

# 소아개심술에서의 변형초여과법

이 정 렬\* · 임 흥 국\* · 김 용 진\* · 노 준 량\* · 서 경 필\*

=Abstract=

## Modified Ultrafiltration in Pediatric Open Heart Surgery

Jeong Ryul Lee, M.D.\*, Hong Gook Lim, M.D.\*, Yong Jin Kim, M.D.\*,  
Joon Ryang Rho, M.D.\*, Kyung Phill Suh, M.D.\*

**Background:** This study has proven the effect of modified ultrafiltration(MUF) performed after the cessation of cardiopulmonary bypass in pediatric patients who underwent open heart surgery. **Material and method:** From Jan. to Dec. 1997, modified ultrafiltration was performed after cardiopulmonary bypass in 50 infants with cyanotic heart disease and the results were compared to the control group of 50 patients with cyanotic heart disease in whom modified ultrafiltration was not used. Changes of hematocrit, central venous pressure, systolic and diastolic pressure, heart rate and body weight were compared. **Result:** Age and body weight were not different( $p=0.38$ ,  $p=0.46$ ). Disease categories were similar. Average filtering volume was  $60.0 \pm 29.2$ cc/kg for  $7.0 \pm 2.4$ minutes of filtration. Mean hematocrit after filtration(MUF=36.1%, control=26.4%,  $p=0.001$ ) was higher in the MUF group. Systolic ( $p=0.0001$ ) and diastolic blood pressure( $p=0.0001$ ) were observed to increase more and the central venous pressure( $p=0.02$ ) and the heart rate( $p=0.02$ ) were lower after filtration in the MUF group. **Conclusion:** This study demonstrated that modified ultrafiltration after cardiopulmonary bypass was a technically feasible option to improve the post-surgical course through the effective hemoconcentration, hemodynamic improvements, and body water control.  
(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1999;32:518-24)

**Key word :** 1. Ultrafiltration  
2. Cardiopulmonary bypass  
3. Heart surgery, Pediatrics

\*서울대학교 어린이병원 흉부외과, 서울대학교의과대학 흉부외과학교실, 서울대학교 의학연구원부설 심장연구소

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University Children's Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University Medical Research Center, Heart Research Institute

†본 논문은 1997년 서울대학교병원 지정공동연구비지원에 의한 결과임.

‡본 논문은 1998년 10월 22일 제30차 대한흉부외과 추계학술대회에서 구연되었음.

논문접수일 : 98년 10월 7일 심사통과일 : 98년 12월 8일

책임저자 : 이정렬, (110-744) 서울특별시 종로구 연건동 28번지, 서울대학교 어린이병원 흉부외과. (Tel) 02-760-2877, (Fax) 02-765-7117

E-mail: jrl@plaza.snu.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체는 대한흉부외과학회에 있다.

## 서 론

소아연령군에서의 심폐우회술, 혈액회석, 저온유도 등은 모세혈관누출현상을 초래하는 원인이 되고 있다. 그 결과 조직내 수분축적이 증가하여 술후 총신체수분량(total body water)의 상승이 초래되게 된다<sup>1,2</sup>. 특히 저체중아, 신생아나 조기영아기 등 나이가 어린 환자, 심폐우회술 시간이 길었던 환자 등에서 이러한 현상이 두드러진다<sup>3-5</sup>. 혈액회석으로 인한 수분과부하에 대한 직접적인 결과와 심폐우회술과 관련된 염증반응 등이 이러한 모세혈관누출현상의 기전으로 알려져 있다. 모세혈관누출현상이 심화되면 조직부종을 초래할 뿐 아니라, 궁극적으로 각종 장기의 기능실조가 발생하게 되어 심장수술 사망율, 유병율의 빈도를 증가시키는 원인이 된다<sup>6</sup>. 이러한 개심술후 조직 부종을 줄이는 방법으로 최적의 체외순환 운용(관류속도, 관류압, 혈관 확장제), 심폐기 회로를 작게하는 방법<sup>7</sup>, 최소한의 심폐기 충전용액 사용, 고적혈구용적률과 고체온의 이용, 술후 이뇨제 및 복막 투석의 이용, 항염증반응 제제의 사용, 수술중 및 수술후 초여과법 사용 등이 있다. 초여과법은 반투과성 막을 사용하는 방법으로 수분 혹은 저분자량의 물질을 제거하는데 효과적으로 사용되어 왔다. 1979년 Darup 등<sup>8</sup>이 신부전 환자에서 제한적으로 체외순환중에 초여과법을 사용하기 시작하였는데, 이를 전통적 초여과법이라고 하며, 이후부터 성인의 심장수술에 적용하여 술후 부종을 줄이는데 상당한 효과가 있었다는 보고들이 발표되었고<sup>7,9</sup>, 1980년대에 들어와서는 초여과법 사용이 보편화되면서 소아의 개심술시에도 전통적 초여과법이 이용되기 시작하였다<sup>10</sup>. 그러나, 1991년 Naik 등<sup>11</sup>은 전통적 초여과법보다는 심폐우회술후에 환자의 체내혈액만을 10~15분 동안 초여과해주는 변형 초여과법이 술후 부종감소의 효과가 더욱 뚜렷하다고 주장하였다. 국내에서는 본 병원을 포함한 몇몇 병원에서 변형 초여과법을 사용하고 그 결과가 보고되었다. 이에 연구자 등은 본원에서 경험한 청색성 선천성 복잡심기형 환아를 대상으로 심폐기 이탈 직후 변형 초여과법을 사용하고 그 효과를 검토하였다.

## 대상 및 방법

저자들은 1997년 이래 대부분의 환아에 대하여 본 병원에서 설계한 변형 초여과법 순환회로를 이용하여 심폐우회술 직후에 변형 초여과법을 이용하여 환아의 수술도중 축적된 수분의 제거를 시도한 바 1997년 이전의 초여과법을 사용하지 않았던 대조군과 비교함으로써 이의 효과를 수분축적량의 변화, 적혈구용적률의 정상화정도, 이로 인한 혈액학의 변동, 수술후 경과 등의 측면에서 증명하고자 하였다.

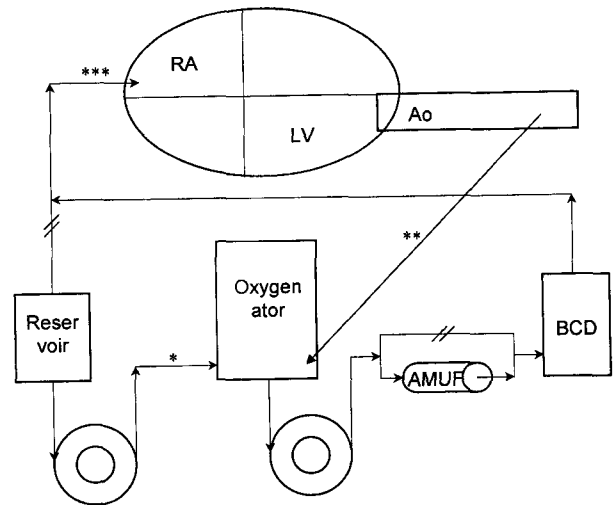


Fig. 1. The circuit of modified ultrafiltration. Diluted blood is drained from reservoir (\*) and aorta (\*\*) and reperfusion to RA (\*\*\*) is performed through BCD using ultrafilter. (Ao: aorta, RA: right atrium, BCD: blood cardioplegic delivery system, MUF: modified ultrafiltration)

1997년 1월부터 12월까지 변형 초여과법을 실시한 체중 7kg 이하의 청색성 심질환(활로써사징증 이상)인 50명의 환아들(남아27, 여아23)과 1996년 1월부터 12월까지 초여과법을 실시하지 않은 체중 7kg 이하의 청색성 심질환(활로써사징증 이상)인 50명의 환아들(남아30, 여아20)을 대상으로 하여 초여과법 전후의 혈액학적 수치를 비교하였다.

체외순환은 모든 환자에서 톨러 펌프(COBE, COBE 회사제, 미국)와 막성산화기(VPCML, COBE 회사제, 미국, Minimax PLUS, Medtronic 회사제, 미국, SAFE Micro, Polystan 회사제, 덴마크)를 이용하여 통상적인 방법으로 시행하였고, 체외순환 중 적혈구용적률을 20~25%로 유지시켰다. 변형 초여과법의 시행방법은 심폐우회술 직후에 기존의 혈액성 심마비액 주입장치(BCD: blood cardioplegic delivery system)에 여과기(FH22H, Gambro 회사제, 스웨덴)를 설치하고 대동맥과 저혈조(reservoir)의 회석된 혈액을 혈액성 심마비액 주입장치를 통과시켜 여과기로 농축시킨 후 농축된 혈액을 심방으로 재관류시켰다(Fig. 1). 여과기의 관류속도는 평균 100 ml/min로 유지하였고, 여과액 배출구에 흡인력은 적용하지 않았다. 변형 초여과법 실시중 심방 압력을 관찰하여 40 mmHg 이하로 유지하고 대동맥을 통한 배혈시 혈압이 나이의 평균치 이하로 떨어지지 않도록 주의하면서 전부가 감소하는 경우에는 추가적으로 정맥저혈조에 있는 혈액을 보충하여 적혈구용적률 35~40%를 목표로 여과시키고자 하였다.

적혈구용적률 변화는 심폐우회술전, 심폐우회술중, 심폐우

Table 1. Summary of patient and operative data<sup>a</sup>

Characteristics	MUF group	Control group	p Value <sup>b</sup>
Age (month)	4.1 ± 3.2 (1day-19)	3.1 ± 1.8 (4day-6)	>0.05
Body weight (kg)	4.8 ± 1.2 (2.6-6.9)	4.6 ± 1.0 (2.2-6.9)	>0.05
CPB time (min)	118.5 ± 60.9 (58-273)	128.0 ± 44.1 (61-284)	>0.05
ACC time (min)	45.2 ± 32.4 (0-125)	55.3 ± 28.2 (0-106)	>0.05

<sup>a</sup> Data are presented as mean ± SD (range). <sup>b</sup> student's *t* test  
MUF; modified ultrafiltration, CPB; cardiopulmonary bypass, ACC ; aortic cross clamp

Table 2. The change of hematocrit (%)<sup>a</sup>

Measurements	MUF group	Control group	p Value <sup>b</sup>
Hematocrit before CPB	36.9 ± 7.4 (26.8-57.0)	36.8 ± 6.7 (27.5-54.8)	>0.05
Hematocrit during CPB	22.3 ± 3.0 (17.0-29.0)	21.6 ± 2.9 (17.0-28.0)	>0.05
Hematocrit just after CPB/MUF	36.1 ± 4.7 (27.0-46.0)	26.4 ± 5.7 (20.0-40.0)	<0.05
Hematocrit 4hours after CPB	36.0 ± 3.8 (29.0-43.0)	35.7 ± 4.7 (30.0-46.0)	>0.05

<sup>a</sup> Data are presented as mean ± SD (range). <sup>b</sup> student *t* test  
MUF; modified ultrafiltration, CPB; cardiopulmonary bypass

Table 3. Amounts of chest tube drain during 24 hours after cardiopulmonary bypass<sup>a</sup>

Measurement	MUF group	Control group	p Value <sup>b</sup>
Amounts of chest tube drain (cc/kg/24hr)	31.7 ± 28.2 (2.8-143.0)	28.0 ± 11.6 (6.8-61.2)	>0.05

<sup>a</sup> Data are presented as mean ± SD (range). <sup>b</sup> student *t* test  
MUF; modified ultrafiltration

회술 직후, 심폐우회술 4시간 후에 측정하였고, 혈액학적 변화의 관찰은 변형 초여과군에서는 체외순환 완료직후, 초여과를 시작하기전과 20분 후에 수축기혈압, 이완기혈압, 중심정맥압, 맥박수 등을 측정하였고, 대조군에서는 체외순환 완료직후와 20분 후에 혈액학적 변화를 측정하였다. 또한, 수술전과 수술후 1일째 체중의 변화를 측정하였다. 모든 자료는 의무기록지를 토대로 후향적으로 검토하였으며, 결과분석을 위한 통계처리는 Student *t*-test, paired *t*-test를 이용하여  $p < 0.05$ 를 유의한 수준으로 평가하였다.

## 결 과

평균나이, 체중, 심폐우회시간, 대동맥차단시간은 변형 초여과군과 대조군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 1). 평균 7분 동안 매 환아당 60.0 ± 29.2 cc/kg의 수액을 여과시켰다.

적혈구용적률 변화는 심폐우회술 전에 변형 초여과군이 36.9 ± 7.4%(26.8~57.0%), 대조군이 36.8 ± 6.7%(27.5~54.8%)로 양군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었으며( $p > 0.05$ ), 심폐우회술 중에 변형 초여과군이 22.3 ± 3.0%(17.0~29.0%),

대조군이 21.6 ± 2.9%(17.0~28.0%)로 양군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었으나( $p > 0.05$ ), 심폐우회술 직후에 변형 초여과군이 36.1 ± 4.7%(27.0~46.0%), 대조군이 26.4 ± 5.7%(20.0~40.0%)로 변형 초여과군이 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 증가하였고( $p < 0.05$ ), 심폐우회술 4시간후에는 변형 초여과군이 36.0 ± 3.8%(29.0~43.0%), 대조군이 35.7 ± 4.7%(30.0~46.0%)로 양군 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ )(Table 2).

심폐우회술후 24시간 동안 흉관을 통한 배액량은 변형 초여과군이 31.7 ± 28.2(2.8~143.0) cc/kg/24hr, 대조군이 28.0 ± 11.6(6.8~61.2) cc/kg/24hr로 양군 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었으나( $p > 0.05$ )(Table 3), 심폐우회술후 24시간 동안 수혈량은 변형 초여과군이 23.1 ± 23.0(0~107.4) cc/kg/24hr, 대조군이 26.5 ± 11.9(5.9~58.8) cc/kg/24hr로 변형 초여과군이 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 적었다( $p < 0.05$ )(Table 4).

심폐우회술 직후와 20분후의 중심정맥압의 변화는 변형 초여과군이 9.2 ± 2.5(3~14) mmHg에서 8.4 ± 2.8(3~14.5) mmHg로 통계적으로 유의하게 감소하였으나( $p < 0.05$ ), 대조군이 10.2 ± 3.0(5~18) mmHg에서 10.2 ± 3.5(4~16) mmHg로 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ )(Table 5).

**Table 4.** Amounts of RBC transfusion during 24 hours after cardiopulmonary bypass<sup>a</sup>

Measurement	MUF group	Control group	p Value <sup>b</sup>
Amounts of RBC transfusion (cc/kg/24hr)	23.1 ± 23.0 (0-107.4)	26.5 ± 11.9 (5.9-58.8)	<0.05

<sup>a</sup> Data are presented as mean ± SD (range). <sup>b</sup> student t-test  
MUF; modified ultrafiltration

**Table 5.** The change of central venous pressure between the time when the patient is just weaned from cardiopulmonary bypass and the time of the first 20 minutes after cardiopulmonary bypass<sup>a</sup>

Group	CVP just after CPB (mmHg)	CVP 20 minutes after CPB (mmHg)	p Value <sup>b</sup>
MUF group	9.2 ± 2.5 (3-14)	8.4 ± 2.8 (3-14.5)	<0.05
Control group	10.2 ± 3.0 (5-18)	10.2 ± 3.5 (4-16)	>0.05

<sup>a</sup> Data are presented as mean ± SD (range). <sup>b</sup> paired t-test  
CVP; central venous pressure, CPB; cardiopulmonary bypass, MUF; modified ultrafiltration

**Table 6.** The change of systolic blood pressure between the time when the patient is just weaned from cardiopulmonary bypass and the time of the first 20 minutes after cardiopulmonary bypass<sup>a</sup>

Group	SBP just after CPB (mmHg)	SBP 20 minutes after CPB (mmHg)	p Value <sup>b</sup>
MUF group	79.2 ± 11.5 (53-105)	90.9 ± 16.4 (50-117)	<0.05
Control group	78.8 ± 15.1 (48-109)	82.9 ± 16.3 (49-119)	>0.05

<sup>a</sup> Data are presented as mean ± SD (range). <sup>b</sup> paired t-test  
SBP; systolic blood pressure, CPB; cardiopulmonary bypass, MUF; modified ultrafiltration

**Table 7.** The change of diastolic blood pressure between the time when the patient is just weaned from cardiopulmonary bypass and the time of the first 20 minutes after cardiopulmonary bypass<sup>a</sup>

Group	DBP just after CPB (mmHg)	DBP 20 minutes after CPB (mmHg)	p Value <sup>b</sup>
MUF group	43.5 ± 9.7 (25-75)	52.2 ± 11.0 (25-83)	<0.05
Control group	41.0 ± 7.5 (25-60)	42.5 ± 6.9 (26-62)	>0.05

<sup>a</sup> Data are presented as mean ± SD (range). <sup>b</sup> paired t-test  
DBP; diastolic blood pressure, CPB; cardiopulmonary bypass, MUF; modified ultrafiltration

심폐우회술 직후와 20분 후의 수축기혈압의 변화는 변형 초여과군이 79.2 ± 11.5(53~105) mmHg에서 90.9 ± 16.4(50~117) mmHg로 통계적으로 유의하게 증가하였으나(p<0.05), 대조군이 78.8 ± 15.1(48~109) mmHg에서 82.9 ± 16.3(49~119) mmHg로 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>0.05)(Table 6).

심폐우회술 직후와 20분후의 이완기혈압의 변화는 변형 초여과군이 43.5 ± 9.7(25~75) mmHg에서 52.2 ± 11.0(25~83) mmHg로 통계적으로 유의하게 증가하였으나(p<0.05), 대조군이 41.0 ± 7.5(25~60) mmHg에서 42.5 ± 6.9(26~62) mmHg로 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>0.05)(Table 7).

심폐우회술 직후와 20분 후의 맥박수의 변화는 변형 초여과군이 분당 150 ± 200(115~195)에서 145 ± 18(100~175)로 통계적으로 유의하게 감소하였으나(p<0.05), 대조군이 분당 155 ± 17(113~183)에서 154 ± 18(115~200)로 통계적으로 유의한

차이가 없었다(p>0.05)(Table 8).

수술전과 수술후 1일째의 체중의 증가는 변형 초여과군(105.7 ± 10.4%, 87.9~139.0%)이 대조군(107.8 ± 7.0%, 93.7~129.0%)에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다(p<0.05)(Table 9).

## 고 찰

본 연구를 통해 저자들은 본병원에서 설계한 변형 초여과법 순환회로를 이용하여 심폐우회술 직후 변형 초여과법을 시도하고 수술도중 축적된 수분의 제거를 시도한바 이의 효과를 수분축적량의 변화, 적혈구용적률의 정상화 정도, 이로 인한 혈액학의 변동, 수술후 경과 등의 측면에서 입증하였다.

전통적 초여과법은 개심술의 종반에 체온이 28℃ 정도에

**Table 8.** The change of heart rate between the time when the patient is just weaned from cardiopulmonary bypass and the time of the first 20 minutes after cardiopulmonary bypass<sup>a</sup>

Group	HR just after CPB (/min)	HR 20 minutes after CPB (/min)	p Value <sup>b</sup>
MUF group	150.0 ± 20.0 (115-195)	144.5 ± 18.0 (100-175)	<0.05
Control group	155.2 ± 17.2 (113-183)	154.1 ± 17.9 (115-200)	>0.05

<sup>a</sup> Data are presented as mean ± SD (range). <sup>b</sup> paired *t*-test  
HR; heart rate, CPB; cardiopulmonary bypass, MUF; modified ultrafiltration

**Table 9.** Percent rise in body weight between preoperatively and at the first day postoperatively<sup>a</sup>

Measurement	MUF group	Control group	p Value <sup>b</sup>
Percent rise in body weight (%)	105.7 ± 10.4 (87.9-139.0)	107.8 ± 7.0 (93.7-129.0)	<0.05

<sup>a</sup> Data are presented as mean ± SD (range). <sup>b</sup> student *t*-test  
MUF; modified ultrafiltration

서 시작하여 체외순환을 정지할 때까지 실시하여 환자의 체온이 상승함에 따라 혈액을 농축시킬 수 있다. 여과기의 설치. 여과기의 입구를 동맥관에 연결하고 여과기의 배출구는 정맥관이나 정맥저혈조에 연결시킨다. 전통적 초여과법의 제약점은 심폐기 관류중에만 실시하기 때문에 심폐기 이탈 후 수분 과잉은 이뇨제나 복막투석에 의존할 수 밖에 없으며, 목표로 하는 적혈구용적률을 짧은 시간내에 달성하기 어렵고, 시행중 혈압이 불안정하며, 심폐기 회로 수분과 환자의 혈관내 수분을 함께 여과하기 때문에 효과적으로 여과되지 않으며, 여과중 정맥저혈조의 혈액이 감소해 심폐기 관류를 유지하기 위해서는 수액이나 혈액보충을 피할 수 없으며, 술후 부종감소의 효과도 뚜렷하지 않는 경우가 많다<sup>12, 13</sup>.

반면 일반적으로 전통적인 변형초여과법은 심폐기 이탈 후 15~20분 동안 환자의 혈관내 혈액만을 효과적으로 여과하기 위하여 여과기의 입구를 동맥관에 근접하게 설치하고 여과기의 배출구는 정맥관에 연결하거나, 우심방에 직접 삽입하며 여과기를 통한 관류속도는 100~300 ml/min으로 유지하고 여과액배출구에 100~125 cmH<sub>2</sub>O의 흡입력을 적용하며, 심방 압력을 관찰하면서 전부하가 과도하게 감소하면 정맥저혈조의 혈액을 초여과기를 통해 재수혈할 수 있기 때문에 폐기되는 혈액량을 최소화할 수 있고, 초여과법의 시행중에도 혈압을 안정적으로 유지할 수 있다<sup>12</sup>. 그러나 정맥압의 과도한 하강으로 재수혈이 필요한 경우가 있고, 심폐우회술 종료 후에도 15~20분 정도로 탈삽관(decannulation)이 늦어지게 되고, 영아나 매우 작은 소아에서는 드물게 대동맥이 작아 동맥관이 막혀서 초여과를 제대로 못하는 단점이 있다<sup>10</sup>.

반면 본원에서 고안한 변형 초여과법은 정맥압 하강으로 인한 전부하 감소의 우려가 없고, 전향적 관류이므로 폐가 생리적인 상태에서 농축된 가온 산소화혈(oxygenated blood)

과 접촉하여 폐기능의 회복에 유리하며, 회로가 간결하여 기술적으로 간단히 실행할 수 있으며, 정맥저혈조, 산화기, 정맥관을 비롯한 가능한 곳의 혈액을 모두 여과시킬 수 있으며, 기존의 혈액성 심마비액 주입장치를 이용하므로 추가적인 우회로와 이에 필요한 추가적인 총진액이 불필요하고 혈액성 심마비액 주입장치에 설치된 열교환기와 저혈조를 통과하기 때문에 체온을 유지 내지는 상승시키고 공기를 제거할 수 있다는 장점이 있으며 본 연구에서 그 효과를 입증할 수 있었다. 심폐우회술중 시행이 곤란하다는 단점이 있었지만 심폐우회술 직후 짧은 시간(평균 7분)동안 시행으로 그 효과가 충분하였고 변형 초여과중 흉관 삽입, 지혈, 일시적 심박조율기 삽입, 복막투석 도관 삽입 등을 하였으므로 추가적인 시간이 필요하지는 않았다.

변형 초여과법의 가장 중요한 효과는 술후 체내 총수분량을 단시간내에 감소시킬 수 있다는 점이다<sup>10,12</sup>. 저자들은 술후 총수분량을 측정해보지는 않았지만, 변형 초여과군에서 술후 평균 60.0 ml/kg의 체내 수분을 여과할 수가 있었으며 수술 전과 수술 후 1일째의 체중의 증가는 변형 초여과군(105.7%)이 대조군(107.8%)에 비해 유의하게 낮았으므로 술후 총수분량을 줄이는데 상당한 기여를 했을 것으로 사료되었다. 변형 초여과법을 적용한 경우 출혈량과 수혈량 모두 감소한다<sup>10,12</sup>. 원인으로 첫째, 혈액농축 자체의 효과<sup>10</sup>, 둘째, 혈소판을 포함하는 혈액응고 인자의 증가<sup>10</sup>, 셋째, 혈전용해 인자의 제거<sup>10,14</sup> 등을 들 수 있다. 그러나, 본 연구에서는 심폐우회술후 24시간동안 출혈량은 변형 초여과군이 32.7 cc/kg/24hr, 대조군이 28.0 cc/kg/24hr이었으며 유의한 차이가 없었다. Naik 등<sup>10</sup>은 변형 초여과법으로 공여혈액을 사용하지 않고 술후 적혈구용적률을 40%로 올릴 수가 있었고 술후 수혈량은 심폐우회술중의 관류속도, 저체온의 정도, 총관류

시간 등에 따라서 상당한 차이를 보였지만 변형 초여과군에서는 수혈량이 5 ml/kg/24hr를 넘지는 않았다고 하였다. 저자들은 변형 초여과법으로 개심술중의 평균 적혈구용적률 22.3%를 변형 초여과법 실시 종료후의 36.1%로 올리는 동안에 대부분 공여혈액의 사용없이 정맥저혈조에 남아있던 혈액으로 충분하였던 것에 비하여, 대조군에서는 체외순환 종료후의 낮은 적혈구용적률(26.4%)을 정상화시키기 위하여 공여혈액이 필요하였으며 정맥저혈조의 잔여혈액은 폐기했다. 심폐우회술후 24시간 동안 수혈한 양은 본 연구의 경우에, 변형 초여과군(23.1 cc/kg/24hr)이 대조군(26.5 cc/kg/24hr)보다 유의하게 낮았다.

변형 초여과법의 장점들 중에서 혈액학적 변화를 들 수 있다. 즉 변형 초여과법을 시행하게 되면, 전부하 감소에 의한 혈압강하가 우려되지만 오히려 혈압상승을 관찰할 수 있다. 이에 대한 설명으로서는, 우선 초여과법에 의한 체내 수분량의 감소로 심근과 폐의 부종이 감소하게 되고, 따라서 심근의 기능이 향상되므로 혈압이 상승하게 된다는 설명이다. Elliott 등<sup>12)</sup>은 변형 초여과법 실시후 심박출계수와 혈압이 40% 가량 증가하였고 이는 심근 수분의 감소로 심근의 수축력 향상, 특히 좌심실의 이완기 기능의 향상과 심근벽 두께의 감소의 결과로 보고하였다. 최근 체외순환시 염증반응의 매개체로서 tumor necrosis factor- $\alpha$ , interleukin-2, interleukin-6, interleukin-8, leukocyte elastase 등이 밝혀지고 있으며, 변형 초여과법을 실시함으로써 염증반응의 매개체들이 보다 효과적으로 제거되어 개심술후 발생하는 재관류손상 억제 효과로 심기능이 향상된다고 설명할 수 있으며 향후 이에 대한 연구가 계속되어야 하겠다<sup>15-17)</sup>. 또한, 적혈구용적률의 증가로 혈액의 점도가 높아지고, 이는 말초혈관의 체저항을 증가시키게 되어 혈압이 올라가게 된다는 설명이다. 이 설명에 따르면, 말초혈관의 체저항이 증가하면 심장의 후부하가 증가해서 혈압이 다시 떨어질 것으로 예견된다. 그러나, Elliott 등<sup>12)</sup>은 변형 초여과법을 실시하면서 체혈관저항을 측정하여 체혈관저항의 변화가 없음을 밝혔고 Naik 등<sup>10)</sup>은 변형 초여과법을 시행하는 동안 체혈관저항에 별다른 변화가 없었고, 초여과법으로 상승한 혈압은 추가적 치료를 하지 않아도 잘 유지되었다고 하였다. 그 밖의 설명으로는 심근기능을 떨어뜨리는 인자들과 말초혈관 저항을 떨어뜨리는 마취약제 등의 여과를 들 수 있으나 확실하게 증명되지는 못하고 있다. 특히 펜타닐(fentanyl)은 초여과법 적용으로 혈중 농도가 감소할 수 있으나 Hodges 등<sup>18)</sup>은 변형 초여과법으로 펜타닐이 여과되기는 하지만 혈중 농도 차이는 의미가 있을 정도는 아니었으며, 초여과동안 혈중농도는 일정 수준 이상으로 유지되었던 것으로 밝히고 있다. 일부 연구에서는 변형 초여과법 실시후 폐혈관저항 감소를 보고하였으며<sup>12, 19)</sup>, 그

이유는 변형 초여과법 실시중 가온 산소화혈액이 폐순환으로 포함되어 폐동맥 이완제로 작용하고 수분의 재분포에 의해 폐수분이 감소하기 때문이라 하였다. 체외순환시 폐포-모세혈관을 통한 투과성 증가는 모세계의 활성화에 기인하는 것으로 알려지고 있다. 따라서 체외순환후 변형 초여과법을 실시함으로써 폐내 수분을 제거할 수 있으며, 술후 폐기능에 영향을 미치는 염증반응 매개체를 제거하여 술후 발생하는 폐기능 손상을 줄일 수 있다. 최근 체외순환시에 나타나는 염증반응의 매개체로 작용하는 것으로 알려진 cytokines, C3a, C5a 및 기타 과민반응 유발물질들이 변형 초여과법을 실시하게 되면 효과적으로 여과되어 체외순환에 따른 비특이적 염증반응과 재관류 손상을 줄이는 역할을 하며 이에 대해서는 향후 지속적인 연구가 필요하다<sup>13, 20, 21)</sup>. 저자들은 본원에서 고안한 변형 초여과군에서 심폐우회술 직후와 20분 후에, 중심정맥압이 9.2 mmHg에서 8.4 mmHg로 유의하게 감소했지만 수축기혈압은 79.2 mmHg에서 90.9 mmHg로, 이완기혈압은 43.5 mmHg에서 52.2 mmHg로 유의하게 증가하였고, 맥박수의 변화는 분당 150.0에서 144.5로 유의하게 감소한 반면, 대조군에서는 유의한 차이가 없었다.

## 결론

저자 등은 본 연구를 통하여 청색성 선천성 심질환을 갖은 소아환자의 개심술에 적용된 변형 초여과법이 폐기능의 회복에 유리하며, 회로가 간결하여 기술적으로 간단히 실행할 수 있을 뿐 아니라 가능한 한 모든 곳의 혈액을 효과적으로 농축시켜 수혈량을 줄일 수 있으며, 더 낮은 중심정맥압에서 더 높은 수축기와 이완기 혈압, 더 낮은 맥박수 등의 혈액학적 이득이 있으며, 술후 체중의 증가를 줄일 수 있어 수술결과를 보다 양호하게 만들 수 있다는 사실을 입증하였다.

## 참고 문헌

1. Kirklin JK, Blackstone EH, Kirklin JW. *Cardiopulmonary bypass: Studies on its damaging effects*. Blood Purif 1987;5:168-78.
2. Breckenridge IM, Digerness SB, Kirklin JW. *Increased extracellular fluid after open intracardiac operation*. Surg Gynecol Obstet 1970;131:53-6.
3. Brans YW, Dweck HS, Havis HB et al, Park GVS, Bailey PE, Kirklin JW, Cassady G. *Effect of open-heart surgery on the body composition of infants and young children*. Pediatr Res 1981;15:1024-8.
4. 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.

5. Barratt-Boyes BA, Simpson M, Neutze JM. *Intracardiac surgery in neonates and infants: deep hypothermia and limited cardiopulmonary bypass.* Circulation 1971;43(suppl I):25-9.
6. Utley JR, Michalsky CB, Bryant LR, Mobin-Uddin K, McKean HE. *Determinants of myocardial water content during cardiopulmonary bypass.* J Thorac Surg 1974;68: 8-16.
7. Magilligan DJ. *Indications for ultrafiltration in the cardiac surgical patient.* J Thorac Cardiovasc Surg 1985;89:183-9.
8. Darup J, Bleese N, Kalmar P, Lutz G, Pokar H, Polonius MJ. *Hemofiltration during extracorporeal circulation.* Thorac Cardiovasc Surg 1979;27:227-30.
9. Oyama C, Levine N, Magilligan DL Jr. *Pulmonary edema: Reversal by ultrafiltration.* J Surg Res 1984;36:191-7.
10. 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.
11. Naik SK, Knight A, Elliott MJ. *A successful modification of ultrafiltration for cardiopulmonary bypass in children.* Perfusion 1991;6:41-50.
12. Elliott MJ. *Ultrafiltration and modified ultrafiltration in pediatric open heart operations.* Ann Thorac Surg 1993; 56:1518-22.
13. 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.
14. Nakamura Y, Masuda M, Toshima Y, et al. *Comparative study of cell savor and ultrafiltration nontransfusion in cardiac surgery.* Ann Thorac Surg 1990;49:973-8.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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;8:653-7.
19. Naik SK, Elliott M. *Ultrafiltration.* In: Jonas RA, Elliott M. *Cardiopulmonary bypass in neonates, infants and young children.* 1st ed. London: Butterworth-Heinemann Ltd. 1994;1558-72.
20. Downing SW, Edmunds LH Jr. *Release of vasoactive substances during cardiopulmonary bypass.* Ann Thorac Surg 1992;54:1236-43.
21. 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=**

**배경:** 본 연구에서는 개심술을 시행받은 소아 환아에 대하여 심폐기 이탈 직후 실시한 변형 초여과법의 효과를 임상례의 분석을 통하여 입증하였다. **대상 및 방법:** 1997년 1월부터 12월까지 변형 초여과법을 실시한 체중 7kg 이하의 청색성 심질환을 보이는 50명의 환아들과 변형 초여과법을 실시하지 않은 체중 7kg 이하의 청색성 심질환을 갖은 50명의 환아들을 대상으로 하여 초여과 전후의 적혈구용적률, 혈액학적 수치와 체중의 변화를 비교하였다. **결과:** 평균나이는 변형 초여과군이 4.1개월, 대조군이 3.1개월이었으며, 체중은 변형 초여과군이 4.8 kg, 대조군이 4.6 kg으로 두 군 간에 통계적인 차이가 없었다. 변형 초여과군에서는 평균 7분 동안 매 환아당 60.0±29.2 cc/kg의 수액을 여과시켰다. 변형 초여과 직후에는 적혈구용적률이 36.1%로 대조군의 26.4%에 비해 유의하게 높았다(p=0.001). 심폐우회술후 흉관을 통한 배액량은 두 군간에 차이가 없었으나(p=0.28), 수혈량은 변형 초여과군이 대조군에 비해 유의하게 적었다(p=0.04). 변형 초여과후 중심정맥압이 감소하였고(p=0.02) 수축기(p=0.0001)와 이완기혈압(p=0.0001)은 증가하였고 맥박수는 감소하였으나(p=0.02), 대조군에서는 유의한 차이가 없었다. 변형 초여과후 체중의 증가는 대조군에 비해 유의하게 감소하였다(p=0.04). **결론:** 연구자들은 본 연구를 통하여 소아환아의 개심술에 적용된 변형 초여과법이 조작이 간편하고 효과적으로 혈액을 농축시키고, 단시간내에 정상 혈액학으로의 환원을 가능케 하였으며, 술후 체수분 조절에도 탁월하여 수술결과를 보다 양호하게 만들 수 있다는 사실을 입증하였다.