

소아 개심술에 있어서 변형초여과법의 효과

전 태 국*·박 표 원*·최 용 수**·김 정 수***·윤 양 구*·김 욱 성**
박 계 현*·김 관 민*·김 진 국*·심 영 목*·채 현*

=Abstract=

Effects of Modified Ultrafiltration in Pediatric Open Heart Surgery

Tae-Gook Jun*, Pyo Won Park*, Yong Soo Choi**, Chungsu Kim**, Yang Koo Yun*,
Wook Sung Kim*, Kay-Hyun Park*, Kwhanmien Kim*, Jhngook Kim*,
Young Mog Shim*, Hurn Chae*

Cardiopulmonary bypass in children is associated with capillary leak, which results in an increase in total body water after open heart surgery. The purpose of these studies was to assess the cardiopulmonary effects of modified ultrafiltration after pediatric open heart surgery.

Study A: Twenty-six consecutive children aged 0.1~10 years (median 7 months) underwent cardiac operation incorporating modified ultrafiltration. After completion of cardiopulmonary bypass, modified ultrafiltration was commenced at the flow rate of 100~150l/min for 3~14 min. After modified ultrafiltration, elevation of hematocrit ($28.3\% \pm 3.6\%$ vs. $33.8\% \pm 4.0\%$, $p < 0.001$), increased systolic blood pressure (66.7 ± 11.2 mmHg vs. 76.2 ± 11.8 mmHg, $p < 0.02$), and decreased central venous pressure (7.8 ± 3.7 mmHg vs. 6.9 ± 2.9 mmHg, $p < 0.001$) were observed.

Study B: Twenty-six children who underwent cardiac operation with the diagnosis of VSD under 2 years were assigned to control ($n=14$) or modified ultrafiltration ($n=12$). Peak inspiratory pressure checked immediately after operation was significantly lower in modified ultrafiltration group than in control group (20.0 ± 2.4 cmH₂O vs. 22.4 ± 2.3 cmH₂O, $p < 0.03$).

Modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass in children improves early hemodynamics and pulmonary mechanics, and represents an excellent option for perioperative management of accumulation of fluid in the tissues. We will continually employ the modified ultrafiltration technique in pediatric cardiac operations.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1997;30:591-7)

Key words: 1. filtration
2. cardiopulmonary bypass
3. hemodynamics

* 삼성의료원 삼성서울병원 흉부외과

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Samsung Medical Center

** 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

** Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Seoul National University

*** 삼성의료원 삼성서울병원 마취과

*** Department of Anesthesiology, Samsung Medical Center

† 위 논문은 96년도 삼성의료원 임상연구비 일부보조에 의함

‡ 위 논문은 96년도 추계 흉부외과학회에서 구연되었음

논문접수일 : 96년 12월 7일 심사통과일 : 97년 3월 1일

책임저자: 전태국, (135-230) 서울시 강남구 일원동 50번지 삼성의료원 흉부외과. Tel. (02) 3410-3484, Fax. (02) 3410 - 0089

서 론

소아에서 저체온 및 혈액희석법을 이용한 체외순환은 모세혈관의 투과성 증가 및 염증반응으로 인하여 조직의 수분증가 및 총 수분증가를 초래한다¹⁾. 특히 체중이 적은 영아인 경우나 심폐기 관류 시간이 긴 경우 등에서는 체외순환에 의한 손상 및 저산소증에 의한 손상 등으로 인하여 모세혈관의 투과성이 더욱 증가되어 조직의 부종이 쉽게 유발되고, 심한 경우에는 여러 장기의 기능 부전을 초래한다^{2, 3)}

이와 같은 체외순환후 발생하는 수분 축적 및 부종을 줄이기 위하여 체외순환시 체온상승기간에 초여과기를 적용하여 수분을 제거해주는 전통적인 초여과법(conventional ultrafiltration)을 사용하였으나, 소아 개심술시에는 많은 양을 효과적으로 여과하기가 힘들다는 제약점으로 효과적으로 이용하지 못하였다⁴⁾. 최근에는 체외순환에서 이탈후 환자의 혈액만 여과해주는 변형초여과법(modified ultrafiltration)의 여러 장점이 보고되었다^{5, 6)}.

본 연구는 여러가지 장점을 갖고 있는 변형초여과법을 임상적용하여 개심술 직후 심폐기능에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 삼성의료원 흉부외과에서 개심술을 받는 환자중 일부 소아 환자를 대상으로 심폐기 관류후 변형초여과법을 실시하면서 이에 따른 혈액학적 변화, 동맥혈 산소분압의 변화, 요량 및 수분 균형, 및 폐포-혈중 산소 포화도의 차이의 변화 등을 관찰 분석하였다. 아울러 변형초여과법의 임상적용의 기틀을 마련하고, 이의 효용성을 검증하고자 하였다.

연구 대상 및 방법

a) 환자군의 선정

연구 A: 1996년 4월부터 1996년 8월까지 삼성의료원 흉부외과에서 개심술을 시행하면서 변형초여과법을 실시한 총 71명의 환자중 전향적으로 연구에 포함된 소아환자 26명(남자 15, 여자 11)을 대상으로 하였다. 수술시 변형초여과법과 전통적초여과법을 동시에 시행한 경우는 제외하였다.

연구 B: 1996년 1월 부터 8월 까지 삼성의료원 흉부외과에서 개심술을 시행한 소아환자중 심실중격결손으로 수술 받은 환자를 대상으로 하였다. 연구 대상은 심실 중격결손, 수술시 체중 5~20kg으로 제한 하였으며, 재수술을 받거나 술전 항응고제를 사용한 환자는 연구 대상에서 제외하였다. 1996년 1월 부터 1996년 4월까지 수술한 환자들(1군, 14명) 변형초여과법을 시행하지 않은 환자들로 후향적으로 환자의 임상기록을 관찰하였다. 1996년 4월부터 1996년 8

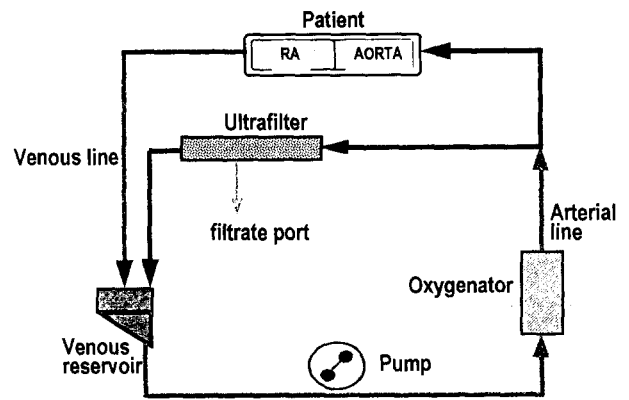


Fig. 1. Conventional placement of the ultrafilter in the CPB circuit

RA : Right Atrium CPB : Cardiopulmonary bypass

월까지 변형초여과법을 실시하면서 전향적으로 환자들(2군, 12명)의 임상 기록지를 관찰하였다.

b) 심폐기 관류

모든 환아에 있어서 중등도 저체온법을 이용한 체외순환을 시행하였으며, 최저 비인두(nasopharyngeal) 온도는 20~25도로 유지 하였다. 롤러펌프(Sarns 9000)를 이용 비박동성 관류를 시행하였고, 산화기는 막성산화기(Terumo, CARPIOX-SX10)를 사용하였다. 심폐기 충전액은 300~500ml의 lactated Ringer solution, 농축적혈구 100~150ml, 15% 만니톨용액(6ml/kg), 20% 알부민용액(100ml) 등을 사용하였으며, 심폐기 관류시 적혈구 용적량은 최소 20%이상으로 유지하였다. 심폐기 관류량은 정상체온에서 120ml/kg, 저체온에서 100ml/kg를 기준으로 유지하였다. 항응고제 주입은 대동맥 삽관전에 헤파린을 3mg/kg정주하였으며, 심폐기 관류와 변형초여과법후 프로타민(3.9mg/kg)을 정주하였다. 심근 보호는 간헐적 냉각 산소화 혈성 심정지액을 20분 간격으로 주입하였으며, 대동맥 차단을 제거하기 전에 온난 산소화 혈성 심정지액(moderate potassium)을 2~3분 주입하였다. 대동맥차단을 제거한 후 체온을 올리면서 서서히 인공 심폐기에서 이탈하였으며, 경우에 따라서 소량의 변력성 약제 및 혈관확장제를 주입하기 시작하였다.

c) 변형초여과법 회로 및 방법

전통적 초여과법 회로 및 변형초여과법 회로는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다. 심폐기 관류를 정지한후 상공정맥관을 상공정맥으로부터 분리한 뒤 중심정맥압과 혈압을 관찰하면서 전부하가 일정하게 유지 되도록 충전액을 환자에게 주입한 뒤, 혈류의 방향이 대동맥 캐놀라 펌프 초여과기 하공

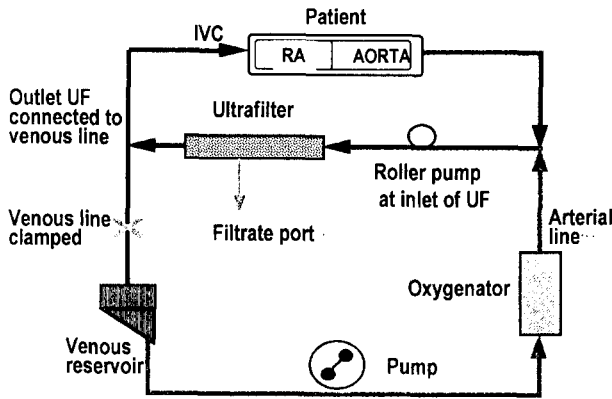


Fig. 2. Modified placement of the ultrafilter in the CPB circuit

RA : Right Atrium
IVC : Inferior Vena Cava
UF : Ultrafiltration
CPB : Cardiopulmonary bypass

정맥 캐놀라가 되도록 변형초여과법 회로를 만든 뒤 초여과법을 시행하였다. 초여과기는 Gambro (FH 22EH)를 사용하였으며, 여과 속도는 100~150ml(20~30ml/kg/min)로 하였다. 효과적인 여과를 위해서 여과액 출구에 약 80 mmHg의 힘이 걸리도록 흡입하였다. 적혈구 용적량은 35%를 목표로 하여 예상 여과액 양을 계산하고 혈액 검사상 적혈구 용적량이 35%전후에 도달하거나, 산화기에 남아있는 충전액이 없어 혈액을 보충할 수 없게 되면 초여과법을 중지하였다. 예상 여과량은 다음과 같은 공식으로 산출하였다.

$$\text{예상 filtrate volume(ml)} = TV - \frac{TV \times \text{Hct}}{\text{save Hct}}$$

TV(total blood volume)=patient volume + reservoir & circuit volume

Hct=측정된 hematocrit, save Hct = 목표 hematocrit

d) 변수 측정 및 혈액 채취

연구 A): 변형초여과법시행 전과 후에 혈액학적 변화를 관찰하기 위하여 환자의 중심정맥압, 수축기 혈압 및 적혈구 용적량 등을 측정하여 그 변화를 비교하였다. 변형초여과법을 시행하는 동안에는 새로운 변력성 약제나 혈관이완제 등은 사용하지 않았다.

연구 B): 폐에 미치는 영향을 평가하기 위하여 2세 미만의 심실중격결손 환자중 변형초여과법 적용군(12명)과 적용하지 않은 대조군(14명)으로 나누어 환자의 수술 직후 최대 흡기분압(peak inspiratory pressure, PIP), 폐포-혈중 산소 포화도의 차이(A-a DO₂), 및 중환자실에서 기관 삽관기간 등

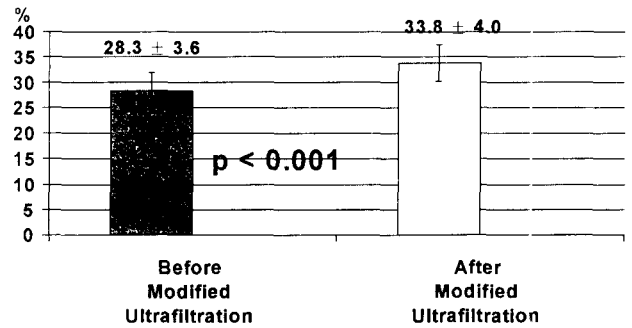


Fig. 3. Comparison of the hematocrit before and after modified ultrafiltration

을 비교하였다. 폐포-혈중 산소 포화도 차이는 동맥혈가스 분석을 실시한뒤 다음과 같은 공식을 사용하여 계산하였다.

$$(A-a) D_{O_2} = (P_B - P_{H_2O}) \times F_{iO_2} - P_{aCO_2} - P_{aO_2}$$

P_B = 760mmHg, P_{H₂O} = water vapor pressure = 47mmHg

e) 통계 처리

각각의 자료 처리는 SAS 6.04프로그램을 이용하였다.. 연속 변수의 평균치는 평균 표준편차로 표시하였다. 각 군에 대한 연속 변수의 통계분석은 student t-test 및 paired t-test를 시행하였으며, 각각의 통계적 유의 수준은 p값을 0.05로 기준 하였다.

결 과

연구 A): 변형초여과법을 시행한 환자들의 평균 나이는 21.6±33개월, 체표면적은 0.49±0.2m² 이었다. 환자들 각각의 임상 진단은 심실중격결손증 12례, 팔로씨4징증 5례, 심방중격결손 4례, 총폐정맥이상 2례, 심실중격을 동반한 폐동맥발육부전 2례, 양대혈관 우심실기시증 1례 등이었다. 수술시 총체외순환 시간은 101±52min, 대동맥차단시간은 57±37min 이었다. 변형초여과법시행시 걸리는 시간은 평균 7.5±3min(3~14min)이었으며, 이때 여과된 수분량은 평균 233±155ml이었다. 변형초여과법 전후의 적혈구 용적량은 28.3±3.6%에서 33.8±4.0%로 증가(P<0.001, Fig. 3), 중심정맥압은 7.8±3.7mmHg에서 6.9±2.9mmHg로 감소하였으며(P<0.001, Fig. 4), 수축기 혈압은 66.7±11.2 mmHg에서 76.2±11.8mmHg로 증가하였다(p<0.02, Fig. 5).

연구 B): 변형초여과법을 적용한군(12명)과 초여과법을 적용하지 않은 대조군(14명) 간의 수술시 임상정보는 Table 1과 같다. 환자의 나이, 체중, 체표면적, 총체외순환시간, 및 대동맥차단시간은 양군간에 차이가 없었다(p> 0.05). 양

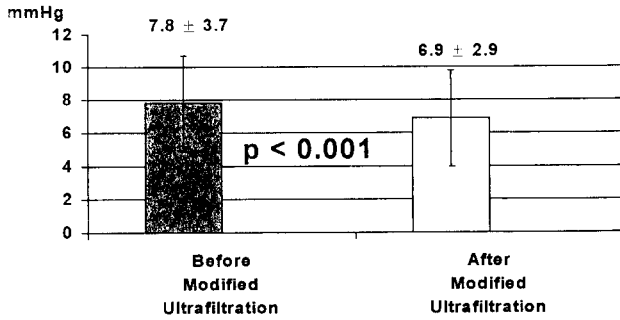


Fig. 4. Comparison of the central venous pressure before and after modified ultrafiltration.

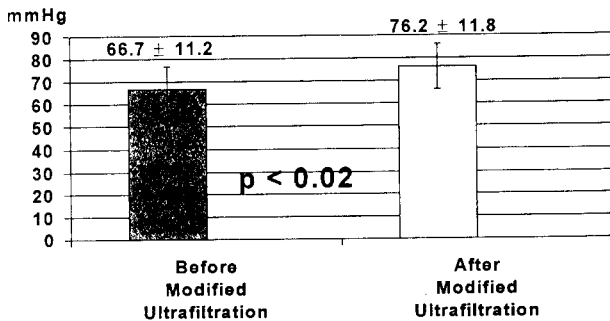


Fig. 5. Comparison of the systolic blood pressure before and after modified ultrafiltration.

군간의 수술직후 최대흡기분압, 폐포-혈중 산소 포화도의 차이(A-a D_{O2}), 및 중환자실에서 기관 삽관기간 등은 다음과 같았다(Fig. 6,7,8). 최대흡기분압은 각각 20.0±2.4cmH₂O, 22.4±2.3cm H₂O로 변형초여과법 적용군에서 통계학적으로 의미 있게 낮았으며(p<0.03), 폐포-혈중 산소 포화도의 차이는 각각 262±135mmHg과 323±137mmHg(p >0.05), 삽관기간은 각각 18.7±9.7시간과 25.3±22시간으로서(p>0.05)로서 변형초여과법 적용군에서 낮았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

고 찰

소아환자에서 심폐기 관류후 체내 수분증가는 체중이 적은 영아 및 신생아에서 그 정도가 심하며, 많은 경우에는 술후 체중이 술전 체중보다 20%이상 증가한다¹⁾. 이러한 체내 수분증가는 술후 경과에 지대한 영향을 미친다. 특히 심폐기 관류시 정맥관의 위치가 너무 깊다든지, 정맥관 크기가 굵어서 상공정맥 혹은 하공정맥벽이 정맥관에 밀착된다든지 등의 기계적 요인으로 정맥관으로 관류가 제대로 되지 않거나, 저체온 혹은 초저체온 등에 의한 전신저항의 상승으로 혈액 순환이 제대로 되지 않는 경우에는 수분의 체내 축적이 더욱 심화될 수 있다. 이러한 과도한 체내 수분 축적은 술후 경과에 지대한 영향을 미치며, 심각한 결

Table 1. Clinical data in study B.

	Group(n=12)	Group(n=14)	p value
Age	7.8 ± 6.0months	9.2 ± 7.1months	p > 0.5
Body Weight	7.4 ± 2.8kg	7.6 ± 3.3kg	p > 0.5p
BSA	0.39 ± 0.10 m ²	0.39 ± 0.12 m ²	p > 0.5p
CPB time	85 ± 23min	79 ± 18min	p > 0.3p
ACC time	57 ± 17min	51 ± 14min	p > 0.3p

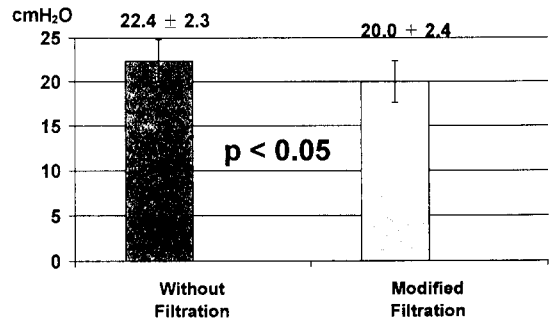


Fig. 6. Comparison of the peak inspiratory pressure immediately after the operation in the control and modified ultrafiltration patients.

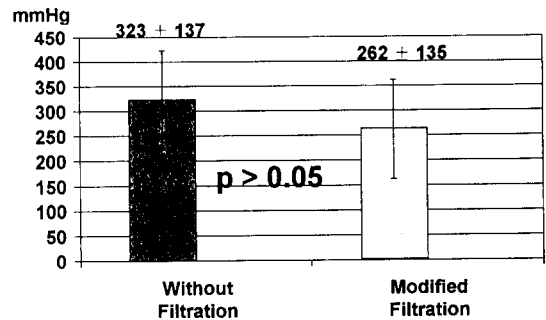


Fig. 7. Comparison of the alveola-arterial oxygen tension difference immediately after the operation in the control and modified ultrafiltration patients.

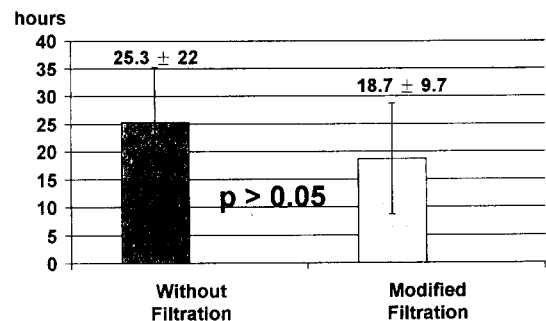


Fig. 8. Comparison of the duration on the ventilator after the operation in the control and modified ultrafiltration patients.

과를 초래할 수 있다.

이러한 개심술 후 조직내 수분 증가 및 모세혈관의 투과성 증가를 줄이기 위한 방법으로서, 심폐기 회로를 적게 하는 방법⁷⁾, 심폐기 관류시 적혈구 용적량을 높게 유지하는 방법, 술후 복막투석의 이용, 수술 중 및 수술 후 초여과법 사용 등이 있다. 초여과법은 반 투과성막을 이용하는 방법으로 수분 혹은 저분자량의 물질을 제거하는데 효과적으로 사용되어 왔다. 초여과법은 심한 신질환 환자에서 수분 제거를 위하여 1952년 처음 사용되었으며, 1976년 개심술시 이용되기 시작하였으나, 여러 가지 제한점으로 널리 보편화 되지는 않았다⁴⁾. 기존에 사용하던 전통적인 초여과법은(conventional ultrafiltration, Fig. 1)은 체외순환 도중 실시하기 때문에 다량의 충전액이 필요하며, 이로 인한 수혈이나 다른 수액의 보충이 필요하며, 많은 양을 효과적으로 여과하기가 힘들다는 제약점이 있다.

이에 반하여 Elliott등^{5,6)}에 의하여 시도된 변형초여과법은 여러가지 장점을 갖고 있다. 변형초여과법은 환자를 직접 여과하기 때문에 매우 효과적이며, 정맥저혈조(venous reservoir)에 의한 제한점이 없고, 환자의 체내 순환되는 혈액을 효과적으로 농축할 수 있어 실혈에 따르는 수혈량을 줄일 수 있으며, 혈액희석으로 인한 체내 수분축적을 줄일 수 있고, 여과법 적용 시점을 체외순환 전, 수술 중, 및 수술 후 등 필요에 따라서 정할 수 있으며, 또한 초여과법 적용 기간을 원하는 만큼 조정할 수 있다.

상기 결과에서 보듯이 변형초여과법을 시행한 후 모든 환자에서 중심정맥압은 감소하면서 혈압상승의 효과를 볼 수 있었다. 변형초여과법을 처음 실시할 때에는, 대동맥으로부터 초여과를 위한 혈류의 속도는 $100 \pm 150 \text{ml/min}$ ($20 \pm 30 \text{ml/kg}$)로서 환자의 심박출량의 약 25%가 되기 때문에 변형초여과법을 실시할 때 전부하의 감소로 인한 일시적인 혈압강하 및 순환장애가 걱정이 되었으나, 오히려 모든 환자에서 변형초여과법을 실시하면서 혈압이 상승하는 것을 알 수 있었다. 또한, 전부하가 과도하게 감소하는 경우에는 정맥저혈조에 있는 혈액을 같이 정맥관을 통하여 보충하여, 과도한 전부하 감소에 의한 혈압강하를 막을 수 있었다.

이러한 변형초여과법 적용 후 혈압상승 효과는 여러가지 요인으로 설명할 수 있다. 즉, 체외순환도중 발생한 심근수축 억제 인자의 제거 효과, 수분제거로 인한 심근 부종 감소, 심근 기능 향상, 혈액 점성도 증가, 체외순환후 염증반응으로 인한 혈관확장 인자등의 제거, 펜타닐(Fentanyl)과 같은 마취약의 제거 등과 연관지어 설명할 수 있다^{8, 9)}. 수분제거로 심근부종의 감소로 인한 심기능 향상의 가정은 Elliott등의 연구⁸⁾에 의하여 증명되고 있다. Elliott등은 체외

순환후 변형초여과법을 실시하여 좌심실의 이완기 기능의 향상과 심근벽 두께의 감소를 관찰하였다. 최근 체외순환시 염증반응의 매개체로서 tumor necrosis factor- α (TNF- α), interleukin-2, interleukin-6(IL-6), interleukin-8(IL-8), leukocyte elastase등이 밝혀지고 있으며^{3,10-12)}, 개심술후 심장 재관류손상에서 이들의 역할이 한층 더 강조되고 있다^{13,14)}. 따라서, 변형초여과법을 실시함으로써 체외순환으로 인하여 발생하는 광범위한 염증반응의 매개체들이 보다 효과적으로 제거되어 개심술후 발생하는 재관류손상 억제 효과로 심기능이 향상된다고 설명할 수 있으며, 향후 이에 대한 연구가 계속되어야 하겠다.

혈액농축으로 인한 혈액점성도의 증가는 상기결과에서와 같이 혈액농축으로 체외순환후 단지 10분 정도의 시간동안 적혈구 용적량이 25%내외에서 35% 내외로 상승하였다. 적혈구 용적량이 증가하면 혈액 점성도가 증가하여 체저항의 상승하여 혈압상승의 결과를 초래할 수 있다. 체저항이 상승하면 심장의 후부하가 상승하여 결과적으로 악영향을 미칠 수 있다. 이에 대하여, Elliott등은 변형초여과법을 실시하면서 체혈관저항을 측정할 바 체혈관저항의 변화가 없음을 밝힌바 있다. 그러나, 이에 대해서는 향후 연구가 계속되어야 하겠다.

변형초여과법 적용으로 체내 순환되는 마취약의 감소를 가정할 수 있다. 특히 심장에 대하여 특별한 영향이 없어 심장마취에 주로 사용하는 펜타닐은 그 분자량이 528.29 Dalton으로 여과될 수 있다. 펜타닐은 혈장내 단백질과 결합하기 때문에 산증, 체외순환으로 인한 혈액희석 등에 영향을 받을 수 있으며, 초여과법 적용으로 혈중 농도가 감소할 수 있다. 그러나, Hodge등⁹⁾은 변형초여과법으로 펜타닐이 여과되기는 하지만 변형초여과법 적용 전후의 혈중 농도차이는 통계학적으로 의미가 있을 정도는 아니며, 초여과법 적용기간 동안 혈중농도는 일정 치료수준 이상 유지되는 것으로 밝히고 있다.

상기 결과에서 변형초여과법군에서 수술직후 최대흡기분압(PIP)이 통계적으로 의미 있게 낮았으며, 비록 통계적으로 의미는 없었지만 수술 직후 폐-모세혈관 산소분압차 및 기관 삼투압기간이 감소하였다. 이는 변형초여과법 적용군에서 술후 폐기능의 손상이 적음을 미루어 판단할 수 있겠다. 폐포-모세혈관을 통한 수분이동은 Starling기설로 설명된다¹⁵⁾. 즉 부종의 형성은 교질삼투압과 수압에 의하여 결정된다. 그러나, 패혈증, 속, 임신중독증, ARDS 말기등과 같이 혈관의 투과성이 증가된 상태에서는 Starling 가설이 적용되지 못한다¹⁶⁾. 체외순환시에도 모세혈관의 투과성 증가로 인하여 단백질과 같은 거대분자 성분이 혈관 밖으로 새어나와 간질간으로 이동하면 혈관막을 경계로 한 삼투압의

차이가 감소되어 결국 간질내로 수분 이동을 증가시킨다. 이러한 체외순환에 의한 모세혈관의 투과성 증가는 보체계의 활성화에 의한 것으로 알려졌다¹⁷⁾. 체외순환후 변형초여과법을 실시함으로써 폐내 수분을 제거할 수 있으며, 술후 폐기능에 영향을 미치는 염증반응 매개체인 활성화 보체계 C5a, C3a 등을 제거하여¹⁸⁾ 술후 발생하는 폐기능 손상을 줄일 수 있다.

결 론

개심술시 사용되는 체외순환에 따른 혈액희석, 염증성반응 등으로 인하여 개심술후 혈관외용적 증가 및 조직내 수분증가로 인하여 심장 및 폐기능 저하는 잘 알려진 사실이며 특히 소아에서는 심한 경우에는 장기부전이 초래 될 수 있다.

삼성의료원 흉부외과에서는 이와 같은 체외순환후 부종을 줄이고, 술후 체외순환으로 인한 염증반응 영향을 줄이고자 소아 개심술시 변형초여과법을 실시한 바, 효과적으로 혈액을 농축시킬수 있으며, 더 낮은 중심정맥압에서 더 높은 수축기 혈압 등 혈액학적 이득이 있으며, 술후 최대 흡기압의 감소, 폐포-모세혈관 산소분압차 및 기관 삼관 기간의 감소 등의 폐기능 향상의 효과가 있음을 알 수 있었다. 본 연구팀은 향후 계속적으로 소아 개심술후 변형초여과법을 적용할 예정이며, 이에 대한 효과 및 기전에 대한 연구를 계속 시행할 예정이다.

참 고 문 헌

1. Maehara T, Novak I, Wyse RKH, Elliott MJ. Perioperative monitoring of total body water by bioelectrical impedance in children undergoing open heart surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 1991;5:258-65
2. Kopman EA, Ferguson TB. Pulmonary edema following cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg* 1978;57:367-70
3. Laks H, Standeven J, Blair O, Hahn J, Jellineck M, Willman VL. The effects of cardiopulmonary bypass with crystalloid and colloid hemodilution on myocardial extravascular water. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1977;73:129-34
4. Groom RC, Hill AG, Akl B, Korusz M, Lefrak EA. Neonatal cardiopulmonary bypass-a review of current practice in North America. *Cardiol Young* 1993;3:353-69
5. Naik SK, Knight A, Elliott M. A prospective randomized study of a modified technique of ultrafiltration during

- pediatric open heart surgery. Circulation* 1991;84(suppl 3):422-31
6. Naik SK, Knight A, Elliott MJ. A successful modification of ultrafiltration for cardiopulmonary bypass in children. *Perfusion* 1991;6:41-50
7. Elliott M. Minimising the bypass circuit: rational step in the development of pediatric perfusion. *Perfusion* 1993;8:81-6
8. Elliott M. Ultrafiltration and modified ultrafiltration in pediatric open heart surgery. *Ann Thorac Surg* 1993;56:1518-22
9. Hodges UM, Berg S, Naik SK, Bower S, Lloyd-Thomas A, Elliott M. Filtration of fentanyl is not the cause of the elevation of arterial blood pressure associated with post-bypass ultrafiltration in children. *J Cardiothorac Vascul Anesth* 1994;8:653-57
10. Millar AB, Armstrong L, van der Linden J, et al. Cytokine production and hemofiltration in children undergoing cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1993;56:1499-502
11. Saatvedt K, Lindberg H, Geiran OR, et al. Complement activation and release of tumor necrosis factor alpha, interleukin-2, interleukin-6, and soluble tumor necrosis factor and interleukin-2 receptors during and after cardiopulmonary bypass in children. *Scand J Clin Lab Invest* 1995;55:79-86
12. Kawamura T, Wakusawa R, Okada K, Inada S. Elevation of cytokines during open heart surgery with cardiopulmonary bypass: participation of interleukin 8 and 6 in reperfusion injury. *Can J Anesth* 1993;40:1016-21
13. Fereing B, Dehoux M, Rolland C, Langlois M, Dsmonts JM. Circulating cytokines in patients undergoing normothermic cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;108:636-41
14. Hennein HA, Ebba H, Rodriguez JL, et al. Relationship of the proinflammatory cytokines to myocardial ischemia and dysfunction after uncomplicated coronary revascularization. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;108:626-35
15. English TA, Digerness S, Kirklin JW. Changes in colloid osmotic pressure during and shortly after open intracardiac operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1971; 61:338
16. 김 성덕, 최 덕환, 고 흥. 호흡관리 중환자의 혈청 교질 삼투압에 관한 연구. *최신의학* 1982;25:1516
17. Kirklin JK, Westby S, Blackstone EH, Kirklin JW, Chenoweth DE, Pacifico AD. Complement and the damaging effects of cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1983;86:845
18. Journois D, Pouard P, Greeley WJ, Nauriat P, Vouhe P, Safran D. Hemofiltration during cardiopulmonary bypass in pediatric cardiac surgery. *Anesthesiology* 1994;81:1181-9

=국문초록=

개심술시 사용되는 체외순환에 따른 혈액희석, 염증성반응 등으로 인하여 개심술후 혈관외용적 증가 및 조직내 수분증가로 인하여 심장 및 폐기능 저하는 잘 알려진 사실이며 특히 소아에서는 심한 경우에는 장기부전이 초래 될 수 있다. 본 연구는 여러가지 장점을 갖고 있는 변형초여과법을 임상적용하여 개심술 직후 심폐기능에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

연구 A): 1996년 4월부터 1996년 8월 까지 삼성의료원 흉부외과에서 변형초여과법을 실시한 총 71명의 환자중 전향적연구를 실시한 소아환자 26명을 대상으로 하여 변형초여과법전후의 혈액학적 수치를 비교하였다. 변형초여과법 전후의 적혈구 용적량은 $28.3 \pm 3.6\%$ 에서 $33.8 \pm 4.0\%$ 로 증가 ($P < 0.001$), 중심정맥압은 $7.8 \pm 3.7\text{mmHg}$ 에서 $6.9 \pm 2.9\text{mmHg}$ 로 감소하였으며($P < 0.001$), 수축기 혈압은 $66.7 \pm 11.2\text{mmHg}$ 에서 $76.2 \pm 11.8\text{mmHg}$ 로 증가하였다($p < 0.02$).

연구 B): 변형초여과법이 폐에 미치는 영향을 평가하기 위하여 2세 미만의 심실중격결손 환자중 변형초여과법군(12명)과 초여과법을 적용하지 않은 대조군(14명)으로 하여 수술직후 최대호기압, 폐포-모세혈관 산소분압차, 기관지 삼관기간 등을 비교하였다. 최대호기압은 각각 $20.0 \pm 2.4\text{cmH}_2\text{O}$, $22.4 \pm 2.3\text{cmH}_2\text{O}$ 로 변형초여과법군이 의미 있게 낮았으며($p < 0.03$), 폐포-모세혈관 산소분압차 및 기관지 삼관기간은 변형초여과법 적용군에서 낮았으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

상기연구를 통하여 변형초여과법을 사용함으로써 효과적으로 혈액을 농축시킬수 있으며, 더 낮은 중심정맥압에서 더 높은 수축기 혈압 등의 혈액학적 이득이 있으며, 술후 폐포-모세혈관 산소분압차 및 최대호기압의 감소 등, 폐기능 향상의 효과가 있음을 알 수 있었다. 본 연구팀은 향후 계속적으로 소아 개심술후 변형초여과법을 적용하여 이에 대한 효과 및 기전에 대한 연구를 계속시행할 예정이다.