大韓胸部外科學會誌 第10卷 第2號
Vol. 10, No. 2, December, 1977

체외순환을 위한 혈액희석법에 대하여

李 聖 行*·金 圭 太*·李 吉 魯*
金 松 明*·李 光 淑*·蔡 鍾 旭*

=Abstract=

Hemodilution in Clinical Extracorporeal Circulation

Sung Haing Lee, M.D. FCCP., Kyu Tae Kim, M.D., Khill Rho Lee, M.D.,
Song Myung Kim, M.D., Kwang Sook Lee, M.D., Jong Wook Chae, M.D.

Open heart surgery has been performed on 20 patients, using hemodilution principle under the moderate hypodermia from Dec. 1975 through Aug. 1977 at the Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Kyungpook National University School of Medicine.

All these patients, body surface area ranged from 0.53 to 1.67 M^2, were divided into two groups as a child group(below 15 yrs) and a adult group(above 15 yrs).

The oxygenator were primed with fresh ACD blood, 5 per cent dextrose, Hartmann's solution, 15 per cent mannitol, sodium bicarbonate, dexamethasone and antibiotics.

The average flow rate was 2.0 $L/M^2/min.$ in child group and 2.3$L/M^2/min.$ in adult group. The degree of hemodilution in child and adult group was 30.7% and 29.3% respectively. The minimal value of rectal temperature was 30.8±0.7°C in child group and 30.0±1.5°C in adult group.

We studied the changes of hemodynamic status, blood components, electrolyte, acid-base status. blood lactic acid and urine output during and after cardiopulmonary bypass.

서 론

인공심폐기를 이용한 개심술이 1954년 Gibbon[1]에 의하여 처음으로 성공한 이래 과거 20년 동안 인공심폐기의 발달, 수술 수기의 표준화, 저온법의 도입, 적절한 관류량의 확립과 충진액의 종류선정 및 적정한 혼합비율에 관한 많은 발전과 연구가 진행되어왔다.[2,3,4,5,6,7] 특히 저온하의 혈액희석법에 의한 관류가 심장수술에 많은 이점을 주고 있다는 사실이 알려짐에 따라 많은 심장외과의는 양자를 겸용하여 개심술을 시행하고 있다.[8,9] 충진액의 성분은 개심수술 초창기에는 전혈을 사용하였으나 그후 여러 실험을 거쳐 전혈 충진의 단점을 발견하여 이를 피하고 대신 혈액을 희석하는 방법을 채택하여 관류중 발생하는 대사성산증[6,11,12,13], 혈액성분의 변화[14] 술후 응고기전의 변화[15] 및 관류후에 야기되는 불리한 합병증[16,17,18]을 방지 하고자 하였으나 이상적인 충진액의 출현은 아직도 난제로 남아있다.

저자들은 1975년 12월이래 저온법과 혈액 희석원리를 이용하여 20예의 개심 수술을 실시하였고 저자들이 사용한 혈액희석원칙과 술전 술중 및 술후의 혈역학, 혈액상, 혈중전해질, 혈액가스상, 혈중유산치와 산염기 평형상태 및 소변량에 대해서 문헌고찰과 아울러 보고하고저 한다.

*경북대학교 의과대학 흉부외과
*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Kyungpook National University
**이 연구는 1977년도 경북대학교 의과대학 부속병원 임상 연구비의 보조에 의한 것임

Table 1. Clinical Materials

Case	Sex	Age	Height, cm	Body weight, kg	BSA, M^2	Diagnosis
1. 장 ○ 미	F	9	130.0	19.0	0.85	VSD
2. 윤 ○ 호	F	10	128.0	25.0	0.95	ASD
*3. 손 ○ 영	M	21	169.0	51.0	1.58	VSD
*4. 백 ○ 웅	M	20	166.0	52.0	1.56	VSD+sinus R.
5. 이 ○ 영	M	12	135.0	29.0	1.06	ASD+MI
6. 남 ○ 욱	M	5	100.0	14.0	0.63	VSD
*7. 장 ○ 호	M	17	176.0	49.0	1.60	PS, PFO, PDA
*8. 박 ○ 용	M	29	174.0	56.0	1.67	VSD+sinus R.
9. 정 ○ 희	F	14	143.0	29.0	1.10	ASD
10. 이 ○ 석	M	11	126.0	21.7	0.90	TOF
11. 백 ○ 훈	M	8	124.0	23.0	0.87	VSD
12. 장 ○ 호	M	12	137.0	27.0	1.03	TOF
13. 이 ○ 욱	M	10	125.0	23.5	0.91	TOF(pink)
*14. 김 ○ 영	M	23	102.0	12.5	0.62	TOF
15. 김 ○ 우	M	5	160.0	40.0	1.36	VSD
16. 소 ○ 섭	M	12	133.0	23.0	0.94	VSD
17. 하 ○ 주	M	10	139.0	26.0	1.03	VSD
*18. 한 ○ 주	F	53	152.0	48.0	1.42	MS
19. 배 ○ 희	F	4	91.5	11.3	0.53	MI(congenital)
*20. 박 ○ 분	F	41	159.0	50.0	1.50	MS+MI
Mean		16.4	138.5	31.5	1.11	

TOF: Tetralogy of Fallot.
Sinus R.: Rupture of sinus Valsalva.
PFO: patent foramen ovale.
*: Adult group>15 yrs.

대상 및 방법

환자는 1975년 12월부터 1977년 8월까지 체외순환하 개심술을 시행한 20예를 관찰대상으로 하였다.

연령은 4세에서 53세까지이며 성별은 남자 14명 여자 6명이며 체중은 11.3~56kg이며 체표면적은 0.53~16.7 m^2이었으며 선천성심장질환 18명 후천성심장질환 2명이었다. (제 1표) 15세이상의 성인군 7명과 15세이하의 소아군 13명으로 구분하여 관찰하였다.

마취는 thiopental sodium과 succinylcholine으로 유도하여 N_2O와 O_2혼합가스를 사용한후 morphine[19]을 체중당 1mg을 첨가 주사하였다.

개흉전 좌측요골동맥을 천자하여 Tycos manometer, Hewlett-Packard사의 two channel recorder 혹은 Electronics for Medicine사의 6 channel recorder (DR-12)를 이용하여 동맥압을 측정하였으며 중심정맥압은 우측외경정맥이나 쇄골하정맥을 천자하여 수주 manometer이나 6 channel에 연결하여 측정하였고 뇨도를 통하여 Foley관을 삽입고정하여 술중과 술후의 뇨량을 측정하였으며 telethermometer를 직장 혹은 식도에 삽입하여 체온을 측정하였다. 수술은 흉골 정중절개하여 heparin을 체중당 2mg을 우심방으로 직접주입한 후 동맥 cannula는 상행대동맥에, 정맥 cannula는 상하공정맥에, 각각 삽관한후 심첨부를 통하여 vent를 삽입하였다.

인공심폐에는 전예에서 Sarn사의 model 2,000의 roller pump와 Bently사의 Temptrol 기포형 산화기를 이용하였다.

충진액의 구성은 먼저 환자 체중의 8%에 해당하는 혈량을 산출하고 산화기의 용량 즉 Temptrol Q 100—2,000ml, Q110—1,600ml, Q130—800ml에 따라 30%

Table 2. Anesthesia and Perfusion

Case	Diagnosis	Body Wt. kg.	Flow rate L/min/m²	Flow rate cc/kg.	Partial bypass Initial	Partial bypass Terminal	Perfusion min. Total bypass	Perfusion min. Perfusion time	Anesthesia time
1.	VSD	19	2.5	130	8	9	49	66	8.5
2.	ASD	25	2.5	100	5	42	32	79	8.0
*3.	VSD	51	2.0	40	5	12	81	98	7.5
*4.	VSD+sinus R	52	2.0	40	25	9	78	112	7.0
5.	ASD+MI	29	2.4	80	6	18	110	134	9.0
6.	VSD	14	2.2	170	37	9	163	209	7.2
*7.	PA, PFO, PDA	49	2.2	72	3	10	144	157	9.2
*8.	VAD+sinus R	56	2.4	66	2	16	83	101	7.5
9.	ASD	29	2.4	91	2	22	50	74	6.3
10.	TOF	22	2.4	100	2	75	121	198	6.4
11.	VSD	23	2.4	87	3	65	272	340	9.5
12.	TOF	27	2.4	89	2	8	170	180	8.3
13.	TOF(pink)	23	2.4	96	1	20	119	140	8.5
*14.	VSD	40	2.0	68	2	25	76	117	4.1
15.	TOF	12.5	2.4	120	2	20	95	103	7.3
16.	VSD	23	2.4	98	2	14	38	54	6.0
17.	VSD	26	2.4	95	1	24	47	72	6.1
*18.	MS	48	2.4	71	2	62	198	262	7.3
19.	MI	11.3	2.4	113	5	35	69	109	7.3
*20.	MS+MI	50	2.0	60	8	53	44	105	4.5
	Mean		2.31	89.3	6.2	27.4	102.0	135.5	7.3
	S.D.		0.17	29.6	8.7	20.4	60.4	70.1	1.4

*: Adult Group>15 yrs

혈액희석원칙을 정하여 ACD 혈량을 산출하고 대사성 산증을 교정하기 위한 base의 양 계산식인 Astrup fomula[13] 즉 Base deficit×0.3×body weight(kg)에 의해 필요한 base 량을 계산하여 산출하였는 바, 관류기간동안 첫 1시간 동안에 예견되는 base deficit를 Neville[20]의 추정에 의한 15mEq/L로 계산하여 계산량의 40%를 산화기에 첨가하였다. 충진액에서 ACD혈량과 sodium bicarbonate의 량을 제외한 남어지중 45%를 Hartmann용액으로, 40%는 5%포도당용액으로, 15%는 mannitol 용액으로써 충당하였다. 산출된 sodium bicarbonate량중 40%를 산화기에 넣은후 관류 매 20분마다 20%씩 주입하는 방법을 택하였고 heparin은 산화기에 체중 1kg당 1mg으로 넣어 매 시간당 전체 효력이 반감하는 것으로 계산하여 30분마다 체중 1kg당 0.75mg씩 주입하였으며 산화기로 보내는 산소량은 관류초기 첫 10분간 3L/flow/min로, 그 이후는 2 L/flow/min로 산소여과기를 통하여 주입하여 정맥혈을 산화시켰다. Dexamethasone을 체중 kg당 1mg을, 항생제 Keflin® 혹은 ampicillin을 2.0gm과 vitamin B&C를 각각 첨가 시켰다. 사용한 ACD 혈액 400ml에 대하여 heparin 2mg과 $CaCl_2$ 0.6gm을 충진액에 혼합시켰으며 K^+은 충진액의 농도가 4mEq/L가 되게 넣었으며 관류중 소변 100ml당 4mEq를 보충하였다. 관류량은 고관류를 원칙으로하여 2.0~2.4L/M²/min의 량으로 송혈하였으며 관류와 동시에 산화기내부에 장치된 열교환기를 통하여 냉수를 순환시켜 core cooling을 시작하여 경도 혹은 중등도의 저체온법을 이용하였으며 심내조작이 끝나는 즉시 35°C까지 가온하였는데 심실세동은 자연적으로 혹은 전기 shock를 가하여 제세동하였다. 사용된 heparin 총량에 대하여 1.5배의 protamine을 서서히 정주하였다.

관찰성적 및 결과

수술에 소요된 마취시간은 최소 4.1시간 최장 9.5시

Table 3. Duration of Aorta Cross Clamp and Core Cooling Hypothermia

Case	Diagnosis	Total ACC min.	Temperature, rectal °C	Cooling time to 32°C, min.	Rewarming time to 35°C, min.
1.	VSD	13.5	31.0	4	27
2.	VSD	17.5	32.0	8	29
*3.	VSD	30.0	32.5	8	55
*4.	VSD+sinus R.	37.0	32.5	7	30
5.	ASD+MI	34.0	31.0	17	105
6.	VSD	56.0	32.0	7	65
*7.	PA, PFO, PDA	32.0	30.0	9	51
*8.	VSD+sinus R.	35.0	31.5	10	49
9.	ASD	16.0	32.2	3	29
10.	TOF	65.0	30.0	13	31
11.	VSD	30.0	32.0	6	193
12.	TOF	85.0	31.0	9	29
13.	TOF	51.0	29.5	17	35
*14.	VSD	38.0	31.0	128	36
15.	TOF	42.0	22.0	17	33
16.	VSD	17.0	30.0	19	26
17.	VSD	32.0	29.5	23	28
*18.	MS	121.0	29.0	18	63
19.	MI	31.0	22.0	150	31
*20.	MS+MI	32.0	30.0	15	32
Mean		40.8	30.1	11.4	48.9
S.D.		25.6	2.9	5.7	39.0

ACC.: aorta cross clamp *: Adult Group>15 yrs

Table 3-1. Prime Fluids & Hemodilution. (A. Adult group > 15 yrs)

Case	Age (yrs)	BSA (M^2)	Prime Fluids, ml.					Total	Hemodilution (%)	Temptrol Used
			Hartmann	50%D/W	Mann.	ACD. Bl.	$NaHCO_3$			
1.	21	1.58	723	643	241	133	160	1,900	30	Q-100
2.	20	1.50	756	672	252	190	130	2,000	30	Q-110
3.	17	1.60	720	640	241	455	144	2,200	30	Q-100
4.	29	1.67	770	685	257	400	168	2,280	28	Q-100
5.	24	1.36	600	550	200	550	120	2,020	26	Q-100
6.	53	1.42	690	610	230	310	144	1,980	31.6	Q-100
7.	41	1.50	450	400	150	1,200	150	2,350	29.6	Q-100
Mean	29.3	1.52	672.7	600	224	463	145	2,104	29.3	
S.D.	12.2	0.1	104.4	91.4	35	330	15	158	1.7	

Mann.: mannitol.
ACD. Bl.: ACD. blood

Table 3-2. Prime Fluids & Hemodilution. (B. Child Group<15 yrs)

Case	Age (yrs)	BSA (M^2)	Prime fluids, ml						Total	Hemodilution %	Temptrol Used
			Hartmann	5%D/W	Mann.	ACD. Bl.	$NaHCO_3$				
1.	9	0.85	242	157	85	838	80		1,400	25	Q110
2.	10	0.95	275	245	92	688	100		1,400	25	Q110
3.	12	1.06	447	398	149	509	87		1,600	30	Q110
4.	5	0.63	243	217	81	615	44		1,200	30	Q130
5.	14	1.10	500	445	167	400	88		1,600	33	Q110
6.	10	0.90	500	450	180	400	68		1,598	32.7	Q110
7.	8	0.87	350	310	120	750	70		1,600	29	Q110
8.	12	1.03	450	400	150	600	80		1,680	30	Q110
9.	10	0.91	400	350	130	900	72		1,852	34.5	Q110
10.	5	0.62	400	356	134	140	38		1,068	32	Q130
11.	12	0.94	370	328	123	975	69		1,865	35.9	Q110
12.	10	1.03	400	360	536	970	78		1,944	30.9	Q110
13.	4	0.53	187	166	62	450	34		899	31	Q130
Mean	9.3	0.88	366.5	322	155	633	69.8		1,515.8	30.7	
S.D	2.9	0.17	97.7	94	115	242	19.2		301.4	3.1	

Mann. : mannitol.
ACD. Bl. : ACD. blood.

Table 4-1. Changes of Mean BP, CVP, Flow Rate and Temperature in the Pre- and Post-operative Periods (A. Adult group>15 yrs)

	Pre-Per-fusion	Partial bypass	Total Bypass, min.								Partial bypass	Immediate Post-op	Post-op (hr)		Post-op (day)	
			15	30	45	60	75	90	105	120			1	2	1	2
Mean BP	85.0	72.9	80.4	76.4	89.3	75.8	79.1	90.0	92.5	90.0	73.9	87.2	83.5	80.2	82.3	95.0
(mmHg)	*14.0	23.7	28.0	33.6	76.0	20.7	20.1	8.4	15.2	15.4	17.0	12.4	12.9	14.6	13.2	12.7
CVP	14.7	16.3	14.2	12.5	11.9	14.6	13.6	13.3	10.8	12.1	12.9	11.7	10.5	12.5	15.9	12.0
(cmH_2O)	*5.7	9.1	10.2	7.8	12.0	12.5	9.1	5.8	4.9	5.1	7.0	2.6	4.0	4.5	2.7	0.0
Flow Rate	—	1.28	1.96	2.11	2.02	1.95	2.08	2.01	1.88	1.90	1.58	—	—	—	—	—
($L/min/M^2$)	*—	0.11	0.39	0.24	0.45	0.14	0.21	0.36	0.41	0.23	0.12	—	—	—	—	—
Temp.	35.8	35.7	32.7	31.1	30.8	31.3	31.9	32.7	33.1	33.9	36.4	37.1	37.4	37.4	36.8	1.0
(°C)	*1.0	0.9	1.3	1.1	0.7	0.8	1.1	1.3	1.4	1.3	1.2	1.1	0.9	0.8	0.2	0.9

*:Standard deviation

간이며 평균 7.3시간이었으며 심폐기가동시 부분관류시간은 최소 1분 최장 37분 평균 6.2분이었고 완전관류시간은 최소 32분 최장 272분 평균 102분이었고 체외순환이 끝나기전 부분관류시간은 최소 8분 최고 75분 평균 27.4분이 필요했으며 대동맥 차단 시간은 최소 13.5분 최장 121분 평균 40.8분이었다(제 2 표, 제 3 표).

산화기 충진액의 성분은 제 3-1표와 제 3-2표에 나타나있다.

성인군(15세이상, A군)의 충진액은 Hartmann 용액 672.7ml, 5%포도당용액 600ml, 15% mannitol용액 224 ml였으며 5% $NaHCO_3$ 145ml 신선한 ACD 혈량은 463 ml로서 총충진액의 양은 2,104ml로서 29.3%의 혈액희석비율을 나타내었으며 소아군 (15세 미만, B군)의 충진액은 Hartmann 용액 366.5ml, 5%포도당액 322ml, 15% mannitol 용액 155ml이며 5% $NaHCO_3$ 69.8ml, 신선 ACD 혈량은 633ml로서 총충진량은 1,515.8ml가 되었고 혈액희석율은 30.7%이었다.

양군에서 사용된 혈액량은 A군보다 B군에서 더 많

Table 4-2. Changes of mean BP. CVP, Flow Rate and Temperature in the Pre- and Post-operative Periods (B. Child group <15 yrs)

	Pre-Per-fusion	Partial bypass	Total Bypass, min. 15	30	45	60	75	90	105	120	Partial bypass	Immediate Post-op	Post-Op (hr) 1	2	Post-OP (day) 1	2
Mean Bp	85.8	49.2	58.2	62.6	69.0	68.0	65.6	62.0	74.2	50.0	65.0	70.1	72.6	72.1	74.4	86.3
(mmHg.)	*23.5	24.1	21.2	17.5	18.5	34.6	16.7	26.1	27.0	16.9	19.5	17.3	21.5	20.0	14.2	10.0
CVP	12.5	12.3	12.8	10.2	8.3	9.1	11.7	8.9	6.8	5.9	10.5	12.6	17.0	16.3	15.3	0.0
(cmH_2O)	*5.8	8.4	8.6	5.0	4.1	5.1	7.1	4.7	1.6	2.2	3.8	3.9	6.8	7.3	4.1	0.0
Flow Rate	—	1.63	2.41	2.33	2.44	2.30	2.17	2.42	21	2.51	1.81	—	—	—	—	—
($L/min/M^2$)	*—	0.62	0.51	0.58	0.23	0.31	0.56	0.26	0.48	0.23	0.46	—	—	—	—	—
Temp.	35.0	35.5	32.0	30.5	30.6	31.4	30.7	31.1	31.5	32.5	34.0	36.2	36.4	36.6	37.4	36.9
(°C)	*2.0	1.2	2.1	1.5	1.7	2.3	2.2	1.1	1.2	1.1	1.3	1.0	1.3	1.1	0.4	0.5

*:Standard deviation

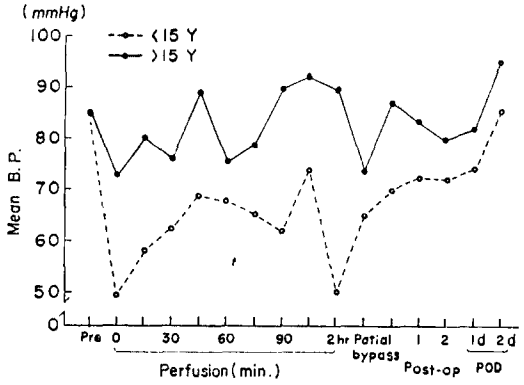

Fig. 1. Comparison of mean arterial pressure between child and adult group. Transient arterial hypotension developed soon after the commencement of the perfusion and at the termination of perfusion.

은 혈액이 필요하였다(제 3-1표, 제3-2표).

혈역학적 변화를 보면 평균 동맥압은 A군에서는 비교적 70mmHg이상의 압을 유지하였고 B군에서는 특히 부분관류시 저혈압 현상을 나타내어 평균혈압 49.2±24.1mmHg로서 저혈압현상이 나타났는 바 이러한 현상은 소아에서 실혈의 비율이 성인보다 많은 것과 말초혈관 저항의 감소로 인한 일시적인 현상으로 hypovolemia로 기인되었다고 생각되며 이것은 2.0L/M^2/min의 관류율을 유지하고 있고 저온하에 있기 때문에 안전하다고 생각되며 관류중 대체적으로 60mmHg이상의 혈압을 유지하였다. 상기의 부분관류시 저혈압현상이 완전관류중이나 관류가 완전히 끝난후 점차 회복하는 경향을 보였으나 전반적으로 A군보다 B군에서 혈압이 낮았다(제4-1표, 제4-2표, 제 1 도).

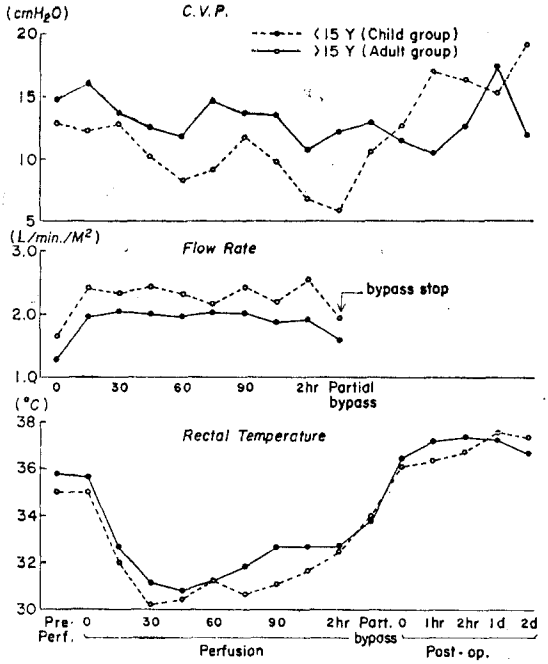

Fig. 2. Flow rates, CVP, and body temperature in period of perfusion and postoperation were illustrated.

관류중 송혈되는 관류량은 A군에서 2.0L/M^2/min, B군에서는 2.2~2.4L/M^2/min를 유지하였다.

중심정맥압은 관류전 정상범위였으며 관류시 A군은 10.8~16.3cmH_2O이며 B군은 5.9~12.8cmH_2O로서 B군이 낮은 수치를 보이고 있다. 그러나 관류가 끝난후점차 회복하였다.

체온은 대부분 직장온도를 측정하였고 B군중 2명에서 식도온도를 측정하였으며 그 변화는 제 2 도에서 보

Table 5-1. Pre-and Post-operative Changes of Blood Pictures (A. Adult Group>15 yrs)

Case	Perfusion time, min	Hb (gm%)		Hct (%)		RBC (10^4/cmm)		WBC (/cmm)		Platelet (10^4/cmm)	
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
1.	98	13.8	10.7	54	33	502	368	12,000	22,600	10	15
2.	112	12.2	38	—	535	425	423	4.200	10,400	20	10
3.	157	10.0	12.4	32	40	350	—	13,600	11,800	—	—
4.	103	14.0	10.5	45	33	490	365	5,100	14,900	16	15
5.	262	11.2	11.0	35	36	490	472	10,100	12,500	17	—
6.	105	11.2	11.0	36	36	415	407	7,500	9.800	19	—
7.	101	16.2	10.3	40	32	432	358	9,800	48,800	12	—
Mean	134	12.6	11.2	40	35	459	399	8,900	18,686	15.7	
S. D.	55.5	2.0	0.8	6.9	2.7	58.7	40	3,217	1,2927	3.6	

Table 5-2. Pre- and Post-operative Changes of Blood Pictures, (B. Child Group<15 yrs)

Case	Perfusion time, min.	Hb. (gm%)		Ht. (%)		RBC. (10^4/cmm)		WBC. (/cmm)		Platelet, (10^4/cmm)	
		pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
1	66	12.0	9.2	38	29	415	320	4,800	10,200	16	—
2	79	10.2	9.6	32	30	358	335	6,200	11,900	—	—
3	134	12.5	10.2	40	32	443	355	9,800	13,200	—	—
4	209	11.4	10.2	36	32	398	354	8,100	14,800	10	—
5	74	13.8	10.5	45	33	480	—	7,400	20,400	22	25
6	198	15.0	9.5	46	30	520	330	13,100	2,600	25	—
7	340	10.2	9.2	32	29	356	321	4,800	16,200	20	—
8	180	14.4	14.0	46	44	512	507	5,400	5,700	16	—
9	140	11.8	9.6	38	30	387	330	9,500	8.700	16	—
10	117	20.0	11.0	65	34	700	451	8,200	8,300	15	—
11	54	11.4	10.8	36	32	392	367	6,800	12,200	18	35
12	72	13.4	14.4	43	46	425	431	10,200	15,400	25	13
13	109	10.2	15.0	32	48	349	488	11,900	17,500	20	—
Mean	136.3	12.8	11.0	40.7	34.5	441.2	382.4	8169.2	12,085	18.5	
S. D.	76.8	2.6	2.0	8.6	6.5	92.2	65.2	2534.5	4764.6	4.6	

는 바와 같이 관류전 A군은 35±2.0°C이며 B군은 35.8±1.0°C로서 동일한 체온상태에서 관류가 개시되어 15~20분 정도에 이르러 최저로 하강하여 A군 30.8°C, B군 30.5°C로서 중등도의 저체온상태에 도달하였으며 심내조작이 끝나는 동시에 35°C를 목표로 가온하여 관류가 끝나기전 체온은 A군 33.9±1.2°C, B군 34.0±1.3°C로서 양군에서 모두 소기의 온도에 달할 수 있었고 전체적인 추세는 B군이 A군보다 체온이 약간 낮았다. (제 4-1표, 제 4-2표, 제 2 도)

혈구성분 및 혈색소의 변화는 술전에 비하여 술후에 감소하는 경향을 보였지만 백혈구수에 있어서는 술전에 비하여 현저히 증가되어 A군에서는 술전 8,900±3,217/mm^3, 술후 18,686±12,927/mm^3이었고 B군은 8,169.2±4,764.6/mm^3의 수치를 보였다. 혈소판 수는 검사된 예수가 적어 논하기 어렵다(제 5-1표, 제5-1표).

혈색소와 hematocrit의 변화를 보면 관류시작과 함께 혈액희석도에 비해서 감소하였다가 관류가 종료된후 정상치로 회복되어 가는 추세를 관찰할 수 있다. 그러나 A, B양군 사이의 차이는 경미하였다(제 3 도).

혈청 전기영동으로 본 술전 및 술후의 총단백과 그

Table 6-1. Serum Protein Electrophoresis in Pre- and Post-operative Periods (A. Adult Group>15 yrs)

Case	Preoperation, (gm%)							Postoperation, (gm%)						
	Total protein	Albumin	Globulin				A/G ratio	Total protein	Albumin	Globulin				A/G ratio
			alpha 1	alpha 2	beta	gamma				alpha 1	alpha 2	beta	gamma	
1	6.9	3.77	0.2	0.52	1.37	1.04	1.20	6.2	3.10	0.22	0.84	1.06	0.98	1.00
		54.7%	2.9%	7.6%	19.8%	15.1%			50%	3.5%	13.5%	17.1%	15.9%	
2	6.6	3.53	0.29	0.54	1.25	0.99	1.15	5.4	3.14	0.29	0.52	0.81	0.64	1.30
		53.5%	4.4%	8.2%	18.9%	15.0%			58.1%	5.4%	9.6%	15.1%	11.8%	
3	6.6	3.68	0.26	0.69	0.77	1.20	1.26	5.0	2.98	0.15	0.3	0.67	0.9	1.48
		55.8%	3.9%	10.4%	11.7%	18.2%			59.8%	3.0%	6.0%	13.4%	17.9%	
4	6.4	3.55	0.21	0.70	0.83	1.11	1.25	4.6	2.58	0.27	0.27	0.66	0.82	1.28
		55.4%	3.3%	10.9%	13.0%	17.4%			56.0%	5.9%	5.9%	14.3%	17.9%	
5	7.3	4.07	0.34	0.51	1.10	1.27	1.26	6.2	3.65	0.22	0.37	0.95	1.02	1.43
		55.8%	4.7%	7.0%	15.1%	17.4%			58.8%	3.5%	5.9%	15.3%	16.5%	
Mean	6.8	3.72	0.26	0.59	1.26	1.12	1.22	5.5	3.09	0.23	0.46	0.83	0.87	1.32

Table 6-2. Serum Protein Electrophoresis in Pre- and Post-operative Periods (B. Child Group<15 yrs)

Case	Preoperative (gm%)							Postoperation (gm%)						
	Total protein	Albumin	Globulin				A/G ratio	Total protein	Albumin	Globulin				A/G ratio
			alpha 1	alpha 2	beta	gamma				alpha 1	alpha 2	beta	gamma	
1	7.3	4.22	0.27	0.87	0.93	1.01	1.37	5.0	2.81	0.18	0.37	0.84	0.80	1.28
	57.8%	57.8%	3.7%	11.9%	12.8%	13.8%			56.2%	3.6%	7.3%	16.8%	16.1%	
2	7.0	4.15	0.26	0.52	0.78	1.29	1.46	6.9	3.82	0.31	0.68	0.92	1.17	1.24
		59.3%	3.1%	7.4%	11.1%	18.5%			55.3%	4.5%	9.8%	13.4%	17.0%	
3	7.6	4.58	0.23	0.54	0.92	1.53	1.36	6.7	3.22	0.31	0.68	0.98	1.50	0.93
		57.6%	3.0%	7.1%	12.1%	20.2%			48.1%	4.7%	10.1%	14.7%	22.4%	
4	6.5	4.01	0.16	0.80	0.80	0.72	1.68	4.3	2.61	0.16	0.33	0.33	0.46	1.54
		61.7%	2.5%	12.3%	12.3%	11.1%			60.6%	3.8%	7.7%	7.7%	10.6%	
Mean	7.1	4.2	0.23	0.68	0.86	1.14	1.47	5.73	3.12	0.24	0.52	0.77	0.98	1.25

Table 7. Pre- and Postoperative Blood Coagulation

Case	Blood type		Bleeding Time		Clotting Time		Prothrombin Time	
	ABO	RH	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
A-1	O	+	2′55″	6′30″	5′30″	6′12″	17″ (67%)	—
A 2	AB	+	2′50″	4′03″	5′55″	3′37″	16″ (76%)	18″ (59%)
B-4	A	+	3′15″	3′18″	3′02″	5′10″	13″ (85%)	15″ (85%)
B-5	A	+	4′45″	3′25″	8′50″	7′10″	18″ (59%)	15″ (85%)
A-5	A	+	7′10″	3′05″	6′45″	6′05″	15″ (100%)	14″ (100%)

분획상은 제 6-1표와 제 6-2표에서 보는 바와 같이 양군에서 공히 술후 감소를 보였다.

술전과 술후의 출혈시간 응고시간 및 prothombin 시간은 증감이 불규칙하여 논하기 어렵다(제 7표).

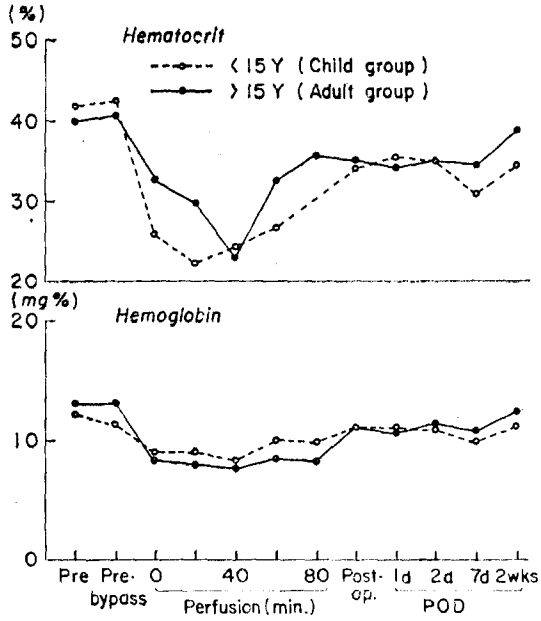

Fig. 3. Rapid decrease of hematocrit and hemoglobin was noted immediately following the induction of body perfusion.

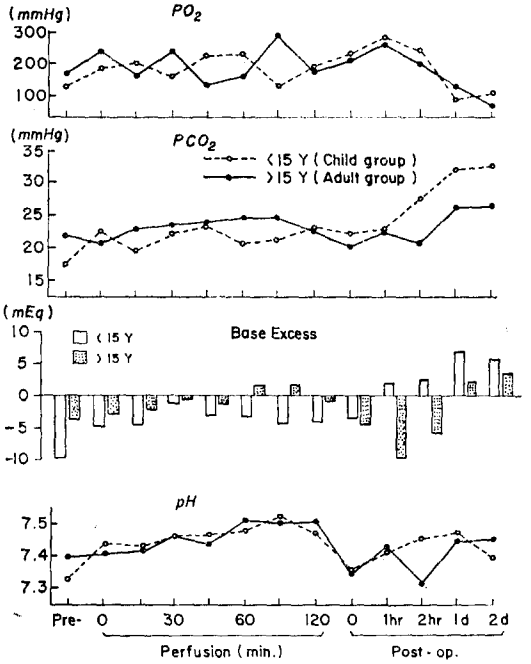

Fig. 4. Arterial PO_2, pH, and base excess of adult and child groups were presented. Arterial pH revealed fairly in normal range, although PCO_2 stayed low during perfusion.

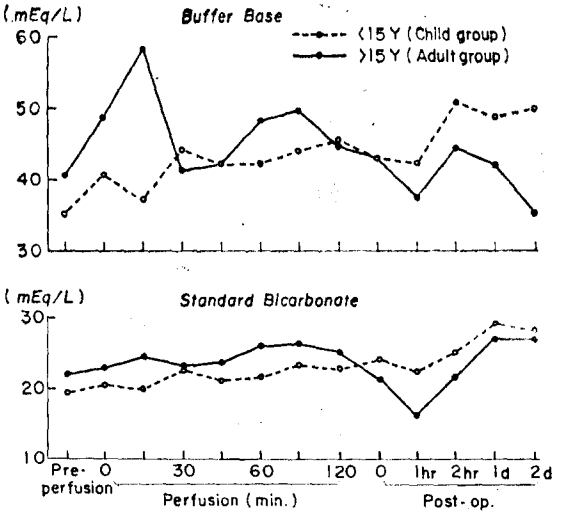

Fig. 5. The values of buffer base and standard bicarbonate were shown.

동맥혈 pH는 관류전 마취상태에서 A군 7.393±0.07은 B군이며 7.325±0.08로서 이미 산증상태에서 관류가 개시되었고 관류가 진행함에 따라서 염기증으로 이동해가는 경향을 보였으며 양군 사이에 차이는 거의 없

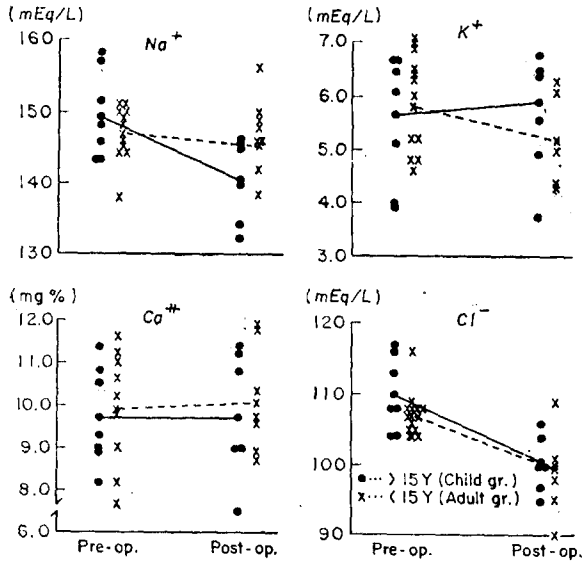

Fig. 6. Values of Na^+, K^+, Ca^{++}, and Cl^- in pre- and post-perfusion periods. Significant decrease of Cl^- and less marked decrease of Na^+ were seen.

Table 8-1. Mean Values of Acid-base States (A. Adult Group)

	Pre-perfusion	Perfusion, min.							Immediate Post-op	Post-op(hr)		Post-op(day)	
		0	15	30	45	60	90	120		1	2	1	2
pH	7.393	7.406	7.411	7.456	7.436	7.513	7.030	7.501	7.350	7.429	7.317	7.449	7.453
	0.07	0.13	0.12	0.10	0.09	0.10	1.21	0.13	0.27	0.27	0.15	0.05	0.02
PCO_2 (torr)	34.3	32.7	32.5	31.5	34.3	30.1	26.6	26.1	40.6	55.9	38.4	36.5	39.6
	6.3	5.5	5.0	6.9	7.4	5.9	6.8	8.1	19.8	23.8	4.5	4.8	2.1
Base Excess*	−3.7	−3.0	−2.3	−0.6	−1.3	1.6	1.6	−0.7	−4.4	−9.9	−5.9	1.7	3.1
	2.7	5.1	4.4	4.2	3.4	3.0	3.9	4.4	6.1	7.5	5.4	2.8	2.0
Buffer Base*	40.07	48.57	58.26	41.30	42.15	48.34	49.83	44.63	42.78	37.60	44.40	42.10	35.50
	7.52	12.70	13.10	8.53	8.99	10.59	10.01	11.24	12.18	8.96	4.67	17.54	5.50
Actual HCO_3^-*	20.83	19.61	21.98	22.31	23.07	24.11	23.40	22.90	20.10	17.10	19.70	25.50	27.50
	4.57	5.30	6.09	6.57	6.68	6.46	6.90	9.10	8.00	5.90	4.60	3.90	2.10
Standard HCO_3^-*	21.84	22.70	24.38	23.51	23.23	26.04	26.54	25.44	21.6	16.50	21.83	27.27	27.20
	3.84	6.28	5.50	6.64	5.57	6.02	6.60	9.38	7.28	4.71	6.78	5.70	2.00
Total CO^{2*}	21.8	20.5	22.9	23.2	24.0	24.8	24.3	22.7	20.0	22.6	20.9	26.5	26.5
	4.7	5.5	6.2	6.5	6.6	6.2	7.1	10.0	6.2	8.5	4.5	4.5	0.0
PO_2(torr)	175.2	241.6	163.7	24.13	135.0	162.4	294.0	172.6	216.3	264.3	204.4	135.6	77.8
	86.3	109.9	116.4	89.5	71.4	72.0	127.3	29.8	152.2	131.3	111.4	45.4	7.3

*: mEq/L.

Table 8-2. Mean Values of Acid-base States (B. Child Group<15 yrs)

	Pre-perfusion	Perfusion, min.							Immediate Post-op	Post-op(hr)		Post-op(day)	
		0	15	30	45	60	90	120		1	2	1	2
pH	7.325	7.435	7.428	7.460	7.462	7.473	7.520	7.470	7.357	7.416	7.459	7.478	7.396
	0.08	0.09	0.09	0.08	0.10	0.11	0.14	0.15	0.11	0.08	0.11	0.05	0.00
PCO_2(torr)	32.0	29.0	28.2	31.1	28.7	27.4	24.9	29.4	37.3	32.5	35.1	40.3	50.5
	8.8	11.3	10.6	19.5	11.8	10.1	8.3	12.1	19.3	9.6	5.7	10.9	0.0
Base Excess*	−9.3	−4.7	−4.6	−2.6	−3.1	−3.2	−4.2	−4.0	−3.8	1.6	2.6	6.8	5.2
	5.3	2.4	4.4	2.2	4.4	2.9	3.4	5.3	5.8	9.0	8.2	7.1	0.0
Buffer Base*	35.26	40.55	37.18	44.33	42.14	42.06	44.08	45.51	42.99	42.25	50.85	48.90	50.00
	12.02	13.53	7.81	9.84	10.11	10.18	10.92	15.54	15.43	10.59	9.30	11.63	0.00
Actual HCO_3^-*	16.37	19.70	18.13	21.86	20.81	19.63	20.90	21.80	21.20	21.00	26.40	30.80	31.00
	4.36	6.28	6.72	9.94	8.50	7.4	7.70	9.70	9.90	9.60	12.00	10.20	0.00
Standard HCO_3^-*	19.24	20.44	20.10	22.80	21.50	21.90	23.21	23.07	24.38	22.45	25.22	29.35	28.50
	5.23	5.23	4.07	6.74	5.33	6.00	7.48	8.93	9.35	7.68	10.35	6.00	0.00
Total CO_2*	17.3	22.2	19.6	22.0	23.4	20.6	21.4	22.7	22.2	22.9	27.8	32.2	32.9
	4.5	7.7	7.0	10.6	7.8	7.5	8.0	10.0	10.4	9.9	12.0	10.6	0.0
PO_2(torr)	131.0	196.8	20.12	161.3	226.9	237.2	134.4	197.4	238.5	188.6	239.5	94.0	114.5
	47.5	99.1	79.5	72.4	130.8	87.3	73.5	131.0	114.2	60.3	94.9	52.2	0.0

*: mEq/L

Table 9-1. Changes of Electrolytes during Pre- and Post-operative Period (within 36 hours) (A. Adult group>15 yrs)

Case	Perfusion time, min.	Na, mEq/L		K, mEq/L		Ca, mEq/L		Cl, mEq/L	
		pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
1	66	138.0	148.0	5.1	4.3	11.2	9.6	105.0	90.0
2	79	147.0	147.0	7.1	4.4	11.6	11.8	106.6	101.1
3	134	151.0	146.0	7.0	5.0	—	—	108.0	98.0
4	209	150.0	146.0	6.9	5.0	11.0	11.9	108.0	109.0
5	74	151.0	156.0	6.4	6.3	10.2	9.7	108.0	99.0
6	198	150.0	—	6.0	—	10.6	—	116.0	—
7	340	149.0	—	4.8	—	9.8	—	109.0	—
8	180	148.0	—	5.2	—	9.2	—	104.0	—
9	140	145.0	—	6.3	—	9.0	—	104.0	—
10	117	146.0	—	6.5	—	8.2	—	107.0	—
11	54	144.0	142.0	5.2	5.1	9.2	8.7	104.0	98.0
12	72	150.0	139.0	4.8	5.2	11.0	8.9	108.0	100.0
13	109	144.0	150.0	4.6	6.1	7.2	10.3	105.0	95.0
Mean	136.3	147.2	146.8	5.8	5.2	9.9	10.1	107.1	98.8
S.D.	76.8	3.6	4.8	0.9	0.7	1.3	1.2	3.1	5.0

Table 9-2. Changes of Electrolytes during Pre-and Post-operation (within 36 hours) (A. Adult group>15 yrs)

Case	Perfusion Time (min)	Na, mEq/L		K, mEq/L		Cl, mEq/L		Ca, mEq/L	
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
1.	98	143.0	145.0	6.7	6.8	10.8	11.2	108.0	106.0
2.	112	152.0	140.0	3.9	5.9	11.4	11.4	113.0	95.0
3.	157	158.0	134.0	6.7	6.5	9.0	9.0	117.0	97.0
4.	101	148.0	146.0	5.1	4.9	10.5	10.8	108.0	104.0
5.	103	146.0	145.6	6.1	6.4	9.3	9.0	104.0	100.0
6.	262	143.0	—	6.5	—	8.9	—	104.0	—
7.	105	157.0	132.0	4.0	3.8	8.2	6.5	116.0	100.0
Mean	34	149.6	140.4	5.6	5.7	9.7	9.7	110.0	100.3
S.D.	56	5.8	5.6	1.1	1.1	1.1	1.1	5.0	3.8

었고 술후 점차 정상으로 회복되는 추세를 보였다(제 8-1표, 제 8-2표, 제 4 도).

동맥혈 탄산가스의 분압은 관류전 이미 과호흡으로 인하여 A군은 34.3±6.3 Torr.이었고 B군은 32.0±8.8 Torr.로서 동맥혈의 저탄산가스증을 보이며 A군에서는 관류가 진행함에 따라 더욱 심하여져서 관류말기에 26.1±8.1 Torr.을, B군에서도 같은 현상으로 관류말기에 24.9±8.3 Torr로서 심한 저탄산가스증을 보이고 있다. 술후 혈중 탄산가스치는 증가하여 정상 혹은 오히려 정상치를 상회하였다. 이것은 마취시 과호흡과 관류중 산화기에서 혈중 탄산가스가 과도하게 제거되는데 기인한다고 할 수 있다.

Base deficit는 관류전 A군에서는 3.7±2.7 mEq/L이었고 관류후 0.7±4.4~3.0±5.1 mEq/L로 대사성산증이 거의 정상으로 회복되었으며 관류가 끝난후와 술후 1시간에 base deficit가 9.9±2.8 mEq/L까지 하강

Table 10. Changes of Physiological Shunts of the Cardiac Surgery Patients

Parameters	1 hr	2 hr	3 hr	4-5 hr	7 hr	Day 1	Day 2
Mean B.P. (mmHg)	78 20	79 14	72 16	82 9	86 7	74 13	80 2
PaO_2 (mmHg)	227.4 130.7	275.6 107.6	259.3 107.6	252.2 90.8	191.2 134.9	146.7 100.1	102.8 82.6
$PaCO_2$ (mmHg)	38.7 14.3	39.7 9.7	36.7 10.2	39.8 8.1	33.4 5.6	36.4 14.2	37.8 9.9
pH	7.393 0.11	7.417 0.11	7.447 0.10	7.450 0.12	7.430 0.08	7.434 0.09	7.415 0.02
SaO_2 (%)	96.8 8.1	99.5 1.0	99.0 3.2	99.1 1.3	98.6 2.4	96.5 5.0	97.4 2.2
$A\text{-}aDO_2$ (mmHg)	450.2 127.9	351.7 145.9	385.4 124.0	420.7 129.9	465.8 146.3	503.7 126.3	581.2 45.2
Qs/Q_T (%)	18.8 4.2	16.9 3.8	17.4 3.4	17.5 4.5	20.0 3.6	21.3 2.3	22.7 1.0

Table 11. Post-operative Bleeding

	Post-operative (ml.)	
	day 1	day 2
A. Adult group (>15 yrs)	563±482	338±92
B. Child group (<15 yrs)	574±605	178±63

하여 심한 대사성산증에서 술후 1,2일째에는 각각 1.7±2.8 mEq/L, 3.1±2.0 mEq/L로 회복되었다. Base deficit의 정상 범위는 ±2.5이나 개심술을 위한 체외순환시는 ±5.0까지를 허용범위로 한다면 후자의 범위내에 대부분 포함되겠다. B군의 경우도 A군과 비슷한 추세를 나타내었다. (제 8-1표, 제 8-2표, 제 4도) 특히 관류시의 base deficit가 관류전 상태보다도 적었다는 것은 체외순환시에 조직에 관류가 어느정도 적당하게 이루어 진다는 사실을 엿볼 수 있겠다.

A군의 standard bicarbonate는 관류전 각각 21.84±3.84 mEq/L, 20.83±4.57 mEq/L로 비대상성 대사성 산증을 나타내고 있으며 관류시간이 경과 함에 따라 점차 대사성산증경향이 심해졌다가 술후 1,2일에는 완전히 회복되었다. B군에서는 A군에 비해 더욱 심한 대사성산증이 관류전에 있다가 오히려 관류중에는 standard bicarbonate가 20.1±4.07 mEq/L~23.21±7.48 mEq/L로 대사성산증이 경하여 졌으며 술후 1,2일에는 actual bicarbonate는 30.8±10.2mEq/L이고 standard bicarbonate는 31.0 mEq/L로 대사성염기증으로 기울어졌다. (제 5 도)

A군의 buffer base는 관류전 40.07±7.5 mEq/L로 경한 대사성산증을 표시하다가 관류중에는 평형을 유지했고 관류후 다시 경한 정도의 대사성산증을 보였다. B군에서는 관류전 35.26±12.02 mEq/L로 심한 대사성산증에서 시간이 경과 함에 따라 대사성산증에서 회복하는 듯 하였다. (제 5 도)

A군의 총탄산가스 함량은 관류전 21.8±4.7 mEq/L로 호흡성염기증을 보이며 관류동안 지속하다가 술후 1일에 26.5±4.5 mEq/L로서 정상수준으로 상승하였고 B군에서는 관류전은 17.3±4.5 mEq/L로 A군에 비해 더욱 심한 호흡성 염기현상을 보이다가 점차 회복되어 술후 2시간대에 27.8±12.0 mEq/L로 정상을 회복하였다.

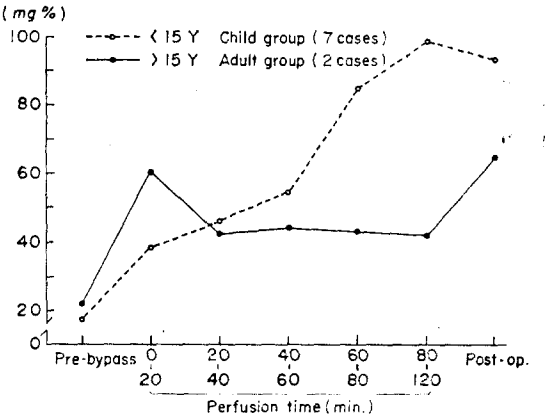

Fig. 7. Values of blood lactic acid were illustrated. Progressive increase was noted in child patients.

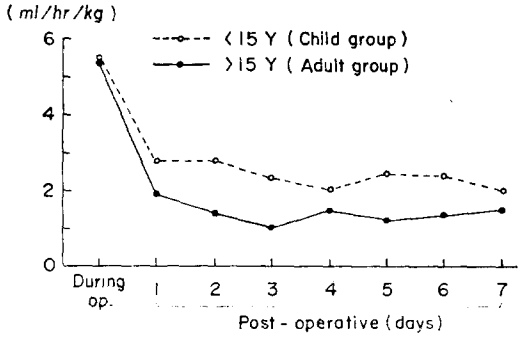

Fig. 8. Urine output during operative and post-operative period were presented.

A군의 동맥혈 산소분압은 관류전, 중 및 후에 있어서 최소 135.0±71.4 Torr. 최고 294.0±127.3 Torr. 로서 비교적 양호한 결과였고 B군에서는 관류전과 중에서 130 Torr. 이상으로 만족할만하였고 술후 1,2일에는 각각 94.0±52.2 Torr, 114.5 Torr로서 거의 정상치를 유지하였다(제 8-1표, 제 8-2표, 제 4 도).

관류중과 후에 있어서 뇨량의 변화는 관류중에는 평균 5.5ml/hr/kg로서 많은 량의 소변이 배설되었으며 술후 시간경과에 따라 점차 정상화 되었다(제 8 도).

전해질의 변동상황은 제 9-1표와 제 9-2표에서 보는 바와 같이 A군에서 Na^+ Cl^-는 술후에 경하게 변동이 있었고 K^+,과 Ca^{++}은 관류전후에 거의 변동이 없었다. (제 9-1표) B군의 전해질변동은 Na^+, K^+ 그리고 Cl^-는 술후 심한 감소를, Na^+은 경한 감소를 보였다(제 9-2표, 제 6 도).

혈중 유산량의 변화는 B군에서 관류전 17.9mg%이든 것이 관류말기에는 99.9mg%로 현저하게 증가하였다. A군에서도 유사한 증가를 나타내었으나 예수가 적어 양군을 비교 하기는 곤란하다(제 7 도).

수술후 생리적단락율(physiological shunt)은 표 10과 같이 술후 1시간에 18.8%, 3시간대에 17.4%, 7시간에 20%로 시간이 감에 따라 점차 증가하여 술후 제2일에는 22.7%로 가장 높은 치를 나타내었다(제10표).

술후 출혈량은 1일에는 A,B군사이에 별차이가 없으나 술후 2일에는 B군보다 A군에서 출혈량이 많았다(제11표).

고 찰

체외순환에 의한 심장수술의 초창기에는 산화기에 사용하는 충진액의 종류에 대한 비판없이 혈액형이 같은 동종혈액을 사용하였다. 그러나 1962년 Gadboy[21,22]는 개를 실험동물로 사용하여 동종혈액을 상호 교환하는 시험을 실시하였을 때 적혈구와 혈장의 sequestration이 일어나는 것을 관찰하였으며 그 결과 동물은 hypovolemia로 인하여 심하게 저혈압증에 빠진다고 보고하였다. 이와같은 현상은 homologous blood syndrome[22]이라고 하며 충진액으로서 전혈을 사용하여 야기되는 불리한 조건이다. 대부분 체외순환 중에만 발생하지만 술후 1일까지 지속되는 경우도 있다고 하였다.[21] 동종혈액의 사용시 일어나는 여러가지 부작용으로 혈형부적합, 백혈구과다와 면역화학적반응[23,53] 및 감염등의 합병증등이 있다. 1960년 Zudhi[7]등은 1~8일 사이에 혈액은행에 보관된 heparin가 혈액을 조사한 결과 5일이내의 것은 hematocrit치, 백혈구, 혈소판, 혈청내 혈색소치 및 전해질의 농도에 별다른 변화가 없다는 것을 알게되였으며 Foote[24,25] 등은 heparin 혈액 대신 채혈후 4일이내의 ACD 혈액을 직접 체외순환에 사용했으며 ACD혈액의 citrate 중독에 대하여 혈액 1 pint 당 heparin 2.5mg을, Calcium은 8.2mEq를 첨가 하므로 경감시킬 수 있었다.[6,24]

저자들의 경우 ACD혈액 400ml에 2.0mg의 heparin과 3% $CaCl_2$ 0.6gm을 첨가하였다.

산화기를 충진하는 용액으로 전혈사용의 단점을 제거하기 위하여 여러가지 성분에[27] 대한 연구가 진행되어 Cooley[28]는 평온하에서 5%포도당용액을, Greer[3]등은 25~30°C의 저온하에서 5%포도당용액을 충진액으로 사용하여 개심수술에 좋은 결과를 얻었으며 Roe[29]등은 balanced iso-osmolar 전해질 용액을, Mainardi[30]등은 5%포도당용액, 저분자 dextran, 전혈을 충진액으로 사용하여 혈액희석법의 이점으로서 적혈구의 용혈을 방지하고 혈장내의 혈색소치의 감소[31], 술후 출혈량의 감소[47]등과 뇨량생산율이 증가하여 신장합병증이 감소하였고[33] 수혈반응의 위험도 경감케 되었다. 최근에는 모든 흉부외과의들이 혈액희석법을 사용하게 이르렀다.

과도한 혈액희석[5,8]은 혈액의 산소운반능력의 저하[4]를 일으키며 조직의 저산소증으로 인한 대사성산증[11,34]이 더욱 심하여지므로 최근에는 적정선의 혈액희석법이 채택되고 있다. 저자들도 역시 30% 정도의 혈액희석을 사용하였으며 과도한 혈액 희석과 2.5% 이상의 충진액을 사용하였을 때 발생하는 적혈구의 용혈현상[15]과 충진액으로서 Hartmann's 용액단독으로 사용하였을 때 속발하는 Hypernatremia를 감안하여 저자들은 45%의 Hartmann용액과 40%의 5% 포도당용액을 사용하여 NaCl농도 0.1~0.3%, 포도당농도는 1~2%사

이에 해당하도록 하였으며 K^+의 부족량에 대해서 충진액전체가 4mEq/L의 농도가 되도록 보완하였다.

1952년 Anderson과 Watson[37]이 200ml/min의 azygos flow의 원칙으로 관류하는 실험에서 개를 살렸다. 그후 여러 학자들의 연구에의한 적정량의 관류량은 최소한 안정시 심박출량이 되어야 한다는 것을 알게 되었고 관류량이 증가하면 산소소모량도 따라서 어느정도 선까지 상승한다는 것을 관찰하여 이선까지의 관류량으로는 조직의 관류가 아직도 미흡한 상태라는 것을 시사해주는 것이며 2~2.5 $L/M^2/min$의 관류량이면 산소소모량이 약 100$ml/M^2/min$이며 기초요구량인 130$ml/M^2/min$에 접근하는고로 이 수치가 관류량의 적정선으로 인정되었다. 저자들의 경우 성인군에서 2.2~2.4$L/M^2/min$ 소아군에서는 2.0$L/M^2/min$로 체외 관류량을 정하여 수술한것도 위의 보고를 참고로 한것이다.

관류시 동맥압은 관류량 및 말초혈관저항에 의하여 좌우되며 관류량이 2.4$L/M^2/min$이면 설사 저혈압이 있더라도 저온하의 조직순환은 충분하다고 생각된다. 본 예에서 부분관류시 저혈압현상은 말초혈관저항이 일시적으로 떨어진 결과로 생각된다.

산화기의 액체를 체외순환시키는 과정에서 pulsatile flow[28]가 대장기혈관에 혈액이 집결되는 것을 방지해주며 조직의 부종을 감소시키고 말초혈관저항을 또한 감소시킨다는 이점이 있으나 우리들이 사용한 roller pump로서도 관류시간이 너무길지 않을 때는 큰 지장이 없을 것으로 생각되었다.

개심술중 무혈조작을 위하여 대동맥을 차단하였을 때 관관류의 중단으로 인한 심장의 허혈성정지시 심장내막하 괴사와 같은 합병증을 방지하기 위해 평온보다 산소소모량이 적은 저온법하에서 개심술을 시행하였을 때의 유리한 점이 이미 많은 문헌에 의하여 인정되고[3,9,39] 있으며 또한 steroid[17]가 심근을 보호한다는 것을 고려하여 저자들은 충진액에 dexamethasone 1mg/kg를 혼합 사용하였다.

체외순환에 있어서 가장 문제가 되는 것은 저온, 혈액희석에 의한 생리적반응[41]으로 일어나는 산염기의 변동전해질 및 유산치의 변화는 항상 관심의 대상이 되고 있다. 1948년부터 동물과 임상실험에있어서 체외순환후 발생하는 산혈증과 유산혈증에 대한 많은 연구가 보고되었다. 그중 산혈증의 원인을 1951년 Dennis[40]는 hyponatremia로, 1952년 Spreng은 enteric organizm에 의한 contamination으로, 1956년 Dennis[42,43]는 CO_2 content의 변화로, Kirklin[44]은 혈액공급의 부족으로, 1956년 DeWall[45]등은 epinephrine 생산과 산소결핍으로 혈중 pH가 하강한다고 하였다. Maloney[46]등은 동물실험에서 체중당 50ml/min와 70ml/min으로 관류하였을때 50ml/min으로 관류한 군에서 더욱 심한 산혈증을 관찰하였다. 1958년 Litwin[47]등은 체중 kg당 50ml/min을 기준으로 50ml/min 이상을 고관류군, 이하를 저관류군으로 구분하여 동물실험한 결과, 저관류군에서 더욱 심한 산혈증이 일어나는 것을 관찰하였으며 산염기평형은 일차적으로 CO_2 함량에 관계된다고 했으며 혐기성대사산물로서 혈중 유산치가 상승되고 혈중 탄산가스의 농도가 올라가며 혈중 bicarbonate 농도가 하강[48]하게 되어 대사성산증이 더욱 심해진다고 하였다. 또한 여기에서 대상성으로 일어나는 호흡성염기증[34]이 생기게 되는 것이다. Bicarbonate의 소모로 인하여 Moore[49]는 THAM (Tris hydroxy metryl ammonicem aminomethune)을 첨가함으로, 혹은 $NaHCO_3$를 첨가함으로 교정하였다.

부족한 bicarbonate에 의한 base deficit는 2.0$L/M^2/min$로 관류하였을 때 4.25mEq/L[48]였다. 저자들의 경우 전관류기간 동안의 base deficit는 성인군에서 1.3 mEq/L, 소아군은 3.77mEq/L로서 만족할만한 결과였으며 bicarbonate을 산화기에 사전 첨가한것과 관류기간 중에 분할 공급한것이 적절한 것으로 해석되었다.

1970년 Ellison[50]등은 체외순환을 시행한 104명의 환자에서 폐를 생검하여 surfactant를 측정한 결과는 체외순환과에 상관성은 인정할 수 없었으며 Ratiff[37]는 생검결과 폐혈관내 중성백혈구가 증가하고 cytoplasmic reticulum, mitochondria, endoplasmic reticulum의 부종변화가 관찰되는 바 이러한 것이 Pulmonary Postperfusions Syndrome[8]의 병리학적 소견이며 그 원인으로 혈장담백의 변성, surfactant의 감소를 들수 있으며 주로 관류시간과 직접 상관관계가 있다. 동종혈액을 사용할 경우 백혈구가 모세혈관과 폐포에 잠입하여 Postperfusion Pulmonary Vasculitis를 일으킨다고 하였으며 Rabelo[51]등은 동종혈액, 자가혈액 및 혈액희석(혈액사용없음)의 3군의 환자에 있어 45~60분간 40~70ml/kg/min로 관류시킨후 폐의 구조변화를 관찰하였으며 결과를 보면 동종혈액군에서 백혈구가 모세혈관 septa 및 폐포에 잠입(migration)하였고 폐포상피세포의 desquamation, 제2형 pneumocyte의 기포형성, 폐포내에 다수의 lamella bodies의 출현등을 관찰했으나 자가 혈액 및 혈액희석군에서는 이러한 변화를 볼 수 없었다고 하였으며 나아가서 용혈의 정도가 아무런 영향을 주지 않았다고 보고하였다. 그리고 Rabelo는 혈액을 6시간동안 Oxygenator를 통과시켜도 중성백혈구나 임파구의 구조적 변화를 초래하지 않았지만[44] 여러 사람에게서 채취한 혈액을 혼합하여 Oxygenator를 통

과시키면 소임파구나 대임파구로 이행하며 대임파구의 일부는 즉각적인 mitosis를 일으키는 것을 관찰하였으며 이것은 한개체의 세포와 다른개체의 세포사이의 homologous reaction이며 이것이 폐의 임파구반응의 중요한 요인이라고 설명하였다. 저자들의 경우에 있어서 X-선 사진상 pump lung과 유사한 음영을 나타낸 예가 있었으나 임상경과는 대체로 양호하였다.

저자들은 5%포도당액, Hartmann용액, mannitol용액 및 소량의 ACD혈액을 주축으로 하여 충진액을 배합하였고 그 기에 관류중에 야기될 수 있는 산혈증을 사전에 교정하기 위하여 bicarbonate을 미리 주입하고, K^+, Ca^+ 및 steroid등을 첨가하여 실시한 혈액희석법을 Bently사 제품인 Temptrol과 같이 사용했을 때는 임상적으로 만족할 만한 결과를 가져올 수 있는 희석법이라는 것이 이 번의 임상관찰 결과에서 확실해 졌다고 볼 수 있는 것이다.

결 론

경북의대 흉부외과에서 1975년 12월부터 1977년 8월까지 저온하 혈액희석법에 의하여 개심술을 시행한 20명의 환자를 대상으로 15세이상의 성인군과 15세미만의 소아군으로 구분하여 혈액희석법에 따르는 임상적인 현상의 변동을 관찰하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 충진액은 신선 ACD혈액, Hartmann용액, 5% 포도당용액과 15% Mannital 용액을 사용하였고 5% $NaHCO_3$, Heparin, $CaCl_2$, 항생제, Vitamin과 Dexamethasone을 보충하였다.

A군의 총충진액은 2,104ml로서 혈액 희석비율은 29.3%이었고 B군의 총충진액은 1515.8ml로서 혈액희석비율은 30.7%이었다.

2. 관류는 2.0~2.4L/M^2/min로 하였으며 A군의 관류량은 2.0L/M^2/min이며 B군의 관류량은 2.2~2.4L/M^2/min이었다.

3. 평균동맥압은 A군에서 평균 75% 이상의 양호한 혈압을 유지했고 B군에서는 A군에 비하여 약간 낮은 수치를 보였으며 특히 부분관류시 저명하게 저혈압의 현상을 보였으나 관류중 비교적 안정된 상태에 있었고 술후 완전히 정상으로 회복되었다.

관류중 체온은 A군에서 30.8±0.7°C B군은 30.5±1.5°C이었으며 관류말기에는 A군은 33.9±1.1°C B군은 34±1.3°C이었다.

4. 혈구성분은 술전에 비하여 술후에 감소하였으나 백혈구수는 술후 A,B군 모두 상승하였다. 관류전, 중 및 후의 혈색소 및 Hematocrit치의 변화는 양군사이에 유의한 차가 없었다. A군의 혈색소의 최저치는 22%이었으며 B군의 최저 혈색소치는 7.9mg%, 최저 Hematocrit치는 22.4%로서 관류종료후 곧 회복되었다.

5. 전해질의 변화는 술후 Cl^+의 심한감소와 Na^+의 경한감소가 있었다.

6. 산염기 평형상태는 대사성산증과 호흡성염기증의 상태가 함께 관류전과 관류초기에 있었으나 관류중, 및 후에 대사성 산증경향이 경하여졌다.

7. 술후 혈중 유산의 량은 관류시간이 경과함에 따라 점차 증가하였다.

8. 술중 및 술후 소변량은 양군 모두 충분하였다.

REFERENCE

1. Gibbon, J.H.: *Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. Minn. Med., 37:171, 1954.*
2. Hepps, S.A., Roe, B.B., Wright R.R., and Gardner, R.E.: *Amelioration of the pulmonary postperfusion syndrome with hemodilution and low molecular weight dextran. Surgery, 54:232, 1963.*
3. Greer, A.E., Carey, J.M., Zuhdi, N.: *Hemodilution principle of hypothermic perfulion. A concept obviating blood priming. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 43:640, 1962.*
4. Neville, W.E.: *Priming the disk oxygenator with lactated Ringer's solution. Transfusion, 6: 392, 1966.*
5. Zuhbdi, N., Carey, J., Sheldon, W., and Greer, A.: *Comparative merits and results of primes of blood ana five per cent dextrose in water for heart-lung machines: analysis of 250 patients. J. Thorac. Cardioasc. Surg., 47:66, 1964.*
6. Neville, W.E. Faber, L.P., and Peacock, H.: *Total prime of the disc oxygenator with Ringer's lactate solution for cardiopulmonary bypass. Dis. Chest, 45:320, 1964.*
7. Zuhdi, N., McCollough, B., Carey, J., and Greer, A.: *The use of citrated banked blood for open-heart surgery. Anesthesiology, 21:496, 1965.*
8. Cruz, A.B. Jr. & Callaghan, J.C.,: *Hemod-*

ilution in extracorporeal circulation: Large or small non-blood prime? J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 52:690, 1966.

9. Hong, P.W., Lee, S.S., Hong, S.N., and Kim, S.W.: *Extracorporeal circulation with hypothermia and hemodilution technique. Yonsei Med. J., 4:58, 1963.*
10. Han, S.S., and Lee, S.H.: *Clinical observation on the acid-base balance in op'n heart surgery under extracorporporeal circulation.* 慶大醫大雜誌 1977.
11. Ballinger, W.F. Ⅱ, Vollenweider, H., Pierlcci, L. Jr., and Templeton, J.Y. Ⅲ.: *Anaerobic metabolism and metabolic acidosis during cardiopulmonary bypass. Ann. Surg., 153:499, 1961.*
12. Clowes, G.H. A., Sabga, G.A., Konitaxis, A., Tomin, R., Hughes, M.B.S., and Simeone, F.A.: *Effect of acidosis on cardiovascular function in surgical patients. Ann. Surg., 154: 524, 1961.*
13. Mellemgaard, K., and Astrup, P.: *Quantitative determination of surplus amounts of acid or base in the human body. Scan. J. Clin. Lab. Invest. 12:172, 1960.*
14. Dewall, R.A., Long, D.M., Gemmill, S.J.,, and Lillehei, C.W.: *Certain blood changes in patients undergoing extracorporeal circulation. J. Thorac. Surg., 37:325, 1959.*
15. Fisk, G.C., Steedman, D.M., and O'connor, M.: *Hemolysis in vitro by dextrose-saline solution, J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 57:857 1969.*
16. Wilson, J.W.: *Treatmentor prevention of pulmonary cellular damage: pharmacologic dose of corticosteroid. Surg. Gynec. Obst., 134: 675, 1972.*
17. Busuttil, R.W., George, W.J., and Hewitt, R.L.: *Protectective effct of methlprednisolone on the heart during ischemic arrest. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 70:955, 1975.*
18. Killen D.A., and Valdes, L.G.: *Correction of the metabolic acidosis associated with use of ACD-preserved blood for cardiopulmonary bypass. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 55:178, 1968.*
19. Wong, K.C., Martin, W.E., Horbein, T.F., Freund, F.G., and Everett, J.: *The cardiovascular effects of morphine sulfate with oxygen and with nitrous oxide in man. Anesthesiology, 38:542, 1973.*
20. Neville, W.E., Colby, C., Peacock, h., and Kronkowski, T.C.: *Superiorty of buffered Ringer's lactate over heparinized as total prime of the large volume disc oxygenator. Ann. Surg. 165:205, 1967.*
21. Litwak, R.S., Wisoff, B.G., and Gadboys, H.L.: *Homologous blood syndrome during extracorporeal circulation in man: The phenomena of sequestration and desequestration. New Engl. J. Med., 268:752, 1963.*
22. Gadboys, H.L., Slonim, R., and Litwak, R.S.: *Homologous blood syndrome. I. Preliminary observation on its relationship to clinical cardiopulmonary bypass. Ann. Surg., 156:793, 1962.*
23. Riddle, P.R., and Borenbaum, M.C.: *Postoperative depression of the lymphocyte response to phytohemagglutinin. Lancet, 1:674, 1973.*
24. Foote, A.V., Trede, M., Maloney, J.V.: *An experimental and clinical study of the use of acid-citrate-dextrose (ACD) blood for extracorporeal circulation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 42:63, 1961.*
25. Sessler, A.D., Taswell, H.F., Moffitt, E.A., and Kirklin, J.W.: *Heparinized versus acid-citate-dextose (ACD) blood for extracorporeal circulation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 42: 93, 1961.*
25. Sessler, A. D., Taswell, H.F., Moffitt, E.A., and Kirklin, J.W.: *Heparinized versus acid-citrate -dextrose blood for cardiopulmonary bypass. Mayo Clin. Proc., 40:859, 1965.*
26. Baue, A.E., Hermann, G., and Shaw, R.S.: *A study of bank blood toxicity. Surg. Gynec. Obstet., 40:1961.*
27. Paton, B.C., and Rosenkrantz, J.: *Non-hemic priming fluids for extracorporeal circulation. Dis. Chest, 48:311, 1965.*
28. Cooley, D.A., Beall, A.C., and Grondin, P.:

Open-heart operation with disposable oxygenator 5 per cent dextrose prime, and normothermia. Surgery, 52:713, 1962.

29. Roe, B.B., Swenson, E.E, Hepps, S.A., and Bruns, D.L.: *Total body perfusion in cardiac operations. Arch. Surg., 88:150, 1964.*
30. Mainardi, L.C., Bhanganada, K., Mack, J.D., and Lillehei, C.W.: *Hemodilution in extracorporeal circulation: Comparative study of low molecular weight dextran and 5 per cent dextrose. Surgery, 56:346, 1964.*
31. Das, J.B., Eraklis, A.J., and Jones, J.E.; *Water and solute excretion following cardiopulmonary bapass with hemodilution. The effects of the osmolarity of the perfusion prime. J. Thorac. Surg., 58:791, 1969.*
32. Gomes, M.M.R., and McCoon, D.C.: *Bleeding patterns after open-heart surgery. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 60:87, 1970.*
33. Meike, J.E., Hunt, J.C., Maher, F.T., and Kirklin, J.W.: *Renal performance during clinical cardiopulmonary bypass with and without hemodilution. J. Thorac. Cardiovac. Surg., 51:229, 1966.*
34. Andersen, M.N., Mendelow, M., and Olsson, G.W.: *Relationship of respiratory alkalosis to metabolic acidosis during extracorporeal circulation. Surgery, 53:730, 1963.*
35. 李聖行, 李成久, 韓承世, 李吉魯, 金松明, 李光淑, 李鍾國: 先天性 心臟病의 開心術, 大韓胸部外科學會誌, 第9卷 第2號, 220 1976.
36. Bigelow, W.G.: *Apparisal of progress in surgical therapy. Surgery, 43:683, 1958.*
37. Andreasen, A.T., and Watson, F.: *Experimental cardiovascular surgery. Brit. J. Surg., 39:548, 1952.*
38. Shepard, R.B., and Kirklin, J.W.: *Relation of pulstile flow to oxygen consumption and other variables during cardiopulmonary bypass. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 58:694, 1999.*
39. Zuhdi, N., McCollough, B., Kimmell, G., Montroy, J., Carey, J., and Greer, A.: *Apparatus for hypothermic Perfusion. Clinical application. Am. Surgeon, 26:446, 1960.*
40. Dennis, C., Spreng, D.S., Nelson, G.E., Karson. K.E., Nelson, R.M., Thomas, J.V., Eder, W.P., and Varco, R.L.: *Development of a pump-oxygenator to replace the heart and lung: An apparatus applicable to human patients, and application to one case. Ann. Surg, 134:709, 1951.*
41. 李聖行: 低溫法에 關한 研究: 第1編, 低溫法時의 生理的 諸變化에 關한 實驗的 研究, 大韓外科學會雜誌, 3:259, 1961.
42. Dennis, C.: *Certain methods for artificial support of the circulation during open intracardiac surgery. S. Clin. N.A., 36:423, 1956.*
43. Kittle, C.F., Aoki, H., and Brown, E.B. Jr.: *The role of* pH *and* CO_2 *in the distribution of blood flow. Surgery, 57:139, 1965.*
44. Kirklin, J.W., Donad, D.E., Hashberger, P.S., Hetzel, P.S., Patrick, R.T., Swan, H.J.C., and Wood, E.H.: *Studies in extracorporealcirculation: Applicability of Gibbon type pump-oxygenator to human intracardiac surgery-Forty cases. Ann. Surg., 144:2, 1956.*
45. DeWall, R.A., Warden, H.E., Gott, V.L., Read, R.C., Varco, R.L., and Lillehei, C.W.: *Total body perfusion for open cardiotomy utilizing the bubble oxygenator. J. Thorac. Surg., 32:591, 1956.*
46. Diesh, G., Flynn, P.J., S.A., Mulder, P.G., Schmutzer, K.J., Longmire, W.P.O and Maloey, J.V.: *Comparison of low (Azygos) flow and high flow principles of extracorporeal circulalation employing an bubble oxygenator. Surgery, 42:67, 1957.*
47. Litwin, M.S., Panico, F.G., Rubini, C., Harkne, D.E., and Moore, F.D.: *Acidosis and lacticacidemia in extracorporeal circulation: The significance of perfusion flow rate and the relatio to preperfusion respiratory alkalosis. Ann. Surg., 149:188, 1958.*
48. Paneth, M., Sellers, R., Gott, V.L., Weirich, W.L., Allen, P., Read, R.C., and Lillehei, C.W.: *Physiologic studies upon prolonged cardiovascular bypass with the pump-oxygenator with particular reference to (1) acid-base balance, (2) siphon caval drainage. J. Thorac. Surg., 34:570, 1857.*

49. Moore, D., and Bernhard, W. F.: *The prevention and treatment of acute metabolic complication with the prolonged extra-corporeal circulation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 45:565, 1963.*

50. Ellison, L. T., and Ellison, R. G.: *Alteration in pulmonary surfactant associated with cardio-pulmonary bypass. Ann. Surg., 10:258, 1970.*

51. Rabelo, R. C., Oliveira, S. A., Tanka, H., Weigl, D. R., Verginelli, G., and Zerbin, E. J.: *The influence of the nature of the prime on postperfusion pulmonary changes. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 66:782, 1973.*

52. Ratliff, N. B., Young, W. G. Jr., Hackel, D. B., Miket, E. M. A., Willson, J. W., and Durhan, N. C.: *Pulmonary injury secondary to entracorporeal circulation. An ulrtastructual study. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 65:425, 1973.*

53. Pretty, H. M,. Fudenberg, H. H., Perkins, H. A., and Gerbode, F.: *Anti-gamma globulin antibody after open heart surgery. Blood, 32: 205, 1968.*