

## 소아에서 인공심폐기 충전액의 첨가용액으로서 사용한 Crystalloid와 Colloid 용액에 관한 임상연구

한 재 진\* · 서 경 필\*\*

— Abstract —

### A Prospective Clinical Study of Crystalloid and Colloid Solutions as Priming Additive Fluids for Cardiopulmonary bypass of the Small Children

Jae Jin Han, M.D.\*, Kyung Phill Suh, M.D.\*\*

Searching for the clinical effects of colloid solutions that used to increasing the oncotic pressure of priming solutions at the cardiopulmonary bypass, 29 patients (who were diagnosed as simple VSD around 10kg of body weight and scheduled to be operated from June 1990 to December 1990 at Sejong General Hospital) were divided randomly and prospectively to the two groups: A group (15) was received 4gm% albumin as addition to the priming solutions and B Group (14) the same amount of Ringer's lactated solution.

34 clinical parameters (Body weight, sex, age, body surface area, Qp/Qs, pulmonary arterial pressure, cardiopulmonary bypass time, anesthetic time, intraoperatively infused crystalloid and colloid amount, hemoglobin, hematocrit, serum sodium concentration, serum osmolarity, urine osmolarity, urine specific gravity, serum concentration, serum osmolarity, urine osmolarity, urine specific gravity, serum protein, serum albumin concentration, urine output, central venous pressure, postoperatively infused colloid amount, immediate post-operative peak inspiratory pressure, cardiac index, blood pressure and pump flow during cardiopulmonary bypass, inotropic assist, diuretics, extubation period, total drain amount, duration of ICU) were measured and compared between the two groups.

There were no differences of preoperative and operative clinical parameters. And postoperatively, practically there were no nearly differences at the clinical outcomes between the two groups, but some parameters (cardiac index, PIP, BP and pumpflow during CPB, etc) contributed to being preferable to the Group A at certain times ( $P < 0.05$ ).

Conclusively, it might be thought that the priming solution of cardiopulmonary bypass added by colloid solution had some beneficial effects on the patients, especially younger and associ-

\*세종병원 흉부외과

\*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Sejong General Hospital

\*\*서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

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

ated with complex anomaly to be expected taken longer time of cardiopulmonary bypass, and more studies about the neonatal and complex anomaly cases were needed in that points.

**Key Words :** Cardiopulmonary Bypass, priming solution, Albumin Ringer's lactate solution

## I. 서 론

개심술에 있어서 중요한 체외심폐순환법중 혈액회석의 개념은 주요장기에 미치는 혈류역학적 장점, 혈액학적 손상에 따르는 제반 문제의 감소 등의 잇점이 있는 반면, 혈장내 삼투압 감소로 인한 조직의 부종과 이에 따른 여러장기 기능의 저하라는 손실이 발생하는데, 이 두 가지를 적절한 수준에서 맞추기 위한 노력으로 발전되어 왔다.

한편 혈액회석의 단점인 혈장내 삼투압 감소를 줄이기 위한 방법으로 심폐기 충전액에 혈장알부민 등을 첨가하여 개심술을 시행하는 곳이 많이 있으며, 이에 대한 장점들을 기술한 여러 임상 및 실험 보고 등이 있는 반면, 실제 임상결과에서는 생리학적 적용능력 등의 이유로 수술결과 및 회복에 큰 영향을 주지는 않는다는 보고들도 많이 있다. 위의 임상결과들이 대부분 성인환자들을 대상으로 시행되었는데, 실제 임상에서 Colloid성 충전액의 효과가 삼투압 저하에 따른 생리적 적은 능력이 성인보다 못하리라고 예상되는 영아 등 소아에서 더욱 효과적이라고 믿고 사용되는 예가 많은 점에 착안하여 본 저자는 체중 10kg 전후의 소아심장질환 환자들을 대상으로 심폐기 충전액에 알부민의 첨가여부가 임상적으로 어떠한 영향을 끼치는가를 전향적으로 검토하였다.

## II. 관찰대상 및 방법

### 1. 관찰대상

1990년 6월부터 1990년 12월까지 세종병원 흉부의과에서 개심술을 시행한 체중 10kg 전후의 단순 심실중격결손증 환자를 대상으로 시행하였다. 전향적 분석을 위하여 개심술 예정인 체중 10kg 전후의 단순심실중격결손증 환자를 무작위 추출하여 두 군으로 나누었는데, 이 중 수술전 폐렴 증상이 심하거나 수술방법, 수술전후처치, 수술시간이 현저히 다른 경우는 제외하였다. 한군은 15명으로서 albumin을 체외순환기 충전액 100cc 당 4gm 농도로 만들어 수술을

시행했으며(Group A), 또 다른 군은 14명으로서 4gm% albumin의 용량만큼 Ringer's lactate 용액을 첨가하여 시행하였다(Group B). 모든 환자는 심실중격결손증이었으며 3례에서 경미한 우심실이분증을 동반하였다(표 1).

**Table 1.** Patient material

	No. of patient		
	VSD	VSD+mild DCRV	Total
Group A	13	2	15
Group B	13	1	14

Abber) VSD : Ventricular septal defect

DCRV : Double chambered right ventricle

### 2. 관찰항목

#### 1) 수술전 관찰항목

환자들은 각각 체중, 나이, 남녀비, 체표면적, 좌우단락량(Qp/Qs), 폐동맥압(최고치, 평균), 헤모글로빈 농도, 헤마토크릿, 혈중 나트륨 농도, 혈중 오스몰 농도(Osmolarity), 혈중 단백량, 혈중 알부민 농도, 뇨중 오스몰 농도(Osmolarity), 뇨비중 등을 관찰하였다(표 2).

#### 2) 수술방법

수술은 모든 환자에서 정중절개와 저체온법으로(26-28℃) 우심방 절개 및 이를 통한 Dacron patch 봉합법을 시행하였고, 심근보호액은 동일한 고칼륨 심마비액을 사용하였으며, 수술후 폐동맥압력 측정 및 혼합정맥혈의 채취를 위하여 폐동맥 도관을 거치하였다.

한편 인공심폐기는 Bio2 bubble oxygenator, 5-head roller pump polystan® (non pulsatile)을 사용하였으며, 20% 알부민이나 Ringer's lactate의 첨가외에는 동일한 조성을 유지하였다(표 3). 마취전후에 주입된 crystalloid와 colloid는 필요에 따라 가능한한 일정한 양을 주입하였고, 심폐기 정지 직후 이뇨제(Furosemide)의 사용도 최소화하여 체중 kg당 0.05mg을 가능한한 일정하게 사용하였다.

**Table 2.** Preoperative states

	Group A (n=15)	Group B (n=14)	P>0.05
Body weight (Kg)	8.19±0.48	9.47±0.60	*
Age (month)	10.07±1.04	14.79±1.53	
Sex (M:F)	11±4	11±3	*
BSA (m <sup>2</sup> )	0.38±0.17	0.45±0.25	
Qp/Qs	2.65±0.17	2.71±0.16	*
PAP	49.00±4.28	52.29±5.69	*
MPAP	31.13±3.15	35.21±4.24	*
Hemoglobin (gm%)	10.53±0.25	10.15±0.23	*
Hematocrit (%)	32.33±0.67	30.79±0.71	*
Serum sodium (mEq/l)	136.80±2.05	139.64±1.42	*
Serum osmolarity (mOsm)	284.12±2.23	280.00±2.01	*
Urine osmolarity (mOsm)	544.87±60.46	690.93±91.85	*
Urine specific gravity	1.0764±0.060	1.0204±0.003	*
Serum-protein (g/dl)	5.27±0.18	5.24±0.18	*
Serum-albumin (g/dl)	3.45±0.11	3.41±0.17	*

Abbr) BSA : Body surface area

MPAP : Mean PAP

PAP : Pulmonary artery pressure

Qp/Qs : Pulmonary and systemic shunt ratio

**Table 3.** Priming solution

Component	Amount
Whole blood	Hb (8-9) Hct 25 Mix
H/S	
D <sub>5</sub> W	3-5 cc/kg
Mannitol	18 m/kg
Solumedrol	30 mg/kg
Antibiotics (PCN)	0.5 gm/10 kg
Ca <sup>++</sup>	300mg/l p whole blood
Heparin	25 mg/l p whole blood
20% albumin or H/S	According to the protocol

Abbr) Hb : Hemoglobin, Hct : Hematocrit

D<sub>5</sub>W : Dextrose 5% in water, H/S : Hartman solution

수술후 검사치로는 심폐기 가동후부터 30분, 1시간, 4시간, 8시간, 12시간 간격으로 헤모글로빈, 헤마토크릿, 혈중나트륨, 혈중칼륨농도, 동맥혈가스분석, 혈중 오스몰 농도(Osmolarity), 뇨중 오스몰 농도(Osmolarity), 뇨비중 등을 측정하였고 심폐기 가동후 1시간, 8시간에 혈중 단백량, 알부민 농도를 구하였고, 1시간, 8시간, 12시간에 혼합정맥혈가스분석을 시행하였으며, 이때 환자의 체온 및 박동수 등을 같이 측정하여 동맥혈 및 혼합정맥혈의 산소포화도와 참고표로부터 산출한 산소소모량으로부터 심장

지수를 산출하였다. 또한 수술후 동일한 조건의 횡수 및 흡입량 상태에서 인공호흡기의 가장 안정된 때의 최대 흡입압력(PIP)를 측정하였고, 인공호흡기 제거기간, 흉관의 지속기간(하루에 체중 kg당 5cc 이하 때 제거), 중환자실 체류기간 등을 검토하였다.

수술직후 강심제의 사용은 가능한 억제하였으며 Dopamine 기준으로 0-5µg/kg/min × 2 days, 그 이상을 각각 a, b, c로 나누어 각각 1, 2, 3으로 평점 통계처리하였고, 수술후 Furosemide는 역시 가능한 사용을 억제하고 시간당 뇨량이 1cc/kg 이하일 때 0.1mg/kg 사용하여 0-1 times × 1 day, 1-3 times × 2 days, 그 이상을 각각 a, b, c로 나누어 동일하게 평점통계처리하였다.

### 3) 통계방법

자료들은 모두 IBM PC 및 SPSS/PC<sup>+</sup> 통계 package를 이용하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 두 군간의 통계적 비교는 Student's t-test를 이용하여 P<0.05에서 통계적 유의성을 검증하였고 도표의 작성은 Havard graphic package를 이용하였다.

## II. 결 과

### 1. 수술전 상태

환자의 선택은 체중을 기준으로 하여 10kg 전후의 환자를 전향적으로 무작위 추출하였는데 A군은 평균  $8.19 \pm 0.48$ kg, B군은  $9.47 \pm 0.60$ kg으로서 통계적 유의성이 없었다. 그외에 표 1에 나타난 바와 같이 성별, 좌우단락량, 폐동맥압력 및 술전 헤모글로빈, 헤마토크릿, 혈중 나트륨, 혈중 오스몰 농도(Osmolarity), 단백량, 알부민 농도와 뇨중 오스몰 농도(Osmolarity), 뇨비중 등에서 통계적으로 유의한 차가 없는 동일한 균을 나타내었고( $P > 0.05$ ), 다만 나이와 체표면적에서 통계적 유의성을 나타내었으나, 모두들 12개월 전후의 나이 및  $0.40\text{m}^2$  전후의 체표면적의 작은 소아환자들로써 임상적으로 의미를 부여하지 않았다. 특히 환자의 수술후 결과에 영향을 줄 수 있는 수술전 전신상태, 수술적용 및 심실경격결손의 크기, 위치, 폐동맥고혈압 등의 정도에서도 두군은 동일한 집단임을 가정할 수 있었다.

### 2. 수술 및 수술후 상태와 결과

두 환자군은 심폐기 가동시간, 마취시간, 심근보호액(Cardioplegia) 주입횟수 몸무게 kg당 20cc를 처음에 주고, 25분마다 kg당 10cc를 투여하였음. 수술직전 및 수술장에서 투여된 crystalloid 및 colloid의 양은 모두 통계적으로 동일하였다(표 4).

혈중 헤모글로빈 농도 및 헤마토크릿 수치는 심폐기 가동후 30분과 1시간에서 최저치를 기록후 4시간 이후 정상으로 회복되었는데 두 군간의 차이는 없었다(그림 1, 2). 기타 혈중 나트륨 농도, 혈중 오스몰 농도(Osmolarity), 뇨중 오스몰 농도(Osmolarity), 뇨비중 등에서도 두군간에 통계적 차이가 없었다(그

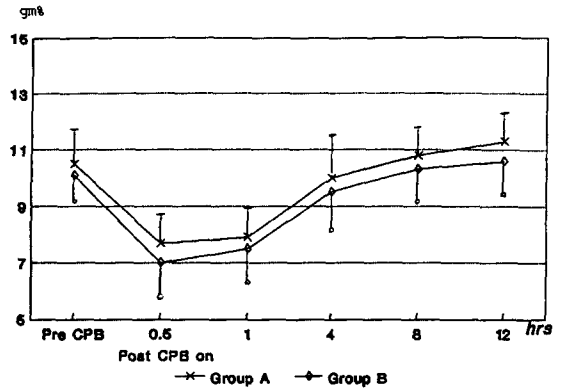


Fig. 1. Pre & Post CPB Hemoglobin concentration

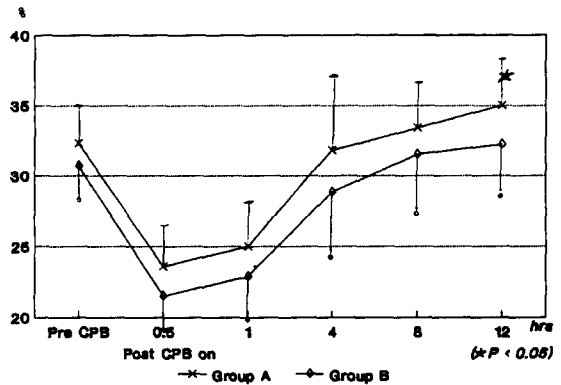


Fig. 2. Pre & Post CPB Hematocrit level

림 3, 4, 5, 6). 다만 뇨중 오스몰 농도(Osmolarity)에서 심폐기 가동후 30분, 1시간, 4시간 때에 최저치를 기록한 후 회복이 되었는데, B군이 A군보다 8시간에서 통계적으로 유의하게 높았다(그림 6). 혈중 총단백량은 심폐기 가동후 1시간, 8시간에서 A군이 B군보다 높았으나 통계적 유의성은 없었고 혈중 알부민 농도도 역시 같은 결과였으며 8시간대에서 통계적으로 유의하였다(그림 7, 8).

Table 4. Operative states

	Group A (n=15)	Group B (n=14)	P > 0.05
Cardioplegia infiltration (times)	1.55 ± 0.52	1.55 ± 0.49	*
CPB time (mins)	89.93 ± 6.27	91.64 ± 4.76	*
Anesthesia time (hr.)	3.49 ± 0.12	3.68 ± 0.09	*
Crystalloid amount Infused (ml)	261.33 ± 24.74	256.38 ± 22.96	*
Colloid amount Infused (ml)	150 ± 61.99	175.00 ± 13.62	*

Abbr) CPB : Cardiopulmonary bypass

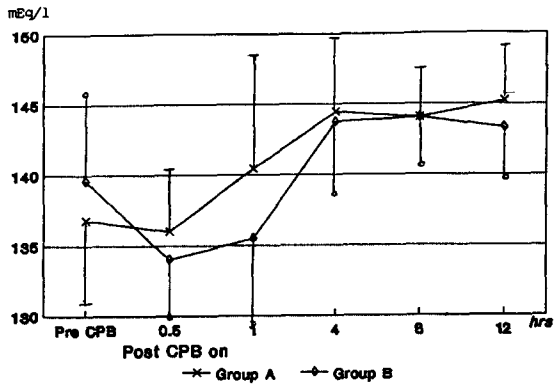


Fig. 3. Pre & Post CPB serum Na<sup>+</sup> concentration

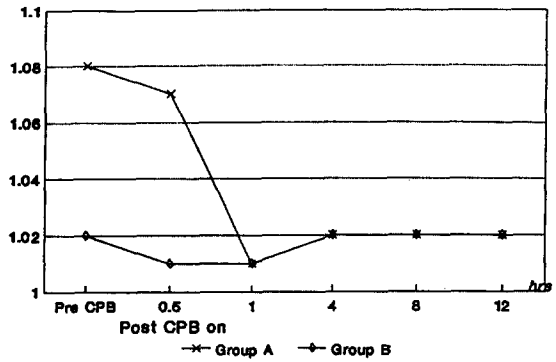


Fig. 6. Pre & Post CPB Urine specific gravity

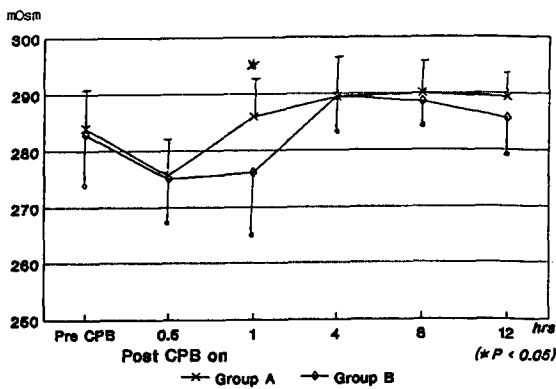


Fig. 4. Pre & Post CPB serum Osmolarity

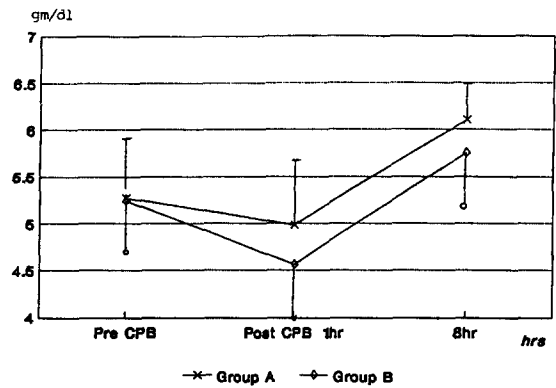


Fig. 7. Pre & Post CPB serum protein concentration

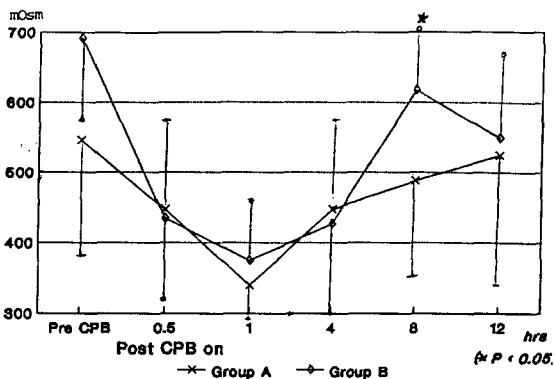


Fig. 5. Pre & Post CPB urine osmolarity

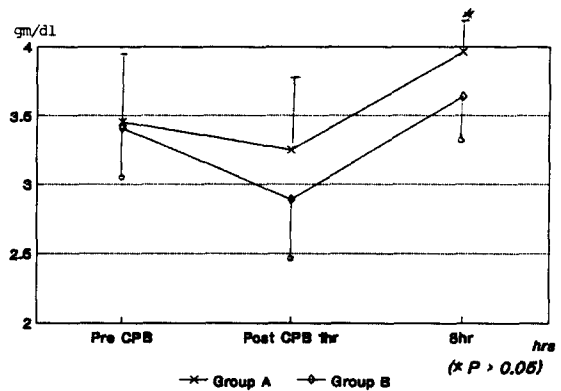


Fig. 8. Pre & Post CPB serum albumin concentration

심폐기 개시 직후 보통 1시간 간격으로 16시간 측정 한 시간당 뇨량은 심폐기 개시 후 4시간에서 6시간(즉 대개의 경우 심폐기 정지 후 1-2시간)에 가장 뇨량이 많았으며 두 군간에는 유의한 차가 없었다(그림 9).

심폐기 정지 후 부터 1시간 간격으로 11시간 측정 한 중심정맥압에서도 두군간에 유의한 차가 없었다(그림 10).

심폐기 정지 후 1시간, 8시간, 12시간에 폐동맥 도관으로 부터 채취한 혼합정맥혈의 산소포화도, 동맥

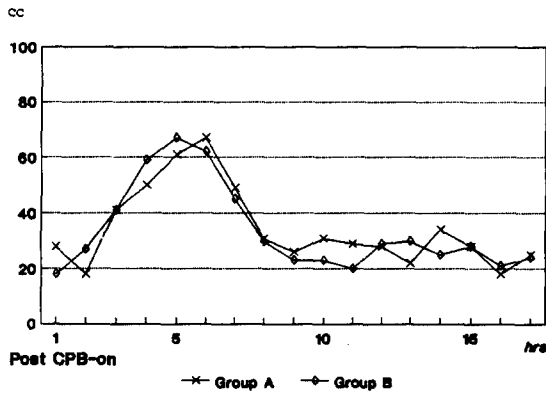


Fig. 9. Hour Urine amount after CPB

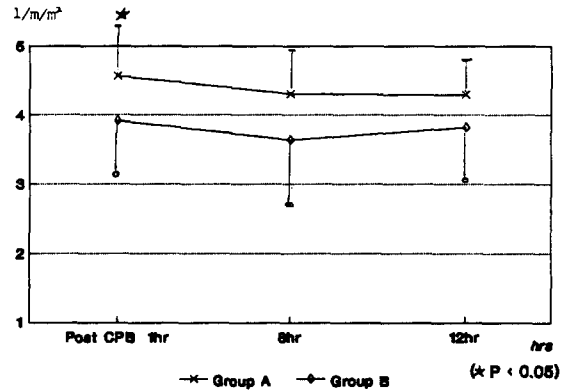


Fig. 11. Cardiac index after CPB

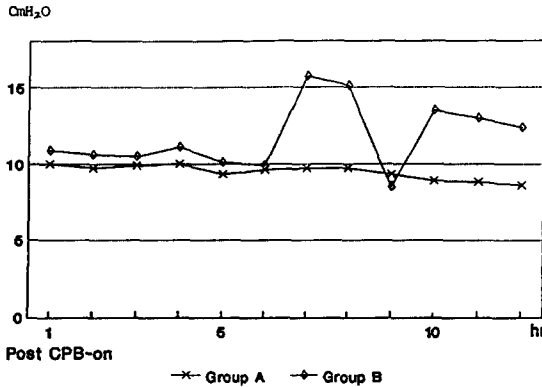


Fig. 10. Central venous pressure after CPB.

혈의 산소포화도, 체온, 심박동수 등으로 부터 산출한 심장지수는 A군이 각각  $4.56 \pm 0.78$ ,  $4.29 \pm 0.88$ ,  $4.29 \pm 0.58$ , B군이 각각  $3.91 \pm 0.79$ ,  $3.63 \pm 0.94$ ,  $3.81 \pm 0.81$ 을 나타내어 A군이 B군보다 모두 높았으나 통계적 유의성은 심폐기 정지후 1시간대에만 있었다(그림 11).

수술직후 사용한 강심제의 사용정도 및 이뇨제의

사용정도를 전술한바대로 나누어 비교하여 보았을 때 강심제의 경우가 각각  $1.13 \pm 0.35$ ,  $1.35 \pm 0.49$ , 이뇨제의 경우가  $1.33 \pm 0.62$ ,  $1.64 \pm 0.63$ 로서 모두 B군이 A군보다 높았으나 통계적 유의성은 없었다. 한편 수술직후 인공호흡기에서 측정된 PIP는 A군이  $20.20 \pm 1.82$ , B군이  $23.43 \pm 1.56$ 으로 A군이 의미있게 낮았다(표 5).

수술후 주입된 총 수액은 유지수액으로 kg당 2cc를 모두 일률적으로 투여하였고, 중심정맥압, 흉관 배액정도 등을 보아가며 투여한 colloid 용액은 A군이  $178.27 \pm 89.43$ , B군이  $158.57 \pm 65.94$ ml로서 유의성이 없었다(표 5).

그외 인공호흡기 제거시간이 A군이  $16.07 \pm 5.66$ , B군이  $14.57 \pm 3.28$ 시간, 총흉관 배액량은 A군이  $174 \pm 3.28$ , B군이  $196.42 \pm 50.48$ ml, 중환자실 체류시간은 A군이  $45.27 \pm 19.82$ , B군이  $45.93 \pm 14.64$ 시간으로서 모두 유의한 차가 없었다(표 5).

또한 체외순환에 미치는 혈류역학 관계를 알기 위하여 심폐기 개시후 일정한 시간대의 평균 체동맥압

Table 5. Postoperative states

	Group A (n=15)	Group B (n=14)	P>0.05
Inotropics*	$1.13 \pm 0.35$	$1.35 \pm 0.49$	*
Diuretics**	$1.33 \pm 0.62$	$1.64 \pm 0.63$	*
PIP (cmH <sub>2</sub> O)	$20.20 \pm 1.82$	$23.43 \pm 1.56$	*
Colloid amount infused (ml)	$178.27 \pm 89.43$	$158.57 \pm 65.94$	*
Ventilator weaning time (hr)	$16.07 \pm 5.66$	$14.57 \pm 3.28$	*
Total amount of C-tube drain (ml)	$174 \pm 3.28$	$196.42 \pm 50.48$	*
ICU duration (hrs)	$45.27 \pm 19.82$	$45.93 \pm 14.64$	*

#, ## : 본문 참조

력과 pump 유속률을 측정하였는데 심폐기 개시직 후, 대동맥 차단시와 체온상승 시작 직후의 체동맥 압력은 A군이 각각  $46.87 \pm 5.78$ ,  $54.87 \pm 6.69$ ,  $57.07 \pm 5.78$  mmHg, B군은  $42.71 \pm 5.63$ ,  $51.21 \pm 5.24$ ,  $50.29 \pm 3.81$  mmHg로서 A군은 B군보다 모두 높았으며, 특히 체온상승 시작하는 통계적으로 유의하였다(그림 12). 인공심폐기 유속률은 A군이 각각  $712 \pm 127.4$ ,  $655.3 \pm 140.9$ ,  $652.7 \pm 138.7$  ml/min, B군은  $840.7 \pm 195.9$ ,  $797.8 \pm 167.2$ ,  $780.0 \pm 153.9$  ml/min로서 A군이 B군보다 모두 낮았고 통계적으로도 모두 유의하였다(그림 13).

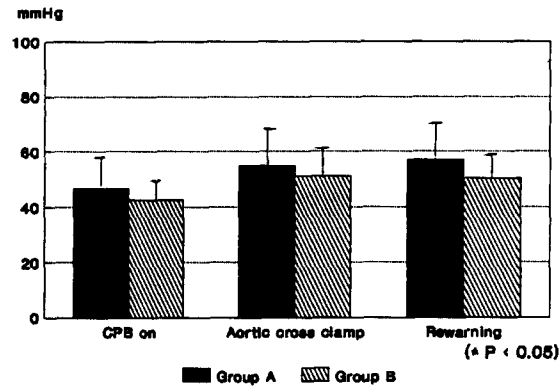


Fig. 12. Mean arterial blood pressure during bypass

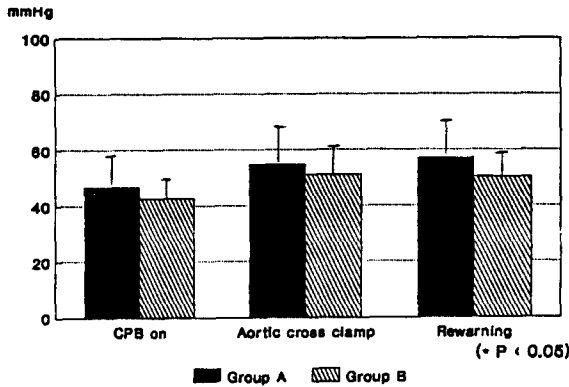


Fig. 13. Pump flow rates during bypass

#### IV. 고 안

개심술의 중요부분인 체외심폐순환은 인체 각 기관의 적절한 생존을 유지하기 위한 관류법 및 저체온법으로 구성되어 있다고 볼 수 있다. 그중 저체온은 인체 각 조직에서 산소 소모량이 감소를 기하여 지속

관류를 가능하게 하는 반면, 혈류의 점성증가 및 혈관수축 또 이들로 인한 혈액성분의 손상, 조직 perfusion의 장애 등을 초래하기 때문에 혈액회석법을 함께 적용하여 이를 보상하고 있다. 하지만 혈액 회석법 자체는 그 단점으로서, 산소 운반능력의 감소, 혈장내 교질성 삼투압의 감소, 간질의 수분증가 등이 있으므로, 현재 체외순환법은 이와 같은 저체온과 혈액회석의 장단점을 고려하여 그 수준을 인체에 어느 정도 안정된 범위에서 관류할 수 있게끔 운용하고 있다<sup>1)</sup>.

한편 관류액 성분중 혈액회석에 사용되는 주 용액을 crystalloid 성분으로 하느냐, colloid 성분으로 하느냐에 대한 의견은 아직 일치되어 있지 않고, 여러 연구 및 임상보고들이 상이한 결과를 보이고 있다.

혈액회석이 혈장내 삼투압의 감소를 유발하여, 인공심폐기 작동후 인체조직내 수분증가를 가져오는 것이 임상적으로 끼치는 결과를 분석하기 위하여 100명의 성인 환자들을 대상으로 광범위하게 전향적 연구를 시행한 한 보고에 의하면, 많은 임상지표중 몇몇 지표에서만 통계적 유의성 있는 차이가 있음에도 불구하고, 그들도 정상범위내의 결과들이 나오므로써, 알부민으로서 교질성 삼투압력을 높인 군이 crystalloid 군보다 임상적으로 실제적인 유의성이 없다고 결론짓고 있으나 시한적인 효과의 인정 및 특수한 대상에 끼치는 영향은 좀더 연구할 가치가 있음을 부연하고 있다<sup>2)</sup>.

여러가지 관여요소들이 있으나, 관류액 및 혈장내 교질삼투압의 감소가 조직부종을 일으키는 등, 인체 기능에 영향을 끼칠 가능성도 있으며, 실제 임상에서 관류충전액에 교질성 삼투압을 높이기 위하여 알부민 등을 첨가하여 인공심폐기를 사용하는 곳이 많고, 특히 여러 인체 장기가 미숙한 유아 등 어린 경우에 그 중요성이 강조되고 있기도 한 점<sup>3)</sup>, 여러 임상보고들이 성인환자들을 대상으로 하고 있는 점 등을 고려하여 본 연구는 체중 10kg 전후의 소아환자를 대상으로 여러 임상지표들을 이용하여 임상적 검토를 하고자 하였다. 비교대상군으로 한군은 Ringer's lactate 용액을 이용하여 혈액 회석을 하였고, 다른 한군은 25% albumine을 첨가하여 4gm%의 충전액 농도를 유지하였는데, 이 농도는 여러문헌 및 실제 임상에서 사용하고 있는 농도와 크게 다르지 않다.

위의 결과에서 실제 몇몇 임상지표들은 통계적 유의성이 있는 결과들로 나타났으나, 전반적인 임상결

과는 두군간의 임상적 차이를 발견할 수 없었다. 하지만 진단이 비교적 단순한 점, 수술시간이 비교적 짧고, 균등한 점 등 임상지표들에 끼치는 여러인자의 복합적인 영향 등을 고려할 때, 거의 동일한 임상 결과는 오히려 당연할 수 있다. 또한 다른 문헌들을 검토하여 볼 때, 이상적인 충전액의 조성을 찾기 위해 83례의 성인 환자를 대상으로 hydroxyethyl starch, 알부민과 lactated Ringer 용액을 비교분석한 연구에 의하면 체중의 증가와 pulmonary shunt fraction이 crystalloid 첨가군에서 통계적으로 유의하게 높아, 체내와 폐내의 수분축적이 적은 colloid 첨가군이 유리하다고 결론짓고 있으나 이 역시 임상적으로 해로운 결과가 나타나지는 않았으며<sup>3)</sup>, 알부민의 주요역할이 심폐기 가동후 수분균형에 통계적으로 유의한 영향을 주지만, 성인에 있어서 수분균형이 체내 축적쪽으로 3-5l 이상 심화되어도 임상적으로 해롭지 않았다는 보고도 있다<sup>4)</sup>.

본 결과에서는 전신의 수분균형이 유의하게 차이나는 지표들이 없었으나, 그 이유는 전술한 바와 같은, 일반적인 임상결과의 원인과 동일하다고 생각되며, 다만 의미있는 차이들이 나타난 결과나 신체의 주요장기인 심장, 폐 및 신장 등의 기능에 미치는 영향을 검토해 볼 때, 양쪽군의 총단백량 및 알부민 농도가 심폐기 가동후 1시간과 8시간대에서 지속적으로 A군이 높으므로 알부민 첨가의 효과는 적어도 그 시간대에서 혈장내의 colloid 삼투압을 높이는 역할을 한다고 볼 수 있다.

또한 심폐기 가동후 낮아졌던 혈중단백 농도가 8시간대에는 수술전 수준 및 그 이상으로 회복됨을 볼 수 있는데, 이는 개심술시 교질삼투압과 혈장내 단백질 농도의 변화를 측정하여 인공심폐기 정지후 낮아졌던 두 수치가 모두 급격히 수술전의 수준으로 회복함을 보인 다른 문헌과 일치함을 알 수 있다<sup>5)</sup>. 강조한 대로 전신 및 폐 말초혈관에서의 수분이동에 중요한, 교질삼투압 및 혈장내 단백질 농도가 임상적으로 수술직후에 특히 중요함에 인식을 같이할 때, 심폐기 작동 및 그 직후에 혈장내 교질의 농도를 높여 유지하는 상태가 의의가 있으리라 생각된다.

혈액회석 및 저체온을 수반한 인공심폐기의 작동이 각 장기에 미치는 영향을 검토한 한 실험에 의하면 조직내 수분의 증가로 나타내는 부종은 심장과 소화기 장기에서 가장 심한 것으로 되어 있으며, 특히 심근의 부종현상은 혈류의 증가나 정상적인 산소운

반상태 등으로 볼 때 허혈성보다는 혈장교질 삼투압의 감소에 의한 것이라고 보고있다<sup>6)</sup>.

또한 혈액회석을 crystalloid와 colloid로 각각 사용하여 심근내의 수분(myocardial extravascular water) 증가를 비교한 실험에 의하면 교질성인 경우가 저체온 여부와 관계없이 통계적으로 유의하며 심근부종의 발생을 방지했다는 보고도 있다<sup>7)</sup>.

이와 같이 개심술시 인공심폐기 작동후 심근내의 부종현상은 사실 수술후 compliance의 감소, 심장 수축력(contractility)의 감소등 심장기능의 저하를 가져올 수 있다고 생각되는데, 특히 인공심폐기 작동시간이 오래걸릴수록, 심근 등의 성장이 미숙한 신생아 등 어린연령에서 더욱 중요하리라고 여겨진다.

본 논문에서는 심근기능의 비교를 위해 심장지수를 산출하였는데, 혼합정맥혈의 산소포화도를 이용한 간접적인 방법으로 구한 심장지수이므로 여러가지 관여요소들이 많이 있겠으나, 결과는 알부민을 첨가한 A군이 B군에 비해 모두 높았고 심폐기 정지후 1시간대에는 통계적 유의성도 있었으나, 수치 자체는 A군, B군 모두 정상범위였다.

개심술후 회복에 매우 중요한 폐의 기능에 있어서도, 폐내의 수분증가 혹은 폐부종의 발생 등의 문제가 제기되어 왔다. 폐부중에 관여하는 요소로서 좌심실 유입충전 압력과 혈장교질 삼투압의 관계를 분석한 한 보고에 의하면, 저혈량(Hypovolemia) 환자에서 다량의 crystalloid를 투입했을 때, 좌심실 유입충전 압력이 정상에 머무른 경우에도 혈장내 교질성 삼투압의 저하만으로 폐부종이 발생할 수 있다고 밝히고 있다<sup>8)</sup>. 한편 개심술시 교질삼투압을 60%, 알부민을 48%, 헤마트크릿을 35% 감소시키고, 폐포동맥혈 산소압 차이의 증가 및 우좌단락량도 7.9%에서 10.3% 증가를 하는 등의 효과가 나타나지만, 좌심방압의 증가가 없는 이 정도의 교질삼투압 감소는 폐부종의 발생없이 환자의 상태가 견딜 수 있는 것으로 결론짓고 있다<sup>9)</sup>.

급작스런 혈액회석이 폐내 수분증가에 미치는 실험을 개에서 행한 보고에 따르면 헤마트크릿 40%에서 7-8%까지의 감소를 유도하는 혈액회석과 5.7gm%에서 0.4-0.5gm%로 혈청내 단백질이 감소할 때, 3.88 gram water per gram dry weight 에서 4.7-5.71 gram water per gram dry weight에 상당하는 폐내 수분증가가 가능한데, 이것은 알부민 투여로 삼투압을 회복시킴으로서 부분적으로 교정이 가능하였



으며, 또 이 정도의 폐내 수분증가는, 혈액가스분석상 혈액산소분압의 감소를 가져오지 않고, 또 조직검사상 주로 수분이 모여 있는 곳이 우선 혈관주위 및 기관주의 조직(perivascular-peribronchial spaces)이었음을 밝혔다<sup>10)</sup>.

본 논문에서는 폐기능에 미치는 영향을 비교하기 위하여 개심술후 인공호흡기 안정된 상태에서 일정하게 걸리는 최대흡입압력(peak inspiratory pressure)을 측정 비교하였는데 A군이 B군보다 의미있게 높았으나, 여기에도 여러가지 관여요소들이 작용할 수 있으며, 실제 수술후 흉곽사진, 인공호흡탈관 과정 및 시간 등 임상적으로 확실한 차이를 발견할 수는 없었다.

이상에서 볼 때, 인공심폐기 작동 및 혈액회석 등이 폐에 미치는 수분증가의 효과는 확실하나, 그것이 폐부종에까지 이르는 데는 좌심장압력 및 폐자체의 방어능력이 상당하다고 얘기할 수 있다. 하지만 심장기능자체가 떨어져 있는 심장수술 환자 및 특히 폐발육 정도가 성인과 다른 유아기 등 어린 환자에 있어서 가능한 한 폐내 수분증가를 줄이는 방법이 의의가 있으리라 생각된다.

혈액회석이 신장에 미치는 영향으로 뇨량의 증가 등의 효과를 들 수 있는데 혈액회석의 정도를 평균 헤마토크리트 27% 인 moderate 회석군과, 18% 인 extreme 회석군으로 나누어 비교한 임상보고에 따르면, 이뇨효과가 전자인 경우 수술후 18시간 동안 평균 4 liters, 후자는 2 liters로서 회석의 정도에 큰 영향을 받음을 알 수 있다<sup>11)</sup>. 한편 crystalloid에 비해 교질성 용액의 주입이 신장에 미치는 영향은 다소간 복잡하게 나타나는 가운데, 전반적으로는 신장의 배설기능을 떨어뜨리는 쪽으로 작용하는 것으로 보고되고 있다.

신장에 미치는 crystalloid와 교질성 용액의 영향을 비교한 동물실험 등에 의하면 출혈성 shock 후 소생술시 주입한 용액에 따른 기저뇨량(basal urine output)의 회복에 걸리는 시간이 5% 알부민 주입군에서 더 걸렸으며, 혈관내 volume 증가, 혈장 osmolarity 증가, sodium 농도 등이 증가함에도 불구하고 free water clearance가 감소함을 보임으로써 신장기능에는 균형된 전해질 용액과 혈액성분이 교질성 용액보다 더 효과적이라 밝히고 있다<sup>12)</sup>. 또한 심폐기 작동시 알부민의 신장기능에 미치는 동물실험에서는 신혈장류(renal plasma flow), 신혈류(renal blood fl-

ow) 혹은 사구체여과(glomerular filtration) 등에는 큰 영향이 없으나 뇨량, 노내 sodium, sodium clearance, osmolar clearance, free-water clearance 등에는 의의있는 감소를 가져오므로써, 잠재적인 신장기능 장애요소로서 작용할 수 있다고 결론짓고 있다<sup>13)</sup>.

한편 인체 임상보고에서도 유사한 효과가 나타나며, 그 원인의 규명이 아직 명백하지는 않으나 첫째 교질성 용액에 의한 peritubular 삼투압의 증가가 sodium 이온과 수분의 재흡수를 증가시키고, 둘째 혈장 volume과 venal plasma flow의 증가가 역시 같은 작용을 하며, 셋째 여과가 감소된 sodium 이온 부하는 단지 sodium 이온 재흡수에만 관여한다고 설명하고 있다<sup>14)</sup>.

본 논문의 결과에서는 뇨량 및 여러가지 전해질의 농도 등에서 큰 차이가 없었으며, 수술중 및 수술후 투여한 용액이나 이뇨제에서도 큰 차이는 없었다. 이는 역시 혈장내 교질성분 여부의 여러가지 많은 요소들이 신장의 기능에 영향을 끼치리라 생각되며, 임상적으로 주의만 기울이면 신장기능에 나쁘게 작용하는 점들은 방어가 되리라 생각된다.

본 논문 결과의 심폐기 작동시 관류압력 및 관류량의 비교에서 교질성 충전액의 A군이, B군에 비해 관류량이 상대적으로 적은 가운데 관류압력이 높은 것으로 나타났는데, 이는 교질성분이 없는 5% 포도당 용액, 1% 저분자 dextran을 함유한 Ringer's lactate 용액 및 hydroxyethyl starch 세 성분을 각각 충전액으로 작동시키고 개심술을 시행한 임상보고와 일치하는 결과였다<sup>15)</sup>.

이의 해석에는 상반된 견해가 가능한데 즉 관류압의 증가는 혈액점성의 증가 혹은 혈류의 저항의 증가이므로 조직관류 및 혈액손상의 가능성이 클 수 있다는 견해와, 적은 혈류속도에서도 관류압이 유지가 되므로 오히려 이롭다는 견해이다.

이상과 같은 10kg 전후의 소아환자를 대상으로 한 교질성 및 crystalloid 심폐기 충전액의 비교검토 결과 및 여러 문헌 고찰을 통하여 볼 때, 교질성 충전액이 후자에 비해 조직수분축적 및 부종의 감소효과는 확실하며, 이것이 심장 및 폐의 기능에 영향을 줄 수 있고, 특히 신체 각 기관의 발육이 덜 된 유아동 어린 심장환자일수록 또한 인공심폐기를 오래 작동하여 심폐기 및 충전액의 신체 각 기관에 대한 영향이 커질수록 더 의미가 있으리라 생각된다. 그러므로 향후 신생아등 더 어린 환자를 대상으로 또 인공

심폐기를 오래 작동하는 환자 등을 대상으로 보다 정확한 임상검토가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

저자는 1990년 6월부터 12월까지 세종병원 흉부의 과에서 수술예정인 체중 10kg 전후의 단순심실중격 결손증을 무작위 구분하여, 심폐기 충전액에 첨가한 알부민 성분의 임상효과를 전향적으로 분석하였다.

1. A군은 총 15례로서 심폐기 충전액에 4gm% 농도로 알부민을 첨가하였고, B군은 총 14례로서 같은 용량의 Ringer's lactate 용액을 첨가하였다.

2. 두군은 수술전 체중, 좌우단락량, 폐동맥압, 혈액소, 혈중 나트륨 농도, 혈중 오스몰 농도(Osmolarity), 총단백량, 알부민 농도, 뇨중 오스몰 농도(Osmolarity) 및 뇨비중 등에서 차이가 없었으며, 수술시간, 심폐기 가동시간, 마취시간, 심근보호액, 수술 및 수술후에 주입된 수액 및 colloid 용액의 양도 차이가 없었다( $P>0.05$ ).

3. 두군의 상기 임상지표들의 수술후 수치들의 대부분 및 시간당 뇨량, 중심정맥압, 강심제나 이뇨제의 사용정도, 인공호흡기 제거시간, 흉관배액정도, 중환자실 치료시간 등에서도 거의 통계적 유의성이 없어서 환자의 회복 등 전반적인 임상결과에서는 큰 차이가 없다고 할 수 있다.

4. 심폐기 작동후 혈중 총단백량 및 알부민 농도, 심장지수등에서 A군이 B군보다 지속적으로 높은 가운데, 통계적으로 유의있을 때도 있었고( $P<0.05$ ), 수술후 인공호흡기의 최대흡입압력이 A군에게 의미있게 낮았으며( $P<0.05$ ), 체외순환시의 관류량과 관류압은 A군이 B군에 비해 상대적으로 높은 혈압과 낮은 관류량을 보였고, 통계적으로 유의하기도 하였다( $P<0.05$ ).

5. 따라서 교질성 심폐기 충전액이 crystalloid에 비해 전반적인 임상결과에서 큰 차이는 없었으나, 심폐기능 및 체외순환의 몇가지 지표에서 유리한 점들이 있음과 여러 문헌들을 고찰해 볼 때, 특히 신생아 등 미성숙 심장환자나 심폐기 가동시간이 긴 경우에 더 효과적일 수 있으며, 앞으로 이들에 대한 보다 정확한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- 1) Kirklin JK, Kirklin JW: *Cardiopulmonary bypass for cardiac surgery in Surgery of the Chest (5th Ed.) Sabiston and Spencer. Saunders. PA. 1107-1125, 1990*
- 2) Marelli D, Paul A, Ramson R, et al: *Does the addition of albumin to the prime solution in cardiopulmonary bypass affect clinical outcome? A prospective randomized study. J Thorac Cardiovasc Surg 98: 751-756, 1989.*
- 3) Sade RM, Stroud MR, Crawford FA et al: *A prospective randomized study hydroxyethyl starch, albumin, and lactated Ringer's solution as priming fluid for cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg 89: 713-722, 1985.*
- 4) Hallowell P, Bland JHL, Dolton BC, et al: *The effect of hemodilution with albumin or Ringer's lactate on water balance and blood use in open heart surgery. Ann Thorac Surg 25: 22-29, 1978.*
- 5) English TAH, digerness S, Kirklin JW: *Changes in colloid osmotic pressure during and shortly after open intracardiac operation. J Thorac Cardiovasc Surg 61: 338-341, 1971.*
- 6) Utley JR, Wachte C, Cain RB, et al: *Effects of hypothermia, hemodilution, and pump oxygenation on organ water content, blood flow and oxygen delivery, and renal function. Ann Thorac Surg 31: 121-133, 1981.*
- 7) Laks H, Standeven J, Blair O, et al: *The effects of cardiopulmonary bypass with crystalloid and colloid hemodilution on myocardial extravascular water. J Thorac Cardiovasc Surg 73: 129-138, 1977.*
- 8) Stein L, Beraud JJ, Morissette M, et al: *Pulmonary edema during volume infusion. Circulation 52: 483-489, 1975.*
- 9) Sanchez de Leon R, Paterson L, Sykes MK: *Changes in colloid osmotic pressure and plasma albumin concentration associated with extracorporeal circulation. Br. J. Anesth. 54: 465-473, 1982.*
- 10) Cooper JD, Maeda M, Lowenstein E: *Lung water accumulation with acute hemodilution in dogs. J Thorac Cardiovasc Surg 69: 957-965, 1975.*
- 11) Lilleaasen P, Stokke O: *Moderate and extreme hemodilution in open heart surgery: Fluid balance and acid-base studies. Ann thorac Surg 25: 127-133, 1978.*
- 12) Siegel DC, Cochin A, Geocaris T, Moss GS: *Effe-*

- cts of saline and colloid resuscitation on renal function. Ann Surg 177 : 51-57, 1973.*
- 13) Utley JR, Stephens DB, Wachtel C, et al : *Effects of albumin and mannitol on organ blood flow, oxygen delivery, water content, and renal function during hypothermic hemodilution cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg 33 : 250-257, 1981.*
- 14) Moon M, Lucas C, Legerwood A : *Free water clearance after supplemental albumin resuscitation. Circ Shock 24 : 245, 1988.*
- 15) Lee WH, Rubin JW, Huggins MP : *Clinical evaluation of priming solutions for pump oxygenator perfusion. Ann Thorac Surg 19 : 529-536, 1975.*