of parameters in the control and ultrafiltered patients

	MUF(n=10)	without MUF(n=10)	Difference
Hct	40.0	23.5	0.002
ACT	-59.2	-65.1	0.643
Osmolartity	4.0	5.1	0.172

ACT : active coagulation time, Hct : Hematocrit, MUF : modified ultrafiltration, All values are percentages.

양은 초여과군에서 전혈(농축적혈구 포함) 6.6 \pm 8.5 ml/kg/24hr, 혈장(plasma) 65.7 \pm 28.8 ml/kg/24hr이었고, 대조군에서는 전혈 15.2 \pm 21.3 ml/kg/24hr, 혈장 59.6 \pm 37.6 ml/kg/24hr이었다.

따라서 임상적으로는 초여과군에서 전혈의 수혈량이 대조군에 비하여 훨씬 적어 보였으나 통계학적으로는 유의한 차이가 없었다. 수술 후 24시간동안에 배출된 소변량은 초여과군에서 평균 130 \pm 34.5 ml/kg/24hr, 대조군에서 151.4 \pm 42.2 ml/kg/24hr이었다(Table 1).

술전후 적혈구용적률의 변화를 보면, 초여과군에서는 평균값으로 술전의 33.1 \pm 3.6%에서 체외순환 시작후 10분에 26.5 \pm 2.2%로 떨어졌다가 초여과법 종료(평균 18.9분 소요)후 5분에는 37.1 \pm 3.3%로 다시 급격히 상승한 다음, 익일 오전까지 비슷한 수준을 유지하였고, 대조군에서는 술전의 33.1 \pm 2.7%에서 체외순환중에 24.7 \pm 1.3%로 떨어진 다음, 체외순환이 끝나고 20분(대개 초여과군에서 초여과법 시행이 종료되는 시점에 해당함)이 경과한 후에도 30.5 \pm 2.9%이었다가, 술

후 4시간이 경과한 후에야 초여과군과 거의 같은 수준으로 상승하였다. 따라서 상기한 시간동안의 적혈구용적률의 변화를 체외순환중의 수치에 대한 상승률(percent rise, %)로 나타냈을 때, 초여과군은 40.0%, 대조군은 23.5%로써 양군간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p=0.002). 혈액의 활성화 응고시간과 삼투압농도의 변화는 모두 양군간에 유의한 차이가 없었는데, 활성화 응고시간은 술전의 88~105sec의 정상치에서 체외순환중에는 1400~1500sec이상의 수준으로 연장되었다가 수술 후 익일의 오전 10시에는 104~118sec의 수준으로 회복되었고, 혈액 삼투압농도는 체외순환중에도 별로 심하게 감소되지 않았다(Table 4, 5, 6).

술전후의 중심정맥압은 양군에서 모두 술전의 9~10 mmHg에서 술직후에 15 mmHg 정도로 올랐다가 4시간 경과 후에는 10~11 mmHg 수준으로 회복되었다. 수술 초여과법 시행에 따른 수축기 및 이완기 동맥압의 변화에 있어서는 양군간에 유의한 차이가 없었다. 그러나 초여과법 시행에 따른 평균 동맥압의 변화는 양군간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었으나(p=0.086), 임상적으로는 차이를 보였다. 즉 초여과군에서는 평균값으로 평균동맥압이 체외순환 직후의 54.2 \pm 10.5 mmHg에서 초여과법 시행후 5분에는 73.8 \pm 13.8 mmHg로 상승하여 36.2%의 상승률을 보인 반면에, 대조군에서는 58.6 \pm 15.3 mmHg에서 63.4 \pm 15.2 mmHg로 상승하여 8.2%의 상승률을 보임으로서 양군간에 임상적으로는 큰 차이를 보였다(Table 7, 8, 9).

수술 후 수술실과 외과중환자실에서 약제 사용량을 비교해

Table 7. Pre- and postoperative parameters in patients with modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass (mean value \pm SD)

	Pre-op.	1min after ECC	10min on MUF	5min after MUF	Post-op.(4hr)
CVP (mmHg)	9.0 \pm 3.3	12.8 \pm 3.3	12.9 \pm 3.8	12.9 \pm 3.2	12.0 \pm 2.7
SAP (mmHg)	91.2 \pm 17.0	78.2 \pm 16.0	80.5 \pm 19.8	100.7 \pm 18.6	114.5 \pm 16.7
DAP (mmHg)	54.2 \pm 11.1	43.4 \pm 8.8	45.3 \pm 11.9	55.9 \pm 11.8	65.5 \pm 11.9
MAP (mmHg)	64.9 \pm 11.0	54.2 \pm 10.5	55.7 \pm 14.5	73.8 \pm 13.8	84.1 \pm 15.5

CVP : central venous pressure, DAP : diastolic arterial pressure, MAP : mean arterial pressure, MUF : modified ultrafiltration, SAP : systolic arterial pressure,

Table 8. Pre- and postoperative parameters in patients without modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass (mean value \pm SD)

	Pre-op.	1min after ECC	10min after ECC	20min after ECC	Post-op. (4hr)
CVP (mmHg)	10.2 \pm 2.9	12.9 \pm 5.6	13.9 \pm 2.7	15.2 \pm 3.8	10.7 \pm 2.2
SAP (mmHg)	101.4 \pm 15.0	81.4 \pm 24.2	92.5 \pm 20.9	96.6 \pm 22.8	109.3 \pm 8.9
DAP (mmHg)	60.0 \pm 13.0	43.5 \pm 12.3	45.5 \pm 10.6	47.2 \pm 11.9	62.8 \pm 5.6
MAP (mmHg)	77.0 \pm 13.2	58.6 \pm 15.3*	61.6 \pm 15.3	63.4 \pm 15.2**	79.8 \pm 6.9

CVP : central venous pressure, DAP : diastolic arterial pressure, ECC : extracorporeal circulation, MAP : mean arterial pressure, MUF : modified ultrafiltration, SAP : systolic arterial pressure,

보았을 때, dopamine, dobutamine 및 nitroprusside의 사용량에 있어서 양군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 10, 11, 12).

술후 재원기간 동안의 임상적 경과를 보면, 초여과군에서 술직후 인공호흡기 사용기간은 평균 2.0 \pm 1.2일, 중환자실 재실기간은 평균 4.4 \pm 2.1일, 술후 재원기간은 12.7 \pm 3.0일이었고, 대조군에서는 이들 값이 각각 1.4 \pm 1.2일, 3.8 \pm 1.5일 및 11.7 \pm 3.3일로써 별다른 차이가 없었다(Table 1).

고 찰

개심술을 시행하기 위해서는 기본적으로 저체온과 혈액회석법을 근간으로 하는 체외순환을 적용하여야 한다. 그러나 체외순환을 하게 되면 혈액과 심폐기 회로 내표면 이물질간의 접촉이 일어나 전신적인 비특이적 염증성 반응이 초래되는데, 이로 인해 모세혈관의 투과성이 증가하고 인체내 각종 장기들의 부종과 전신적인 체수분의 저류현상이 나타난다(2,3). 특히 복잡 심기형을 가진 영아나 체중이 작은 소아의 개심술시에는 성인에 비하여 순환혈액량이 상대적으로 적은데다가, 심폐기 관류시간이 길고, 또한 체외순환중에 초저체온법과 완전순환정지법(total circulatory arrest)을 종종 사용하기 때문에 모세혈관의 투과성 증가에 기인하는 술후의 조직 부종도 보다 더 심하게 나타나는 경우가 흔하다^{4,9)}. 이러

Table 9. Comparison of the pre- and post-MUF percent rise of parameters in the control and ultrafiltered patients

	MUF (n=10)	without MUF (n=10)	Difference
CVP	0.8	17.8	0.210
SAP	28.8	18.7	0.366
DAP	28.8	8.5	0.135
MAP	36.2	8.2	0.086

CVP : central venous pressure, DAP : diastolic arterial pressure, MAP : mean arterial pressure, MUF : modified ultrafiltration, SAP : systolic arterial pressure, All values are percentages.

한 조직 부종은 심장과 폐를 포함하는 각종 장기들의 기능을 떨어뜨리게 되고, 심한 경우에는 사망할 수도 있다. 이와 같이 개심술후에 심한 조직 부종과 체수분의 증가가 초래되었을 때의 치료법으로는 이뇨제 사용, 교질용액 투여, 스테로이드 사용, 복막투석, 수술중 또는 수술후 초여과법의 적용 등이 있다.

초여과법을 이용하여 혈액의 수분을 제거함으로써 체내 수분량을 조절하려는 시도는 1952년 Lunderquist 등¹⁰⁾에 의하여 처음으로 기술되었는데, 이들은 수분과잉 상태의 신장질환자에서 부종을 감소시키는 방법으로서 초여과법을 사용하였다. 1979년 Darup 등¹¹⁾이 체외순환중에 초여과법을 사용하

Table 10. Postoperative drug treatment in patients with modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass(mean value ± SD)

	Post-ECC in OR	5min in ICU	4hr in ICU	POD #1 10 a.m.
Dopamine (ug/kg/min)	3.8 ± 3.8	2.3 ± 2.2	1.5 ± 1.8	1.0 ± 1.5
Dobuject (ug/kg/min)	4.2 ± 2.5	4.6 ± 3.4	5.1 ± 3.6	4.1 ± 2.3
Nitroprusside (ug/kg/min)	0.7 ± 0.6	1.1 ± 1.4	0.6 ± 0.4	0.5 ± 0.3

a.m. : ante meridiem, ECC : extracorporeal circulation, ICU : intensive care unit,

Table 11. Postoperative drug treatment in patients without modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass (mean value ± SD)

	Post-ECC in OR	5min in ICU	4hr in ICU	POD #1 10 a.m.
Dopamine (ug/kg/min)	1.4 ± 3.3	0.6 ± 1.4	1.1 ± 1.9	1.3 ± 2.3
Dobuject (ug/kg/min)	4.0 ± 2.7	5.1 ± 3.4	4.3 ± 2.6	3.8 ± 2.8
Nitroprusside (ug/kg/min)	0.9 ± 0.2	0.7 ± 0.3	0.6 ± 0.3	0.8 ± 1.2

a.m. : ante meridiem, ECC : extracorporeal circulation, ICU : intensive care unit,

Table 12. Comparison of the percent rise of drug dosage in ICU in the contol and ultrafiltered patients

MUF (n=10)	without MUF (n=10)	Difference	
Dopamine	-39.5	-57.1	0.346
Dobuject	9.5	27.5	0.634
Nitroprusside	57.1	-22.2	0.190

는 방식을 신부전 환자에서 처음 시작하였는데, 이를 전통적 초여과법이라고 하며, 이후부터 성인의 심장수술에 적용하여 술후 부종을 줄이는데 상당한 효과가 있었다는 보고들이 발표되었고^{6,12}, 1980년대에 들어와서는 초여과법 사용이 보편화되면서 소아의 개심술시에도 전통적 초여과법이 이용되기 시작하였다¹³. 그러나 1991년 Naik 등¹⁴은 전통적 초여과법보다는 심폐바이패스를 종료한 후에 환자의 체내혈액만을 10-15분동안 초여과해주는 변형 초여과법이 술후 부종감소의 효과가 더욱 뚜렷하다고 주장하였다.

초여과법의 원리는 수압차를 이용하여 반투과성 막을 통해 혈액성분 중에서 수분과 저분자량의 물질을 여과해내는 것이다. 따라서 이는 투석액을 사용하여 반투과성 막을 통해 용질이 확산되도록 하는 혈액투석과는 구분된다⁶. 통상적인 초여과법을 적용하면, 여과기의 여과공(pore) 크기에 따라 다소 차이는 있겠지만, 분자량이 20,000 daltons보다 작은 혈액 내 용해 물질들, 예를 들면, 수분, sodium, potassium, urea, creatinine 및 glucose 등은 용이하게 여과될수 있으나 이보다 분자량이 큰 albumin, hemoglobin, fibrinogen 등은 여과되지 않는다¹⁵. 이와 같이 분자량이 큰 혈장단백들이 여과되지 않

으므로 초여과법 시행에 따른 혈액응고의 장애는 별로 일어나지 않는다¹³. 이 점은 혈액을 원심분리하여 혈장단백은 제거하고 적혈구를 농축시켜 환자에게 재주입하는 Cell Saver와는 대비가 되는 사항으로써, 개심술 환자에서는 매우 유익한 장점으로 평가되고 있다¹⁶. 한편 헤파린은 초여과법에 의해 여과되지 않기 때문에 이를 중화시키기 위하여 술 후에 보다 많은 양의 프로타민(protamine)을 필요로 한다고 하였다¹⁵.

일반적으로 전통적 초여과법은 개심술의 종반에 이르러 저체온 상태의 환자를 재가온할 때, 체온이 28℃ 정도가 되는 시점에서 시작하여 체외순환을 종료할 때까지 실시한다. 전통적 초여과법은 목표로 하는 적혈구용적률을 짧은 시간 내에 달성하기 어렵고, 이를 시행하는 동안에 혈압이 불안정하며, 심폐기와 환자의 혈액을 함께 여과하기 때문에 정맥저혈조의 혈액량이 적을 때에는 시행에 제약을 받게 되고, 술 후 부종감소의 효과도 뚜렷하지 않는 경우가 많다는 등의 단점을 가지고 있다^{8,17}. 반면에 변형 초여과법은 개심술에 따른 심폐바이패스가 종료된 후에 환자의 혈액만을 15~20분동안 초여과해주기 때문에 정맥저혈조의 혈액량에 의해 별다른 제약을 받지 않을 뿐더러, 필요한 경우에는 정맥저혈조의 혈액을 초여과기를 통해 재수혈할 수 있기 때문에 개심술후에 폐기되는 혈액량을 최소화할 수 있고, 초여과법의 시행 중에도 혈압을 안정적으로 유지할 수 있다는 장점을 갖고 있다⁸. 그러나 개심술에 따른 심폐바이패스가 종료된 후에도 15~20분 정도로 탈삼판이 늦어지게 되고, 영아나 매우 작은 소아에서는 대동맥이 작기 때문에 삽입한 동맥캐놀라가 막혀서 초여과법을 제대로 실시할 수 없는 경우가 드

물게 있다는 단점이 있다¹³⁾.

개심술후 변형 초여과법 시행에 따른 효과를 살펴보면, 우선 이를 적용하지 않은 대조군에 비하여 술후 체내 총수분량이 감소함을 알 수 있다. 통상적인 체외순환후에 체내의 총수분량이 증가하게 됨은 의심의 여지가 없으며, 특히 체중이 작은 영아에서 저체온과 저관류하에 장시간의 심폐기 관류를 시행하면, 이 현상은 더욱 심화된다고 하였다¹⁻³⁾. Brans 등⁴⁾의 연구에 의하면, 체외순환 후의 총수분량의 증가는 세포의 수분의 증가, 그 중에서도 특히 세포간질 구역에서의 수분 증가에 주로 기인한다고 하였고, 반면에 세포내 수분량이나 혈관내 수분량에는 심한 변화가 일어나지 않는다고 하였다. Naik 등¹³⁾은 소아의 개심술에서 변형 초여과법을 사용함으로써 술전과 술후 4시간후에 체내 총수분량을 측정하여, 대조군과 비교하였을 때, 통계적으로 유의하게 술후 총수분량증가율을 줄이는 효과를 볼 수 있었다고 하였다. 즉 그들의 보고에 의하면, 대조군에서는 총수분량이 술후에 평균 11.1% 증가한데 비하여 초여과군에서는 평균 4%만 증가되었다고 하였다. 저자들의 경우에는 술후 총수분량을 측정해보지는 않았지만, 초여과군에서 술후 1인당 평균 38.4ml/kg의 체내 수분을 걸러낼 수가 있었으므로 이는 전혀 걸러내지 못한 대조군에 비해서는 개심술후 총수분량을 줄이는데 상당한 기여를 했을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 변형 초여과법을 적용함으로써 술후 심폐기의 정맥저혈조에 남아있던 혈액을 유용하게 사용할 수 있었다. 초여과군에서는 개심술중의 평균 적혈구용적률 26.5%를 초여과법 실시 종료후의 37.1%로 올리는 동안에 대부분의 환자에서 공여혈액의 사용없이 정맥저혈조에 남아있던 혈액을 수차례에 걸쳐서 재수혈하는 것으로 충분하였던 것에 비하여, 대조군에서는 체외순환 종료후의 낮은 적혈구용적률(25.9%)을 정상화 시키기 위하여 통상적으로 공여혈액을 사용하여야 했었고, 반면에 정맥저혈조에 남아 있던 잔여혈액은 대개 폐기하는 것이 상례였었다. 그래서 이 동안에 정맥저혈조로부터 재주입된 혈액량을 보면, 초여과군에서는 1인당 평균 32.1 ml/kg이었고, 대조군에서는 전혀 없었다. 그러므로 상기한 소견들을 종합해 보면, 초여과군에서는 술후 1인당 평균 38.4 ml/kg의 체내수분을 걸러낸 다음, 산화기에 남아있던 자기혈액을 농축시켜 평균 32.1 ml/kg씩 재주입한 셈이었고, 대조군에서는 체내수분을 걸러내지도 못한 상태에서 타인의 공여혈액을 주입함으로써 체내수분을 오히려 증가시킨 결과가 되었다. 이와같이 양군간에 뚜렷이 대비되는 현상을 평가하였을 때, 본 연구에서는 대상 환아들의 심질환이 모두 단순질환들이었기 때문에 개심술시의 체외순환시간이 짧아서 양군간에 유의한 성적의 차이로 나타나지 않았으나 복잡심기형 환아들을 대상으로 하여 체외순환시간이 길

어질 경우에는 통계학적으로도 유의한 차이를 보이게 될 것으로 추정된다.

술후 중환자실에서 24시간을 경과하는 동안에 전혈(농축적혈구 포함)을 수혈한 양은, 저자의 경우에 있어서, 초여과군에서는 6.6 ml/kg/24hr, 대조군에서는 15.2 ml/kg/24hr로 양군간에 별다른 차이가 없었고, 이 기간 동안의 혈장 사용량도 초여과군에서는 65.7 ml/kg/24hr, 대조군에서는 59.6 ml/kg/24hr로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 그러나 Naik 등¹³⁾에 의하면, 초여과법을 적용하였던 25례 전례에서 공여혈액을 전혀 사용하지 않고 술후 적혈구용적률을 40% 수준으로 올릴 수가 있었다고 하였고, 적혈구용적률을 35% 수준으로 유지하는 것을 목표로 했다면 술후 24시간 동안의 공여혈액 수혈량은 거의 제로에 가까웠을 것이라고 주장하면서, 물론 술후 수혈량은 심폐바이패스 중의 관류속도, 저체온의 정도, 총관류시간 등에 따라서 상당한 차이를 보였지만 초여과군에서는 어떠한 조건하에서도 수혈량이 5 ml/kg/24hr를 넘지는 않았다고 하였다. 그렇지만 이 기간 동안의 교질 사용량에 있어서는 별다른 차이가 없었다고 보고하였다.

변형 초여과법을 적용하면 술후 출혈량도 유의하게 감소한다는 보고도 있다^{8,13)}. 즉 이에 대한 설명으로는 첫째, 초여과에 의한 혈액농축의 효과만으로도 충분히 설명될 수 있으며, 둘째, 역시 초여과에 의해 혈소판을 포함하는 혈액응고 인자들이 농축되게 되고, 셋째, 혈전용해 인자들 중의 일부가 초여과에 의해 제거된다는 사실 등을 들고 있다. 그러나 본 연구에서는 술후 24시간 동안의 출혈량을 조사하였을 때, 초여과군에서는 평균 14.5 ml/kg/24hr, 대조군에서는 13.7 ml/kg/24hr로 양군간에 유의한 차이가 없었다. 그리고 술후 24시간 동안에 배설된 소변량의 비교에 있어서도, 초여과군에서 평균 130 ml/kg/24hr, 대조군에서는 151.4 ml/kg/24hr로 양군간에 유의한 차이가 없었다.

변형 초여과법을 적용함으로써 얻어질 수 있는 장점들 중에서 또 빠트릴 수 없는 것으로는 혈압상승 효과를 들 수 있다. 즉 변형 초여과법을 시행하게 되면, 대동맥으로부터 단시간에 많은 양의 혈액을 여과기쪽으로 빼내어야 하기 때문에 심장혈액의 전부하 감소에 기인하는 혈압강하가 초래될 것으로 우려되지만 실제에 있어서는 오히려 혈압이 상승하는 현상이 나타나는 것을 볼 수 있다. 이에 대한 설명으로는, 우선 초여과법에 의한 체내 수분량의 감소로 심근과 폐의 부종이 감소하게 되고, 따라서 심근의 기능이 향상되므로 혈압이 상승하게 된다는 설명이다. 다음으로는, 초여과법에 의해 적혈구용적률이 증가하게 되면 혈액의 점도가 높아지게 되고, 이는 말초혈관의 저항을 증가시키게 되어 결과적으로는 혈압이 올라가게 된다는 설명이다. 그런데 이 설명에 따른다면, 말초혈관의 체저항이 증가하게 되면 심장의 후부

하가 증가하게 되므로 결국 심기능에 악영향을 미치게 되어 조만간에 혈압이 다시 하강하게 될 것으로 예견된다. 그러나 Naik 등¹³⁾의 연구에 의하면, 변형 초여과법을 시행하는 동안 체혈관저항에 별다른 변화가 없었고, 초여과법으로 상승하게 된 혈압은 그 후에는 추가적 치료를 하지 않더라도 지속적으로 잘 유지가 되었다고 하였다. 그 밖의 설명으로는 심근 기능을 떨어뜨리는 어떤 인자들과 말초혈관 저항을 떨어뜨리는 마취약제 등이 변형 초여과법에 의해 여과되어 버리기 때문에 혈압이 상승하게 된다는 주장이 있으나 아직까지 확실하게 증명되지는 못하고 있다. 본 연구에서의 성적을 보면, 수술 초여과법 시행에 따른 수축기 및 이완기동맥압의 변화에 있어서는 양군간에 유의한 차이가 없었으나 평균동맥압의 변화는 양군간에 $p=0.086$ 의 차이를 보임으로써 $p < 0.1$ 의 유의수준에서는 통계학적인 의미가 있는 것으로 나타났다. 즉 평균값으로 초여과군에서는 평균동맥압이 체외순환 직후의 54.2mmHg에서 초여과법 종료후 5분에는 73.8 mmHg로 상승함으로써 36%의 상승률을 보인 반면에, 대조군에서는 58.6 mmHg에서 63.4 mmHg로 상승하여 단지 8%의 상승률을 보여 임상적으로는 양군간에 상당히 의미있는 차이가 있는 것으로 판단되었다.

최근 체외순환시에 나타나는 광범위한 비특이적 염증반응의 매개체로 작용하는 것으로 알려진 cytokines, C3a, C5a 및 기타 과민반응 유발물질들이 변형 초여과법을 실시하게 되면 매우 효과적으로 여과되기 때문에 개심술시의 체외순환에 따른 비특이적 염증반응과 재관류 손상을 줄이는데 의미 있는 역할을 한다는 보고들도 있으나 이에 대해서는 앞으로 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다¹⁷⁻¹⁹⁾.

결 론

변형 초여과법의 장점으로는 개심술후 초래되는 체내 수분증가 현상을 감소시킬 수가 있고, 체외순환 종료후 짧은 시간내에 적혈구용적률을 목표로 하는 수준까지 용이하게 끌어올릴 수가 있으며, 또한 수술에 산화기의 정맥저혈조에 남게된 혈액을 농축시켜 재수혈함으로써 공여혈액의 사용량을 줄일 수 있다는 점 등을 들 수 있다. 그리고 본 연구의 과정에서, 변형 초여과법을 적용했을 때, 거의 일률적으로 동맥혈압이 상승함을 볼 수 있었고, 이는 환이를 중환자실로 옮긴 후에도 대체로 지속됨을 알 수 있었다. 상기한 여러 가지 소견들을 종합해 볼 때, 향후 영아나 작은 소아의 개심술에 있어서 변형 초여과법은 보다 많은 빈도로 이용될 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

1. Westaby S. Organ dysfunction after cardiopulmonary bypass. A systemic inflammatory reaction induced by the extracorporeal circuit. *Int Care Med* 1987;13:89-95.
2. Kirklin JK, Blackstone EH, Kirklin JW. Cardiopulmonary bypass: Studies on its damaging effects. *Blood Purif* 1987;5:168-78.
3. Breckenridge IM, Digerness SB, Kirklin JW. Increased extracellular fluid after open intracardiac operation. *Surg Gynecol Obstet* 1970;131:53-6.
4. Brans YW, Dweck HS, Havis HB et al, Park GVS, Bailey PE, Kirklin JW, Cassady G. Effects of open heart surgery on the body composition of infants and young children. *Pediatr Res* 1981;15:1024-28.
5. Maehara T, Novak I, Wyse RKH, Elliott MJ. Perioperative change in total body water in children undergoing open heart surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 1991;5:258-65.
6. Magilligan DJ. Indications for ultrafiltration in the cardiac surgical patient. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985;89:183-9.
7. Boldt J, Kling D, Bormann BV, Scheld HH, Hempelmann G. Extravascular lung water and hemofiltration during complicated cardiac surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 1987; 35:161-5.
8. Elliott MJ. Ultrafiltration and modified ultrafiltration in pediatric open heart operations. *Ann Thorac Surg* 1993;56: 1518-22.
9. Barratt-Boyes BA, Simpson M, Neutze JM. Intracardiac surgery in neonates and infants: deep hypothermia and limited cardiopulmonary bypass. *Circulation (suppl. I)* 1971;43:25-9.
10. Lunderquist A, Alwall N, Tornberg A. On the artificial kidney;XXI. The efficacy of the dialyzer ultrafilter intended for human use. Including a preliminary report on treatment of the edemic patient by means of UF. *Acta Med Scand* 1952;143:307-11.
11. Darup J, Bleese N, Kalmar P, Lutz G, Pokar H, Polonius MJ. Hemofiltration during extracorporeal circulation. *Thorac Cardiovasc Surg* 1979;27:227-30.
12. Oyama C, Levine N, Magilligan DL Jr. Pulmonary edema: Reversal by ultrafiltration. *J Surg Res* 1984;36:191-7.
13. Naik SK, Knight A, Elliott MJ. A prospective randomized study of a modified technique of ultrafiltration during pediatric open-heart surgery. *Circulation* 1991;84(suppl 3):422-31.
14. Naik SK, Knight A, Elliott MJ. A successful modification of ultrafiltration for cardiopulmonary bypass in children. *Perfusion* 1991;6:41-50.
15. Groom RC, Akl BF, Albus RA, Hill A, Munoz R, Lefrak EA. Alternative method of ultrafiltration after cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1994;58:573-4.

16. Breyer RH, Engelman RM, Rousou JA, Lemeshow SA. *A comparison of Cell Saver versus ultrafilter during coronary artery bypass operations.* J Thorac Cardiovasc Surg 1985;90:736-40.
17. Wang MJ, Chiu IS, Hsu CM, et al., *Efficacy of ultrafiltration in removing inflammatory mediators during pediatric cardiac operations.* Ann Thorac Surg 1996;61: 651-6.
18. Downing SW, Edmunds LH Jr. *Release of vasoactive substances during cardiopulmonary bypass.* Ann Thorac Surg 1992;54:1236-43.
19. Andreasson S, Gothberg S, Berggren H, Bengtsson A, Eriksson E, Risberg B. *Hemofiltration modifies complement activation after extracorporeal circulation in infants.* Ann Thorac Surg 1993;56:1515-7.

=국문초록=

개심술후에 영아나 작은 소아에서는 수분의 체내 저류현상이 더욱 심하게 나타난다. 이에 대한 치료법의 하나로 개심술시 변형 초여과법을 적용함으로써 술후 상태에 미치는 영향을 알아 보고자 하였다.

개심술을 받았던 5세이하의 소아를 대상으로 개심술후 변형 초여과법을 적용하였던 환자(초여과군) 10명과 초여과법을 실시하지 않았던 대조군 10명의 2군으로 나누어서 개심술에 따른 초기 성적을 비교 분석하였다. 환자의 연령, 체중, 심폐기 충전액의 총량과 이에 첨가한 혈액의 양, 그리고 체외순환시간과 동맥차단 시간 등의 값들은 모두 양군간에 유의한 차이가 없었다. 변형 초여과법을 적용함에 있어서 관류속도는 평균 171.4ml/min, 관류시간은 평균 18.9분이 소요되었고, 이 동안에 걸러진 수액의 총량은 평균 38.4ml/kg, 심폐기의 혈액을 환자에게 재수혈한 양은 평균 32.1ml/kg였다. 술후 24시간동안의 출혈량은 초여과군에서 평균 14.5ml/kg/24hr, 대조군에서 13.7ml/kg/24hr였고, 같은 기간에 수혈한 양은 초여과군에서 전혈 6.6ml/kg/24hr, 혈장 65.7ml/kg/24hr, 대조군에서는 전혈 15.2ml/kg/24hr, 혈장 59.6ml/kg/24hr이었다. 이는 임상적으로는 초여과군에서 전혈의 수혈량이 대조군에 비하여 훨씬 적어 보였지만 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 술전후 적혈구용적률의 변화는, 초여과군에서는 체외순환 시작후 10분에 평균값이 26.5%로 떨어졌다가 초여과법 종료 5분후에는 37.1%로 급격히 상승하였고, 대조군에서는 체외순환중의 24.7%에서 체외순환이 끝나고 20분이 경과한 후에도 30.5% 수준으로밖에 상승하지 못하였다. 그러므로 적혈구용적률의 변화를 체외순환중의 수치에 대한 상승률(%)로 나타냈을 때, 초여과군은 40%, 대조군은 23%로써 양군간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.002$). 초여과법 시행에 따른 수축기 및 이완기동맥압의 변화에 있어서는 양군간에 유의한 차이가 없었으며, 평균동맥압의 변화는 양군간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었으나($p=0.086$), 임상적으로는 상당한 차이를 보였다.

결론적으로, 소아환자에서 개심술후에 변형 초여과법을 적용했을 때, 거의 일률적으로 적혈구용적률과 동맥혈압이 상승함을 볼 수 있었고, 이는 환아를 중환자실로 옮긴 후에도 지속됨으로써 개심술직후 환아관리에 긍정적인 효과를 발휘하는 것으로 평가된다. 따라서 향후 영아나 작은 소아의 개심술에 있어서 변형 초여과법은 보다 많은 빈도로 이용될 것으로 전망된다.

- 중심단어 : 1. 변형 초여과법
2. 소아 개심술
3. 술후 기간