

血稀釋 體外循環에 의한 開心手術**

— 16例 手術經驗 —

柳會性* · 柳英善* · 李正浩* · 金周俱* · 姜政豪* · 張雲夏* · 李弘燮*

=Abstract=

Clinical Experience of Open Heart Surgery under the Extracorporeal Circulation with Partial Hemodilution

— Operation 16 Cases —

Hoe Sung Yoo, M.D., Young Sun Yoo, M.D., Jung Ho Lee, M.D., Ju E Kim, M.D.,
Jung Ho Kang, M.D., Un Ha Chang, M.D., Hong Sup Lee, M.D.

Clinical experience on 16 cases of open heart surgery under the extracorporeal circulation with mild or moderate hypothermia and partial hemodilution technique at the National Medical Center during the period from June 1976 to October 1977. Nine of sixteen were congenital heart disease and seven were acquired heart disease. The age of the patient ranged between 6 and 48 years.

The body weight varied from 18.5kg to 60kg and body surface area 0.79—1.70m². The average priming volume of pump oxygenator was 2080 ml, which was consisted fresh ACD blood, buffered Hartmann's solution, Mannitol, 50% dextrose in water and Vit. C. The average hemodilution rate was 27%.

The average flow 2.3 L/min/m² or 80 ml/min and the duration of perfusion varied from 31 min to 270 min with average of 107 min.

The perfusion was carried out under the mild or moderate hypothermia using core cooling alone in 10 cases, core cooling and local myocardial cooling with 0—4°C physiologic saline in 2 cases.

From a hemodynamic point of view, the blood pressure dropped down around 80 mmHg after the initiation of perfusion followed by increase to safety level and stable during the perfusion. The central venous pressure remained within normal limits. In most cases, hemoglobin and hematocrit decreased during and after the perfusion. Hemoglobin level was decreased, average of 20.6%, hematocrit 18.6%, platelets 55% postoperatively. Plasma hemoglobin increased moderately, from preperfusion average value of 7.79 mg% to post-perfusion value of 54.7 mg%.

Electrolytes changes during cardiopulmonary bypass showed definite hypokalemia but changes of Na, Ca were not definite.

Arterial blood gas analysis during cardiopulmonary bypass suggested that the metabolic acidosis

*國立醫療院 胸部外科

**本 論文은 第9次 大韓胸部外科 學術大會에서 發表되었음.

**本 論文은 1977年度 國立醫療院 臨床研究費 補助로 이루어졌음.

*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, National Medical Center, Seoul.

which was accompanied by respiratory alkalosis which was corrected postoperatively. As the operative complication, transient hemoglobinuria in 4 cases and neurological signs in 2 cases were all cured.

There were 2 death cases and operative mortality rate was 12.5%

緒 論

人工心肺機의 歷史는 이미 1880年代에는 Schroder(1882)는 bubble oxygenator, von Frey와 Grober(1885)는 film oxygenator를 紹介한 바 있으나 1953年 Gibbon에 의하여 臨床導入에 成功한 以來 發展을 거듭하여 왔다. 初期의 心肺機는 多量의 充塡液이 必要하였고 血液成分의 破壞가 顯著하였음은 勿論 Pyrogen의 除去에 큰 難點이 있었으나 DeWall⁹⁾ 등에 의한 Plastic製 酸化器의 開發로 血液의 損傷을 顯著히 減少시켰다.

心肺機의 改良^{5, 17, 24, 30, 54)}, 充塡 및 灌流方法의 改善^{8, 15, 31, 35)}을 爲한 여러 開拓者들의 꾸준한 勞力으로 體外循環을 利用한 開心手術의 罹患率을 低下시켜 주었으며 麻酔法의 發達, 術後患者管理의 改善은 手術手技의 發展과 더불어 手術結果를 顯著히 好轉시키고 있다. 例컨대 體外循環에 低溫法을 導入하여 灌流中 身體重要 臟器의 保護를 講究하였고^{11, 32, 45)}, 空氣, Clots, Calcium 或은 其他 物質에 依한 栓塞을 避하기 위하여 여

러 가지 方法 등이 實施되고 있으며^{7, 14, 43, 46)}, 必要에 따른 大動脈遮斷時 心筋의 anoxic damage를 防止하기 爲한 造作^{12, 33, 50)} 등이 實施되고 있다.

本國立醫療院 胸部外科에서는 Rygg-Kyvsgaard Single head roller pump와 polystan bubble oxygenator를 使用하여 低溫法下에서의 體外循環과 正常體溫에서의 體外循環 및 Core Cooling과 心臟所冷却을 併用한 體外循環 등을 任意로 선택실시하여 經驗한 開心手術 16例에 對하여 實際灌流에 使用된 心肺機充塡液, 血稀釋度, 平均灌流量 및 灌流時間과 手術造作間에 實施한 大動脈遮斷時間 등을 검토하고 이렇게 하였을 때 灌流結果를 血液成分, 血力學的인 關係, 血液의 生化學的 및 酸·鹽基平衡의 變動狀況과 臨床경과에 關하여 檢討하고 文獻考察과 함께 報告코져 한다.

觀察對象 및 方法

1. 對 象

1976年 6月부터 1977年 10月까지 1年 4個月間 國立醫

Table 1. Clinical Materials

Case No.	Sex	Age (yr)	Height (kg)	Weight (kg)	BSA (M ²)	Clinical Dx.	Op. date
1.	F	26	152	40	1.30	Mitral stenosis	6/23 '76
2.	M	15	155	39	1.30	Mitral stenosis	6/30 '76
3.	M	16	162	46	1.40	ASD, secundum	7/22 '76
4.	F	9	121	22	0.83	VSD	10/6 '76
5.	F	10	127	21	0.88	ASD, secundum	1/12 '77
6.	M	9	118	18.5	0.79	ASD, primum	1/26 '77
7.	F	17	156	44	1.37	TOF	2/9 '77
8.	M	6	118	19.2	0.81	TOF	3/2 '77
9.	F	19	166	49.3	1.53	Mitral insufficiency	3/9 '77
10.	M	48	170	56	1.65	Mitral stenosis	3/30 '77
11.	M	22	175	50	1.60	ASD, secundum	6/15 '77
12.	M	25	172	60	170	MS+Thrombus	6/23 '77
13.	M	16	161	43	1.43	TOF+AI	7/13 '77
14.	F	13	153	36.5	1.26	VSD+AI	9/21 '77
15.	F	29	156	47	1.42	MS(+AI)	10/3 '77
16.	F	16	147	42	1.30	PS (Infundibular)	10/12 '77

Table 2. Priming Pump Add, post-pump volume and degree of hemodilution.

Case No.	Body Wt	Calculated Blood Vol.	Hct (%)	Initial Priming				Total Prime	Pump Add		Post-pump Vol.	Loss/Gain	Hemodilution (%)
				W/B	Hartmann pH: 7.4	Mannitol 15%	HCO ₃ 1.3%		W/B	Fluids			
1.	40.0	3200	27.3	800	1000	100	96	1996	800	400	850	+ 800	25
2.	39.0	3120	25.3	800	1200	100	96	2196	—	—	500	+1400	26
3.	43.6	3648	30.7	800	1200	100	96	2196	—	—	700	+1140	23
4.	22.0	1760	24.3	800	1000	60	96	1956	—	500	800	+1650	30
5.	21.0	1680	22.1	800	1000	60	96	1956	400	300	1300	+1350	30
6.	18.5	1480	22.0	800	1000	60	96	1956	400	—	1200	+ 300	30
7.	43.9	3512	27.9	400	2000	220	48	2668	1600	1800	2000	+ 600	36
8.	19.2	1536	27.6	1200	800	60	144	2204	—	—	1400	+1200	26
9.	49.3	3944	19.0	400	1800	250	48	2498	4000	2000	700	+ 300	32
10.	55.0	4480	23.3	1600	800	150	220	2770	800	200	1100	+ 570	16
11.	50.0	4000	25.0	1200	1400	150	150	2900	—	—	1000	+1000	24
12.	60.0	4800	29.5	800	1800	180	100	2880	1600	1000	1500	+ 930	27
13.	43.0	3440	27.4	—	3000	80	—	3080	1600	2000	1000	+2080	46
14.	36.5	2920	24.7	1600	700	200	190	2690	800	500	600	+1570	23
15.	47.0	3760	24.4	1500	800	200	160	2660	900	600	1400	+2190	20
16.	42.0	3360	26.7	800	1000	150	100	2050	400	340	2000	+ 520	23
Average:			25.45	668.7	1118.7	132.5	108.5	2416	831.2	602.5	1128.1	1169.5	27

療院 胸部外科에서 施行한 體外循環下 開心手術 16例를 對象으로 心肺機灌流原則과 實際使用方法, 灌流前, 灌流中, 灌流後와 術後의 生體變動 즉 血力學的 變動狀況, 電解質 및 血液成分의 檢査所見, 酸·鹽基平衡과 手術後의 臨床經過에 對하여 檢討하였다. 症例를 疾患別로 區分하면 先天性心臟疾患이 9例로서 2次型 心房中隔缺損症 3例, Fallot 4症候群 2例, 單純 心室中隔缺損症 1例, 1次口型 心房中隔缺損症 (incomplete A-V cushion defect) 1例, Fallot 症候群과 大動脈瓣膜不全症을 合併한 例가 1例, 그리고 心室中隔缺損症과 大動脈瓣膜不全症을 合併한 例가 1例였으며 後天性心臟疾患은 7例로 승모판막 협착증 5例(이 중 1例는 승모판막 협착증결 거대한 좌심방혈전증 1例), 승모판막 不全症 1例, 섬유성 유착輪에 依한 肺動脈과 右心房流出部(out flow tract)의 교약성 협착증이 1例로서 총 16例였다.

性別은 男女 各 8例로서 同數였고 年齡別分布는 最年少 6세, 最高齡이 48歲였으며 體重은 最少 18.5 kg 부터 最高 60 kg 로서 平均 39.6 kg 였고 體表面積은 最少 0.79 m² 에서 最高 1.70 m² 로서 平均 1.28 m² 였으며 觀察期間은 最短 手術後 1個月부터 1年 5個月로 短期間이지만 全例에서 觀察할 수 있었다(表 1).

2. 方 法

灌流原則 및 心肺機充塡: 使用한 心肺機는 Rygg-Kyvsgaard mark IV型으로 single head roller pump, oxygenator는 bubble형으로서 polystan製 PVC film으로 된 낭형이며 內部에 polypropylene 섬유에 얽은 silicone antiform膜을 입혀서 debubbling을 도모하는 장치와 여과장치(180 μ)가 되어 있다. 여기에 cordiotomy reservoir 로서는 Bentley Q-120형으로 容量이 1500 ml이며 이 reservoir로부터 酸化器에 血液이 流入되는 線에 여과기(Bentley PF-427)를 장치하였으나 pump로부터 患者에로 박출되는 動脈線에는 여과기를 부착하지 않았다. 灌流時 溫度調節을 위한 熱交換器(heat exchanger)를 動脈線에 附着시켜 灌流中 體溫을 任意로 調節할 수 있도록 하였다.

心肺機의 充塡(Priming)은 部分血稀釋으로 20~30% hemodilution을 原則으로 하여 推定 Hematocrit를 20~30% 되도록 하였으며 充塡에 使用된 液體는 pH 적정된 balanced Hartmann液에 15% mannitol을 體重 kg 당 3~5 ml 混合하였으며 5% 포도당液 30~50 ml 그리고 5% vit. C 20 ml을 添加하였다.

ACD 血液은 採血 3日 以內的 新鮮한 血液을 100 ml

Table 3. Flow Rate, Duration of Perfusion & Aortic Cross Clamp Time

Case No.	Diagnosis	Flow Rate		Perfusion Duration (min.)			Aortic Occl. Time (min.)	Minimal Temp. (°C)	
		L/min/m ²	ml/min/kg	Partial Before	After	Total Bypass Pump time			
1.	MS	2.1	78	3	18	59	80	13	32.4
2.	MS	2.1	80	3	56	62	121	0	32.2
3.	ASD, S	2.4	73	4	16	11	31	0	36.5
4.	VSD	2.4	90	2	7	35	44	11	34
5.	ASD, S	2.4	100	4	12	27	43	0	36.4
6.	ASD, P	2.5	102	3	30	87	120	11	33
7.	TOF	2.1	75	5	18	162	185	61	30.2
8.	TOF	2.4	100	5	23	90	118	35	30.4
9.	MI	2.1	74	5	20	245	270	83	30.3
10.	MS	2.4	70	3	17	58	78	31	35.5
11.	ASD, S	2.4	76	4	19	26	49	12	36.0
12.	MS	2.2	68	3	10	87	100	12	30.8
13.	TOF+AI	2.2	79	9	14	184	217	54	30.0
14.	ASD+AI	2.3	74	4	30	89	123	67	27.9
15.	MS	2.1	72	4	45	66	115	50	29.5
16.	PS	2.3	74	2	5	26	33	18	32.1
Average		2.3	80.3	3.9	21.8	82.1	107.9		

當 Heparin 600 units, 10% CaCl₂ 1 ml 그리고 1.3% Bicarbonate 를 12 ml 를 添加하여 conversion 시켰다. 이렇게 하여 使用된 充塡液 容量은 酸化器의 크기에 따라 差異가 있으나 平均量은 全血이 668 ml, Hartmann 液이 1118 ml, mannitol 132 ml 그리고 bicarbonate 용액이 108 ml 였으며 實際이런 充塡液으로 全身灌流하였을 때 血液의 稀釋比率는 體重kg 당 80 ml 로 計算한 患者의 總血量과 充塡液總和에 對한 比血液性充塡液의 百分比로 計算하여 最少 1%에서 最高 46%로서 平均 血稀釋率은 27%였으며 이 때의 Hematocrit 値는 最少 19%에서 最高 30%로서 平均 25.45%였다(表 2).

手術方法 및 心肺機運營: 患者는 手術 1時間 前에 麻酔前處置로서 Atropine 0.01 mg/kg, Pethidine 1.0 mg/kg 를 皮下注射하고 아울러 末梢血液循環을 好轉키 爲하여 Promethazine 과 chlorpromazine 을 各各 0.3 mg/kg 씩 同時에 筋肉注射하며 이는 術中 或은 灌流中에 必要에 따라 反復使用하였다. 麻酔는 2.5% Thiopenthal 과 Pancuronum 으로 誘導하여 術中(完全灌流前)에는 N₂O 와 O₂ 의 混合 gas 麻酔를 하였으며 心肺機가 稼動하여 體外循環이 始作되면 Halothane 을 酸化器內로 流入시켰으나 最近에는 morphine 과 筋肉弛緩劑를 使用하여 維持시켰다.

開胸은 16例中 15例에서 正中胸骨切開術을, 2次口型 心房中隔缺損症 1例에서 右側開胸術을 施行하였다. 動脈 및 靜脈의 插管前에 Heparinization 을 하며 體重kg 당 350 units 의 Heparine 을 右心房에 直接 注入하였으며 每時間當 初回量의 半量을 追加 注入하였다.

動脈 Cannula 는 症例에 따라서 上行大動脈 或은 股動脈에 插入하였으며 이 때 利用한 Cannula 는 Polystan 製 Stainless steel 로서 症例에 따라 測定한 灌流量에 附合하는 口徑의 것을 선정 使用하였으며 靜脈 Catheter 는 역시 Polystan 製 90° 角이진 PVC 管을 右心房을 通하여 上·下空靜脈에 5~9 mm 의 극합한 구경을 선정하여 插入하였다. 靜脈血의 心肺機로의 流入은 Siphon drainage 에 依하여 心肺機의 酸化器로 流入되며 그 高差는 最少 60 cm 가 되도록 하여 drainage 를 원활히 하였고 Cardiotomy Sucker 로부터 reservoir 까지 血液의 移送는 心肺機에 附着된 vacuum suction 或은 별도의 pump 로 박출시켜 주었다. 插管이 끝나고 心肺機가 稼動되어 體外循環이 始作되면 먼저 中心靜脈壓(CVP)와 血壓을 monitoring 하면서 血流量을 서서히 增加시키면서 CVP 가 15 cmH₂O 에 達할 때 靜脈血을 서서히 酸化器로 流入시켜 充塡液과의 充分한 混合이 되도록 한 후 Fall flow 에 達하면 上·下空靜脈에 들리

Table 4. Operative finding, Procedure, Complications

Case No.	Cinical Diagnosis	Operative finding	Procedure	Complication	Result
1.	M.S(NYHA III)	tight, fair mortility	Commissurotomy	(-)	good
2.	M.S(# III)	Tight, Fair mortility	Commissurotomy	Hemoglobinuria (Electric off during ECC)	good
3.	ASD, secundum	Central	Direct closure	(-)	good
4.	VSD	Kirklin type I	Direct closure	(-)	good
5.	ASD, secundum	Central	Direct closure	(-)	good
6.	ASD, Primum	Endocardial cushion defect mitral cleft	Tetlon patch Mitral valvuloplasty	Hemoglobinuria CNS sign	good
7.	T. O. F	PS+Infund. stenosis (AO/PA=3.5/2 cm) VSD(I)	Tetlon patch valvulotomy Infundibulectomy	Bleeding	good
8.	T. O. T	VSD(I) Infund. stenosis	Tetlon patch Infundibulectomy	(-)	good
9.	M.I(NYHA IV)	Annular dilatation pure MI, (-) TI.	Starr-Edward ball valve replacement	Acidosis (metabalic) Hemoglobinuria	death
10.	M.S(NYHA III)	Tghit, mortility poor	Commissurotomy, valvulo plasty, Annuloplasty	(-)	good
11.	ASD, secundum	No lower margin	Direct closure	(-)	good
12.	M.S(NYHA III)	LA Thrombus (40 gm) Tight, Fair mortility	Commissurotomy Removal thrombi	Hemoglobinuria CNS sign	good
13.	T. O. F+AI(I)	Subaortic supracristal VSD P.S(bicuspid), Rudimentary Rt. C.C.	Valvulotomy (PS) Direct closure VSD	Patch disruption	death
14.	VSD+AI	VSD(I), prolapsing Lt. C.C	Direct closure VSD valvuloplasty	(-)	good
15.	MS+AI(I) (NYHA III)	Tight, fair mortility AI(-)	Commissurotomy Aortotomy	(-)	good
16.	P.S Infund	Fibrotic band bonstriction of Rt. out flow tract	Removal of constrictive band Rt. ventriculotomy	(-)	good

는 Tape 를 조여서 完全灌流에 들어간다. 이 때까지의 所要되는 部分灌流時間은 最短 2分에서 最長 9分, 平均 4分이었다.

灌流量은 體表面積當 2.1~2.5L/m²/min. 體重 kg當 68~102 ml/min. 이 平均 80.3 ml/min. 로서 比較的 높은 灌流量을 維持할 수 있었고 이 때의 酸素는 灌流量의 1.5~2.0倍로 流入시켰다. 症例에 따라서 身體冷却이 必要할 때는 體外循環開始時 心肺機에 附着된 熱交換器에 0~4°C의 冷水를 循環시켜 體溫이 30~32°C 가 될 때 冷却을 中止하여 術中 最低 27.9°C에서 32.4°C 까지 維持시킬 수 있었다. 總 16例中 4例는 冷却法을 利用하지 않았으나 充液液의 灌流로 因하여 術中 體溫이 최저 34°C까지 自然下降하였고 Core Cooling 單獨 施行例가 10例였으며 Core Cooling 및 0~4°C의 Hartmann 용액을 心臟表面에 흘려서 局所冷却을 併行한 例가 2例였다. 灌流時間은 體外循環初期와 末期의 部分灌

流時間이 最短 7分에서 最長 59分으로 平均 25.8分이었고 總灌流時間은 最短 31分에서 最長 270分으로 平均 107分이었다. 開心手術中 必要에 따라 施行한 大動脈起始部의 遮斷은 15分 차단 후 5分解除하여 冠狀動脈의 灌流를 도모하는 方法을 原則으로 하여 必要時마다 이와 같은 方法을 反復하였으며 Core Cooling 및 局所冷却을 併行한 例에서 最長 單一遮斷을 35分까지도 施行하였다 (表 3).

灌流中 血力學的 狀況을 觀察하기 爲해서 體外循環前에 장치한 감시장치로서 術前, 灌流中, 灌流後, 術後의 心電圖, 動脈壓, 中心靜脈壓 및 體溫을 관측하였고 아울러 各 時點에서의 血液成分의 檢査, 電解質과 血液 Gas 分析을 實施하였으며 特히 灌流中에는 必要에 따라 15~30分 間隔으로 以上の 檢査를 反復하여 그 때 그때의 必要한 교정을 하도록 勞力하였다.

開心手術은 表 4에서와 같이 僧牙瓣膜狹窄症 5例中 2

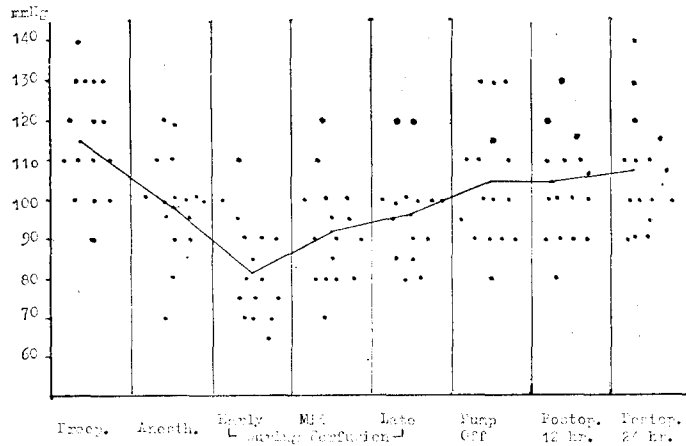


Fig. 1. Changes of Arterial Mean Pressure

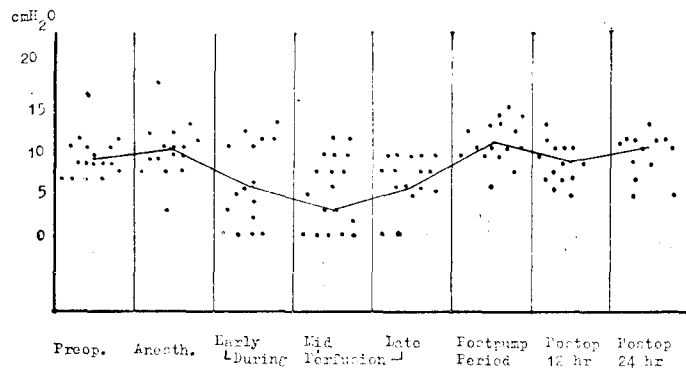


Fig. 2. Changes of Central Venous Pressure

例에서 瓣膜切開術, 巨大한 左心房血栓을 同伴한 例는 血塊除去 및 瓣膜切開術을, 瓣膜이 甚히 變形되고 瓣膜의 運動이 거의 消失된 例에서 瓣膜切開 및 瓣膜成形術을 施行하였으며, 術前 승모판막협착증 및 大動脈瓣膜不全症으로 診斷된 例는 승모판막 및 試驗의 大動脈切開術을 施行하였다. 2次口型 心房中隔缺損症 3例와 心室中隔缺損症 1例는 各各 右心房切開 或은 右心室切開를 하여 直接縫合하였고 1次口型 心房中隔缺損症 1例는 Teflow Patch를 利用한 缺損部縫合 및 승모판막 口烈部の 成形術, Fallot氏 4症候群 3例中 2例는 Teflon patch를 利用한 心室中隔缺損部の 縫合 및 右心室流出部の infundibulectomy, 나머지 1例는 VSD의 直接縫合 및 肺動脈瓣膜切開術, 心室中隔缺損症과 大動脈瓣膜不全症을 合併한 例에서 缺損部の 直接縫合 및 大動脈瓣膜(LCC) 成形術, 승모판막부전증 1例에서 Starr

Edward ball valve 對置術을 施行하였으며 術前 肺動脈狹窄症(infundibular)으로 診斷된 1例는 手術所見上 纖維性 輪(Band)에 依하여 右心室流出部가 교약된 例로서 이를 除去後 內因性狹窄 및 其他 畸形有無를 알기 위하여 右心室試驗切開術을 施行하였으나 正常으로 判명했다.

以上의 手術이 끝나고 心臟 및 大動脈의 切開創의 縫合은 二重連續縫合을 하였으며 이 때 空氣栓塞을 막기 위한 勞力으로 肺內壓을 上昇시켜서 左心房으로 血液의 流入을 도모하고 左心室 Vent를 通하여 空氣를 除去하며 大動脈頂部에 Needle vent(18 gauze)를 하였다.

心內手術이 끝나면 低溫法을 施行한 例에서는 加溫을 始作하여 體溫이 34°C 정도 될 때 D.C shock(10~15 fowl)를 加하여 心室細動을 消失시키고 正常心臟박동이 回生되면 이어서 左心室 vent를 除去하여 體外循環終

Table 5. Result; Hemogram (Within 36 hrs)

	Pre-op.	Early-perf.	Mid-perf.	Late-perf.	Post-op.
Hgb(gm%)	14.3 (11.6-18.2)	9.4 (5.0-12.0)	8.7 (5.9-12.0)	9.3 (6.6-13.1)	11.35 (10.0-13.4)
Hct(%)	42.5 (34-52)	29.2 (16-39)	26.4 (19-38)	28.2 (22-38)	34.6 (30-43)
Platelets (10 ⁴ /cmm)	19 (15-28)	10 (3.3-18.8)	5.2 (3-10.2)	5.9 (0.7-13.2)	8.7 (3.2-16.4)
Plasma Hgb (mg %)	7.79 (0-16.4)	35.64 (4-97)	65.39 (10.6-174)	95.65 (21.4-190)	54.72 (7.6-130.7)

Table 6. Result: Serum Electrolytes. (Range & Average)

	Preop.	Early-perf.	Mid-perf.	Late-perf.	Post-op.
Na (mEq/L)	140.6 (136-145)	133.1 (125-140)	132.1 (125-140)	135.3 (127-142)	138 (132-145)
K (mEq/L)	4.4 (3.8-5.1)	3.5 (2.8-4.3)	3.3 (2.7-3.9)	3.2 (2.5-4.1)	4.0 (3.7-4.4)
Cl (mEq/L)	105 (102-115)	102 (97-106)	104 (98-107)	104 (100-117)	101 (94-104)
Ca (mEq/L)	4.6 (5.5-4.9)	4.5 (3.8-5.4)	4.6 (4.4-5.3)	4.3 (3.6-4.8)	4.6 (4.3-5.2)
Total protein (gm %)	7.0 (5.7-8.3)	5.4 (4.0-6.6)	4.2 (3.3-5.3)	4.9 (4.4-5.4)	5.4 (5.9-6.1)

Table 7. Arterial Blood Acid-Base Balance (Average & Range)

	Pre-perf.	Early-perf.	Mid-perf.	Late-perf.	Post. op
pH (units)	7.380 (7.28-7.52)	7.374 (7.22-7.49)	7.398 (7.30-7.52)	7.410 (7.25-7.59)	7.400 (7.30-7.51)
PCO ₂ (mmHg)	34.3 (22.0-55.5)	28.9 (18.5-45.0)	26.5 (14.0-32.5)	28.3 (15.5-50.0)	34.6 (23.6-46.0)
Standard Bicarb. (mEq/L)	22.1 (16.7-26.2)	18.4 (14.2-22.6)	19.3 (15.0-23.9)	19.1 (12.0-25.0)	24.2 (15.3-35.0)
Actual Bicarb.	19.2 (13.8-23.4)	15.7 (13.2-19.1)	16.7 (14.7-19.2)	18.1 (8.0-21.6)	22.4 (12.7-29.8)
Total Bicarb. (mEq/L)	21.0 (18.8-24.3)	18.0 (15.3-23.2)	17.1 (15.6-19.8)	18.2 (14.2-20.6)	21.8 (13.4-27.7)
Base Excess	-3.6 (-8.5~+4.6)	-6.3 (-10~-2.3)	-5.9 (-11.5~-1.2)	-5.7 (-18.4~+1)	-1.2 (-12.7~+3.2)

結時까지의 Intake, output 平衡을 取한다. 이 때 心臟의 緊張스런 過膨脹으로 因한 心筋損傷의 위험을 피하기 위하여 CVP는 15 cmH₂O 以上 上昇시키지 않는다.

尿量은 術前 미리 挿入된 indwelling catheter로 灌流前, 灌流中, 術後로 나누어 時間當 배설량을 測定하였고 術後 drain을 通하여 배출된 出血量도 每時間當 drain 되는 量을 測定하였다.

觀察 結果

血力學的 變化: 動脈壓은 麻醉導入後 Seldinger 法으

로 요물동맥을 천자하여 cannula를 挿入하고 水銀血壓器에 連結하여 收縮기 血壓을 계속 감시하였으며 術前, 麻醉後, 灌流中, 灌流後 및 術後等의 各 時點에서 16例의 平均値를 내어 體外循環에 따른 動脈壓의 變化를 觀察하였다. 術前 平均 血壓이 115 mmHg 이던 것이 麻醉後 100 mmHg 이었으며 體外循環開始後 80 mmHg 로 급격히 下降하였다가 灌流가 繼續됨에 따라 차츰 上昇하여 灌流中期에는 90 mmHg, 末期에는 95 mmHg로서 安全한 血壓을 維持할 수 있었다(圖 1).

中心靜脈壓도 動脈壓과 같이 各 時點에서의 平均値를

圖示하였으며 症例에 따라서 多少의 差異는 있었으나 大體의 傾向은 灌流時間이 經過함에 따라 下降하였으며 灌流後 적정선으로 維持하기 爲하여 心肺機에 있는 血液을 Pumping 해 줌으로서 血壓와 比例하여 上昇되었다. 灌流中 기계적 或은 末梢血管의 收縮으로 인한 靜脈壓의 上昇을 볼 수 있었으며 後者의 경우에는 Chlorpromazine 및 Promethazine의 注入으로 末梢血류를 改善하려고 노력하였다(圖 2).

灌流中에 體溫의 감시는 Two channel Telethermometer로 直腸 및 食道內 溫度를 繼續 관찰하였으며 心肺機에 附屬된 熱交換器로 灌流中의 體溫을 任意로 調節할 수 있었으며 術後의 體溫은 차츰 上昇하여 38°C 以上 될 때는 alcohol, fan cooling 或은 oxygen tent를 利用한 surface cooling을 實施하였다. 이 때 解熱劑의 投與는 別效果가 없는 것으로 판단되었다.

血液學的 變化: 血液成分의 變化 역시 各 時點에서의 平均値를 算出하여 觀察하였으며 血色素値는 灌流前 14.3 gm%였으나 灌流中 8.7 gm%까지 減少하였다가 術後에는 11.3 gm%로 上昇하였으나 術前보다 3.0 gm%가 減少하였고, Hematocrit는 術前 42.5%에서 灌流中 26.4%로 減少하였으며 術後에는 34.6%로 正常範圍였으나 1例(症例 9)에서는 術中最低 血色素値가 5.0 gm%, Hematocrit는 16%로서 過稀釋의 所見을 보였다. 혈장혈색소치는 術前 平均 7.79 gm%였으나 灌流初期에 35.6 gm%, 灌流中期에 65.3 mg% 그리고 灌流末期에 95.6 mg%로 灌流時間이 經過함에 따라 增加하였으며 術後에도 54.7 mg%로 상당히 增加되었음을 볼 수 있었다(表 5).

電解質의 變化: 全例에서 術前, 灌流中, 灌流後 및 術後의 Na^+ , K^+ , Cl^- 値를 檢査하였으나 Ca^{++} 및 혈장총 단백질양은 各 各 9例 및 11例에서 檢査하였다(表 6).

Na^+ 는 術前 平均 140.6 mEq/L에서 灌流中에는 132.1 mEq/L, 術後에는 138 mEq/L로 약간의 變動이 있었고 K^+ 는 術前 4.4 mEq/L에서 灌流中에는 各 各 3.5~3.3~3.2 mEq/L로서 灌流時間이 經過함에 따라 減少하였다가 術後에는 4.0 mEq/L로 上昇하였다. 灌流中 KCl의 注入으로 低血 Kalemia를 교정하려 노력하였으나 즉각적인 檢査結果를 알 수 없는 關係上 애로가 많았다. 그 외 Ca^{++} 및 Cl^- 는 아주 微細한 變動을 보였으나 혈장총단백량은 상당한 變動을 보여서 術前 平均 7.0 gm%에서 灌流中에는 4.2 gm%였고 術後에도 5.4 gm%로 減少한 狀態였다.

血液 gas 分析結果: 灌流前의 pH는 症例別로 差異가 많았으며 pH가 7.45 以上으로 열기성범위에 있었던 例

가 3例였고 7.35 以下로 酸性範圍에 있었던 例가 4例였는데 이는 麻酔後에 採血檢査한 關係上 麻酔自體의 영향으로 풀이되며 그 범위는 7.28~7.52, 平均値는 7.380 이었다. 灌流初期에 平均 7.374로 輕한 減少를 보였으나 灌流가 계속됨에 따라 차츰 上昇하여 平均 7.398, 7.410으로 되었다며 術後에는 7.460으로 正常이었다(表 7).

이미 灌流前 PCO_2 가 正常 미만인 例가 2例 있었으나 平均値는 34.3 mmHg였고 灌流中에는 全體的으로 減少하는 傾向이어서 灌流中期 및 後期의 平均値는 各 各 26.5 mmHg, 28.3 mmHg였고 術後에는 34.6 mmHg로서 그 후 계속 上昇하는 傾向이었다. 이와 같이 體外循環中에는 呼吸性鹽基化(Respiratory alkalosis)를 나타내고 있었으나 신속한 檢査結果에 따른 적시의 교정이 이루어지지 못하는 점은 앞으로 시정되어야 할 것이다.

Standard bicarbonate는 16例中 4例에서 術前에 이미 正常보다 낮은 所見을 보였고 平均値는 22.1 mEq/L였으나 灌流中 더욱 減少하는 傾向을 보였으나 術後 多少 上昇하여 24.2 mEq/L였으며 Actual bicarbonate도 같은 傾向이어서 體外循環에 依한 代謝性酸症의 양상을 보였는데 이는 灌流中 적절한 열기의 投與로 교정이 必要할 것이다.

Base excess는 灌流前 $-8.5 \sim +4.6$ mEq/L로서 症例에 따라 甚한 差異가 있었으나 平均値는 -3.6 mEq/L로 허용범위보다 약간 낮은 Base를 보였고 灌流中 더욱 減少하였다가 術後에는 -1.2 mEq/L로 正常범위내에 있었는데 이는 術後 신속한 교정으로 因한다고 生覺된다.

血液凝固, 尿量 및 出血量: 體外循環이 끝나고 動·靜脈 Cannulae를 除去하고 Protamin 中和後 혈액응고에 對한 檢査로서 出血時間 및 凝固時間을 測定하였으나 全例에서 正常 허용범위에 있었는데 이는 Heparine에 對한 Protamin의 中和가 적절하였음을 말해 준다.

術後 24時間 동안의 尿量은 最少 918 ml에서 最高 3476 ml로서 平均 1672 ml의 충분한 量이었으며 特別히 빈뇨를 보인 例는 없었다.

出血量은 最少 160 ml에서 최고 3100 ml로서 平均 817 ml였고 이 중 1例는 術後 不完全 止血로 因한 出血例로서 再開胸하여 完全止血하였다. 血液凝固異常으로 因한 出血例는 없었으며 止血을 目的으로 特別한 藥劑를 使用한 例는 없었다(圖 5).

合併症: 體外循環의 合併症으로 一過性인 Hemoglobinuria를 보인 例가 4例, 一時的인 뇌신경계통의 장애例를 經驗하였으나 術後 2~3日 以內에 이들 症狀이 完

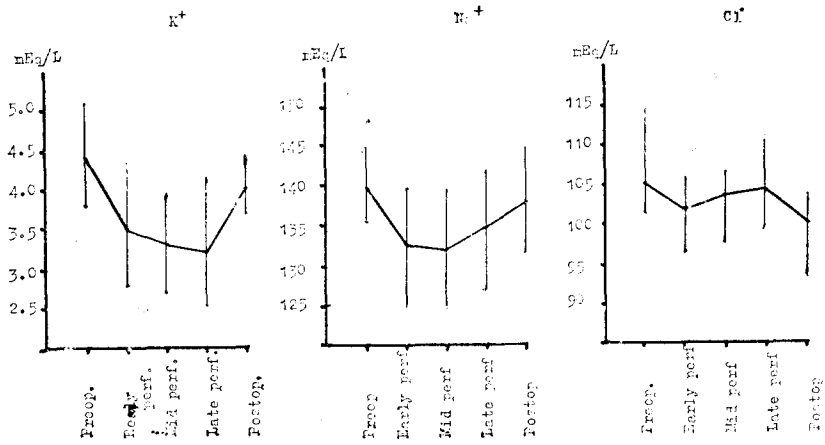


Fig. 3. Changes of Serum Electrolytes (K, Na, Cl)

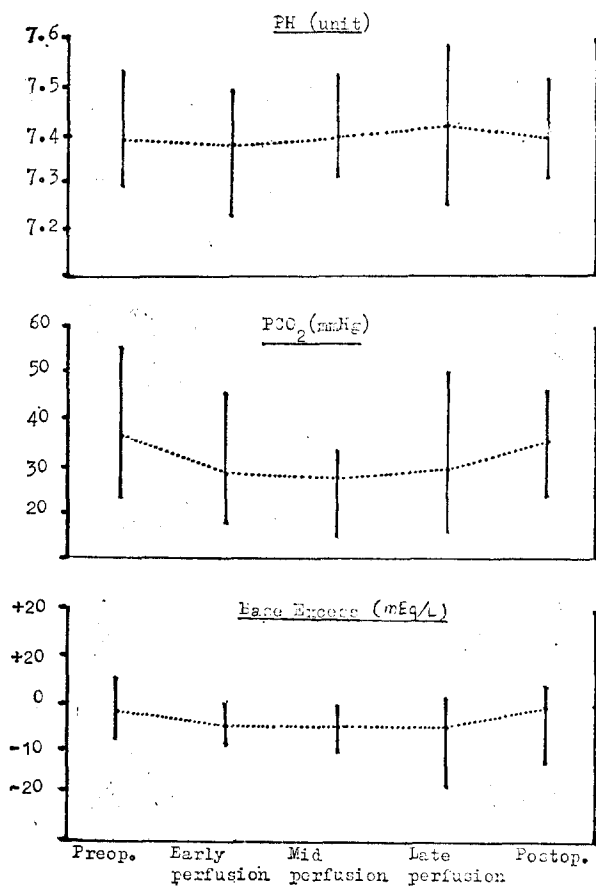


Fig. 4. Result; Arterial Acid Base Balance

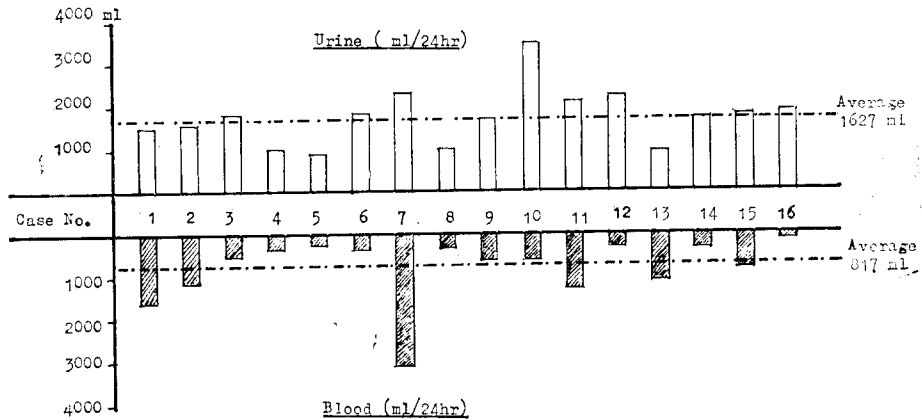


Fig. 5. Urinary Output & Chest Drainage

全消失되었으며 16例手術中 2例의 死亡例가 있었다(表 4 참조).

死亡例中 1例는 術前狀態가 NYHA 症狀分類 IV群에 해당하고 左心機能이 不良한(LVEDP 20mmHg) MI患者(症例 9)로서 過度한 血稀釋에 依한 酸血症과 術中 豫期치 않은 失血에 對한 不充分한 輸血 및 灌流液의 組織內 저류로 因한 體外循環運營의 곤란 등으로 術後 回復치 못하였고 나머지 1例는 Fallot 4症候와 大動脈瓣膜不全症을 合併한 患者로서 오랜 酸素缺乏으로 因하여 心筋의 軟弱, 大動脈瓣膜不全으로부터의 Jet 血流에 依한 Patch의 이탈로 術後 12時間에 死亡하였다.

考 按

文獻上으로 考察해 본 體外循環下의 開心手術手技는 지난 20年 동안에 실로 經이적인 發展을 하였다고 하겠다. 이에 比하여 心肺機 그 自體의 改善은 人體의 心臟과 肺臟의 生理에 가장 가까운 理想의인 기계가 되기에는 아직도 많은 問題點을 지니고 있다.

Galletti¹⁶⁾는 理想의인 pump가 갖추어야 할 조건으로 첫째 flow는 circuit內에서 壓力에 關係없이 5L/min까지 排出할 수 있어야 하고 둘째 박동에 따른 박출량을 즉각적이고 쉽게 알 수 있는 장치가 되어야 하며 셋째 pumping으로 因한 血液內의 渦流現象, 氣泡나 clots 形成이 없음을 勿論 血液의 損傷을 最少로 줄여야 하며 넷째 日常使用時 自動作動이 되며 電原事故時에는 手動으로 作動이 되어야 한다고 하였다. 初期에 multiple finger pump(sigma motor)가 많이 使用되었으나 血液의 損傷이 甚한 關係로 거의 使用되지 않으며, Dale과 Schuster는 pulsatile flow를 維持할 수 있는

reciprocating pumps(ventricle, piston bar compression, diaphragmatic)를 開發하였으며 Nunn¹⁰⁾ 등의 報告에서 다른 어떤 형태의 pump보다 hemolysis를 減少시킬 수 있다고 하였으나 Iijima²²⁾ 등은 모든 종류의 reciprocating pump가 그렇지는 않다고 반론을 제기하였다. 原理는 人體生理에 가까우나 기계의 복잡함과 소독의 난점 그리고 造作過程에서 불결의 기회가 많은 관계로 使用를 기피하고 있으며 DeBakey에 依하여 고안된 Roller pump는 형태가 간소하고 견고하며 血液損傷面에서도 좋은 roller pump는 그 어떤 형태의 pump보다 좋아서 現在 凡世界的으로 愛用되고 있다.

Gas 交換器로서의 人工肺는 每分當 5L의 靜脈血을 酸化시켜 最少 酸素포화도를 95% 維持시킬 수 있어야 하고 動·靜脈의 산소함량차를 6vol%를 초과해서는 안되며 體內산소요구(oxygen requirement)를 300ml/min. 이상 공급할 수 있어야 하는 동시에 CO₂를 적절히 除去해서 respiratory acidosis나 respiratory alkalosis를 피하도록 해야 한다.

Film, Bubble 및 membrane型 酸化器가 거의 同時에 開發되어 臨床에 使用되고 있으나 rotating disc(Kay-Cross), rotating cylinder(Merlose), vertical screen(Gibbon) 등과 같은 Film oxygenator는 比較的 두터운 血液膜이 순간적으로 酸素와 接하는 關係로 不充分한 酸化로 反復의인 酸素의 노출이 필요하며 多量의 充塡液을 必要로 하는 단점이 있고 Bubble oxygenator는 microbubble에 依한 空氣栓塞 및 血球의 파괴가 甚한 등 理論上의 단점을 가지고 있으나 少量의 充塡으로도 可能하며 간소하고 경제적인 理由에서 많이 使用된다. membrane 酸化器는 前記한 酸化器와는 달리 Plastic膜을 통한 permiability에 依하여 酸化가 이

무어지는 關係로 血液과 酸素의 直接 접촉에서 오는 혈장단백의 Denaturation⁵⁾이 없는 가장 生理的이라고 하였으나 비경제적이어서 널리 보급되지 않고 있으나 單時間이 消要되는 開心手術 보다 非手術患者의 長時間동안 respiratory assist에 使用될 수 있는 未來의 酸化器라고 하겠다.

心肺器充塡液으로 初創期에 全血을 使用하였으나 multiple donor에 依한 多量血液充塡으로 因한 homologous blood seaction, serum hepatitis, post-perfusion lung syndrome 등과 같은 위험한 合併症을 經驗하였으며 그 후 여러 학자들에 依하여 非血液性溶液을 充塡하여 血稀釋體外循環을 實施하여 全血充塡으로 因한 여러 合併症을 減少시키는 勿論 血液의 粘調度를 低下시켜 末梢灌流를 好轉시키고 出血경향 및 血管內凝固를 低下시키는 利點이 있다고 報告하였다. 이러한 充塡液으로서 는 5% 포도당용액^{54, 8, 38, 9)}, Low Molecular Weight Dextran^{31, 52)}, Ringer's lactate^{20, 39)} 등 學者들에 따라 各已 다른 溶液을 使用하고 있다. 血液以外的 溶液을 充塡하므로서 血稀釋이 되며 이 때의 酸素운반능력의 減少를 우려하였으나 Hirsch²⁰⁾ 등의 報告에 依하면 全血을 使用하지 않은 大量血稀釋法에 따라 實施한 體外循環結果 酸素소모량은 1.2~3.3 cc/kg/min.로서 全血을 充塡하였을 때와 遜색이 없다고 하였다. Senning⁴⁸⁾, Housman²¹⁾ 등의 報告에서도 같은 所見을 나타내었다. Albrechtsen¹⁾ 등은 Disc oxygenator와 bubble oxygenator에 全血을 充塡하여 體外循環을 實施한 群과 Rheomacrodex 그리고 Ringer's lactate 溶液 등을 各 各 2000~3000 cc 充塡하여 血稀釋體外循環法을 實施한 群을 比較한 實驗에서 血力學的인 變化, 血液成分 및 生化學的 變化, 腎機能, 出血量 그리고 血漿蛋白의 denaturation 등을 관찰한 結果 Rheomacrodex, Ringer's lactate, 全血의 順으로 血稀釋에 依한 體外循環이 優秀하였다고 報告하였다.

이러한 充塡液들도 各已 長短點이 있어서 5% 포도당용액은 心筋의 代謝에 利點이 있다고 하나 血液內電解質을 稀釋시키는 結점이 있으며 Neville³⁹⁾은 5% 포도당용액을 使用하여 經驗한 低血 Na 症을 報告하였다. 또한 LMWD는 術後 出血경향이 있으며 Ringer's lactate는 比較的 生理的 溶液이라고 생각되나 酸症을 초래하는 경향이 있다. 著者들의 경우는 pH 7.6으로 적정된 Hactmann 溶液을 充塡液으로 선택하여 여기에 新鮮血液과 Mannitol을 混合하여 使用하였다. 이 때 ACD Blood는 100cc當 Heparin 600units, 10% CaCl₂ 1 cc, 1.3% 중조액 12 ml를 첨가하여 Conversion시켰

다. Page⁴¹⁾는 ACD 血液의 pH 범위가 6.5~6.9, Base excess의 범위는 -13~-25 mEq/L로서 이를 中和하기 爲하여서는 8~12 mEq의 中조액을 첨가하여야 하고 또한 ACD 血液을 灌流시켜 發生하는 hypocalcemia를 防止하기 爲하여 CaCl₂를 첨가해야 한다고 하였다.

充塡量 및 血稀釋度는 使用하는 酸化器의 容量에 따라 差異가 있을 것이나 Cooley⁵⁾는 體重 kg當 20 ml/min, Zuhdi⁴⁴⁾는 所謂 3分律(2 ml/kg/hr×24)×1/3로 計算하여 血液을 使用하지 않고 完全血稀釋을 시킨다.

著者들은 患者의 Hct 值, 總血量 및 使用할 酸化器의 充塡量에 바탕을 둔 部分血稀釋法을 採擇하여 mixed Hct 值가 20~30%가 되도록 하였다. 이 때 使用한 全血의 Hct 值는 38%로 計算하였으며 灌流中 酸化器의 容量이 줄어들 경우에도 첨가하는 全血과 Hartmann 용액의 比率를 조절혼합하여 mixed Hct이 30%가 되도록 하였다.

體外循環時 不充分한 灌流는 組織의 酸素공급을 充分히 할 수 없고 이로 因하여 代謝性酸症을 招來하며 末梢循環의 低下로 因한 뇌신경계통 및 腎機能의 장애를 이끈다. 組織의 酸素消費量은 이미 밝혀진 바와 같이 體溫에 比例하여 減少하며 中等度の 低溫法을 併用한 體外循環時에는 常溫의 50% 低下한다. 實驗의 研究結果 體溫이 37°C일 때 酸素消費量은 灌流量에 比例上昇하여 2.0~2.5 L/m²/min.에서 最高에 달하며 그 以上의 灌流量에 對하여는 酸素消費量이 더 以上 增加하지 않는다²⁰⁾. 實際選正灌流量은 著者에 따라 多小의 差異가 있으나 Kirklin²⁵⁾ 등은 輕度(32°C 以上) 또는 中等度(28~32°C)의 低溫法을 實施한 경우에는 2.0~2.5 L/m²/min.의 灌流量을 實施하고 있으나 Zuhdi⁵³⁾ 등은 體重 3.1 kg의 유아에서부터 103 kg의 成人에 이르기까지 體重에 關係없이 中等度の 低溫法을 實施하며 20 ml/kg/min의 灌流量을 1959 以來 使用하여 좋은 結果를 얻었다. DeWall¹⁰⁾ 등은 酸素결핍으로 因한 손상을 막고 만족한 腎機能을 얻기 위하여 최저관류량을 35 ml/kg/min. 以上되어야 한다고 하였다. 著者들의 경우 관류량은 2.4 L/m²/min.를 原則으로 하였으며 實際 常溫 또는 低體溫下 體外循環에서 平均 2.3 L/m²/min의 높은 灌流量을 維持하여 大部分의 學者들이 주장하는 2.0~2.4 L/m²/min.의 범위내에 있었다. 體外循環中 血壓은 灌流量, 血液의 粘調度 및 末梢抵抗에 따라서 左右되며 身體重要臟器의 機能을 維持하기 爲하여 適正血壓을 持續하여야 한다. Stockard⁵¹⁾, Javid²³⁾ 등은 관류중 平均動脈壓이 55 mmHg 以下로 下降하면 뇌신경계통의 合併症이 增加하고 尿生産이 中止된다고 하였다.

充填液에 따른 體外循環을 血力學的인 觀點에서 관찰한 바 Albrechtsen¹⁾ 등은 動物實驗에서 Rheomacrodex를 充填液으로 使用한 群에서 灌流初期에 血壓의 低下가 있는 후 上昇하여 灌流中에는 繼續安全 범위내에 있었으며 中心靜脈壓도 正常이었으나 이와는 대조적으로 全血을 充填한 群에서는 灌流開始直後 血壓下降이 더욱 현저하고 中心靜脈壓은 上昇하였으며 灌流中 血液의 體內저류로 酸化器의 容量이 減少하여 血液의 첨가가 必要하였고 관류 中 계속되었던 100 mmHg의 血壓에는 到達할 수 없었다고 하였다. 이와 같은 同種血液을 充填한 體外循環에서의 血力學的인 變動은 Dow에 依하여 처음 記述되었고 Ankeney^{2, 3)} 등은 同種血液充填體外循環의 初期動脈壓의 하강에 따른 門脈壓의 항진과 체중증가를 觀察하고 이는 아마도 antigenantibody 반응에 의한 肝內靜脈의 Spasm에 起因한다고 하였으며 全血代身 6% Dextran을 充填하였을 때는 이와 같은 現象을 볼 수 없었다고 하였다. 灌流初期의 一時的인 血壓下降現象은 血稀釋에 依한 體外循環時에도 볼 수 있으며 이 때 昇壓劑를 使用해야 할 경우도 있다. 著者들의 경우에서는 관류개시 후 혈압의 하강을 볼 수 있었으나 현저하지는 않았으며 평균 동맥압이 80 mmHg였으며 昇壓劑는 使用하지 않았다. 中心靜脈壓은 正常 범위였다.

血稀釋體外循環으로 인한 體內電解質의 變化를 最少限으로 억제하기 위하여 充填液의 선택은 重要하다고 하겠다. 5% 포도당용액을 使用할 때 低 Na血症을, 生理食鹽水를 使用할 때 高 Cl血症을 招來할 수 있는데 Neville³⁵⁾은 Buffered Ringer's lactate를, Roe⁴³⁾는 適正電解質을 첨가한 LMWD를 使用하여 관류 中 電解質의 安定을 도모하였다. 全身灌流로 인한 低 K⁺血症에 關하여 많은 報告^{13, 36, 40)}가 있으며 이는 관류 中 야기되는 呼吸性 Alkalosis에 對한 대상작용과 充填液에 含有된 利尿劑에 依한 배설增加 때문이라고 해석하였다³⁴⁾. 이러한 K⁺의 低下는 心筋을 자극시켜 부정맥의 原因이 되므로 즉시 矯正되어야 한다.

著者들의 경우 術前 4.4 mEq/L이던 것이 관류 中 最低 3.2 mEq/L로 27.3% 減少하였으며 術後 4.0 mEq/L로 正常 범위로 되었다.

全身灌流에 따른 酸·鹽基의 平衡에 對하여 이미 言及하였으며 관류량이 不適하면 組織의 酸素공급이 不充分하게 되고 細胞代謝物인 乳酸의 增加로 인한 代謝性 酸症을 招來하게 된다. 이러한 metabolic acidosis를 豫防하기 爲하여 적정관류량을 維持하여야 하고, TH-AM, TRIS, Sodium bicarbonate 등 效果的인 염기의

첨가가 必要하다³⁷⁾.

酸化器에서 靜脈血의 酸化時 酸素의 과잉공급으로 인한 hyperventilation 結果 呼吸性 Alkalosis를 招來하여 pH는 上昇되고 PCO₂는 減少되며 따라서 혈장 HCO₃⁻를 減少시켜 酸症은 더욱 악화된다. 이를 豫防하기 爲하여 血流(관류량)과 酸素量의 比率를 적절히 調整하여야 하고 100% 산소보다 CO₂ gas의 混合이 必要하다. 著者들의 경우 效果的인 灌流量과 1.3% 중조액을 평균 108 ml씩 중진액에 첨가하고 관류 中 必要에 따라 추가하였으나 酸症경향이 현저하였음은 관류 中 더욱 나량의 염기추가가 必要하다고 生覺된다.

大動脈瓣膜手術時, 복잡심장기형 등 其他 心內手術조작 때 必要에 따라 大動脈을 차단하게 되며 이 때 酸素 缺乏으로 인한 心筋의 損傷을 防止하기 爲하여 努力하고 있다. 獨立된 冠狀動脈의 灌流를 施行하는 것이 가장 理想의이라 하겠으나 實際로 그 使用에 많은 위험을 同伴하며 cannulation으로 인한 여러 合併症들을 報告하였다. 身體冷却法 或은 心臟局所冷却法 등으로 心筋의 代謝를 減少시켜 酸素消費를 억제함으로써 大動脈의 차단 時間을 연장시킬 수 있다. Ebert¹²⁾은 心筋의 溫度가 17°C에서 1時間의 大動脈의 차단은 허용된다고 하였다. Bonnabeau⁴⁾ 등은 實驗을 通하여 0~4°C의 식염수 或은 얼음조각을 心臟表面에 채워서 局所冷却을 시켰을 때 심장표면과 心內面間에 溫度差가 甚하고 이 에 따른 各部位의 酸素消費量이 다른 關係로 인한 心筋의 損傷과 冠栓塞을 經驗하고 心筋을 均一하게 冷却시키기 爲하여 冷却시킨 動脈血을 冠灌流시키는 方法을 報告하였다. Sondergaard⁶⁰⁾은 Bretschneider의 처방에 依한 cold cardioplegic solution으로 冠灌流시켜서 cardioplegia를 施行하며 이는 1 l 中 Novocain 0.3%, KCl 0.04%, Glucose 0.1%, Mannitol 5.0%를 함유하며 pH 7.4로 適正되어 있다. Kugelberg²⁷⁾은 冠灌流를 시킨 群과 Bretschneider 용액으로 cardioplegia를 시킨 群을 比較한 動物實驗에서 60分間 大動脈 차단 후 心筋의 機能은 後者에서 월등하였다고 報告하였다. 著者들은 輕度 및 中等度의 身體冷却을 시킨 例에서 15分間 大動脈 차단 후 5分間 해제하는 方法을 施行하였으며 必要에 따라 反復하여 最高 90분이었고 0~4°C의 生理食鹽水를 心臟表面에 흘려서 局所冷却을 併用한 例에서 단일차단은 35分까지 施하였다.

開心手術中 心臟內腔으로부터의 空氣栓塞을 防止하기 爲하여 大動脈 차단, 左心室 vent, 大動脈頂部の needle vent, CO₂ gas의 手術野로 流出 및 電氣자극에 依한 心室細動(fibrillation) 등 여러 方法을 實施하고 있다.

微細粒子的 栓塞을 豫防하고자 여과기의 使用은 필수적 이라고 하겠다.

Grover¹³⁾ 등은 non-ionic surfactant 인 pleuronic F-86을 充填液에 첨가하여 經驗한 結果 末梢抵抗을 低下시켜 그 循環을 好轉시키고 血球成分의 粘調度를 減少시키며 Platlets Aggregation 豫防에 效果가 있다고 하며 Sachs¹⁷⁾ 등은 Ascorbic acid가 以上과 같은 效果가 있다고 하였다.

體外循環 後 出血傾向은 同種血液의 充填, 血球 및 血小板의 파괴로 因한 血管內凝固, Fibrinolysis, 혈액응고인자 및 혈장단백의 變質, Heparin 中和의 不充分 등에 기인한다고 한다⁴²⁾. Roe⁴³⁾의 報告에 依하면 血小板은 灌流中 50% 이상 減少하였으며 이는 術後 5~7일까지 서서히 正常化되었다고 한다. 著者들의 경우에도 血小板의 減少는 현저하여 관류 중에는 術前의 30%였으며 術後 45%로 약간 上昇하였다. 術後 出血傾向이 있었던 例는 1例로서 coagulation의 異常이 아니고 止血의 소홀로 因하였으며 이를 除外한 其他의 例들은 平均 630 ml 24 hour 이는 사용한 Heparin의 中和가 적절하다고 본다.

實際 사용한 Heparin 中和比率은 1:1.8로 하였다. 體外循環에 血稀釋法을 利用하므로써 관류 중 및 관류 후의 尿量은 全血充填 때보다 만족스럽고 또한 充填液에 Mannitol을 첨가함으로써 利尿作用을 더욱 촉진시킨다. 著者들의 경우 以上의 方法으로 체외순환한 결과 平均 1627 ml/24 hr로서 充分한 尿量을 관찰할 수 있었으며 特別히 빈뇨를 나타낸 例는 없었다.

結 論

國立醫療院 胸部外科에서 1976年 6월부터 1977年 10월까지 血稀釋體外循環法에 依한 開心手術 16例를 經驗하고 心肺機灌流狀態와 그 성적을 檢討하고 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 症例는 先天性 心臟疾患 9例, 後天性 心臟疾患이 7例였으며 男女比는 各 8例, 年齡은 6~48歲였다.

2. 心肺機充填液으로 新鮮血液과 Buffered Hartmann 溶液을 使用하였으며 여기에 50% 포도당용액, 15% Mannitol, Bivon 및 Vit. C를 첨가하였으며 平均 充填量은 2080 ml로서 平均 血稀釋度는 27%였다.

3. 灌流量은 體表面積當 平均 2.3 L/min, 體重當 80 ml/min였으며 灌流時間은 平均 107分이었다. 體外循環과 아울러 施行한 低溫法은 core cooling 單獨施行이 10例, core cooling 및 心臟局所冷却併用이 2例였고 4例는 常溫下에 體外循環을 實施하였다.

4. 體外循環에 따른 血壓의 變化는 灌流初期에 下降하였다가 灌流中期 및 末期에는 平均 血壓이 90~95 mmHg로 維持되었고 中心靜脈壓은 灌流가 繼續되면서 차츰 下降하는 傾向이었다.

5. 血液成分의 變動은 血色素值가 灌流後 20.6%, Hct 値는 18.6%가 減少하였고 血小板은 灌流中과 灌流後 모두 顯著히 減少하였으며 血漿血色素值는 灌流前 7.79 mg%에서 灌流後 54.72 mg%로서 增加하였다.

6. 電解質의 變動은 K⁺과 總蛋白量은 術前 各各 4.4 mEq/L, 7.0 gm%에서 灌流中 3.3 mEq/L, 4.2 gm%로 현저히 減少하였다가 術後 4.0 mEq/L 및 5.4 gm%로 上昇하였으나 其他 Na, Cl, Ca 등은 뚜렷한 變動이 없었다.

7. 酸·염기의 平衡狀態는 높은 灌流와 充填液에 Bivon의 첨가에도 불구하고 代謝性酸症 및 呼吸性 염기 중의 傾向을 보였으며 이는 100% 酸素流入 및 灌流中 Bivon의 추가가 不足한 것으로 生覺되며 앞으로 CO₂와 O₂의 混合 gas의 使用과 더욱 多量의 염기물의 灌流中 첨가를 必要로 한다.

以上: 16例의 開心手術에서 手術合併症으로 一過性인 Hemoglobinuria 4例와 뇌신경계통의 장애가 2例 있었으나 完快하였고 2例의 死亡例가 있었다.

REFERENCES

1. Albrechtsen, O.K., Althous, U., Berg, E., Jeyasingham, K., Kim, C.H.: *Hemodilution Techniques in Canine Extracorporeal Circulation using Bubble & Disc Oxygenators*. *Scand. J. Thor. Cardiovasc. Surg.* 6:178, 1972.
2. Ankeney, J.L., Murthy, S.K.: *A Study of the Peripheral & Central Venous Flow Rates during Extracorporeal Bypass*. *J. Thor. Cardiovasc. Surg.* 44:589, 1962.
3. Ankeney, J.L., Renner, D.S., Leverett, F.I., Beheler, E.M.: *Hemodynamic Changes Associated with Hemodilution Priming of a Rotating Disc Oxygenator*. *Ann. Thorac. Surg.* 1:142, 1965.
4. Bonnabeau, R.C. Jr., Sterns, L.P., Bilgutay, A., Takahashi, U., Lillehei, C.W.: *Cardiac Temperature Gradients with Various Type of Cardioplegia during Cardiopulmonary Bypass*. *Surg. Gynec. Obst.* 116:569, 1963.

5. Bramson, M.L., Osborn, J.J., Main, F.B., O'Brien, M.F., Wright, J.S., Gerbode, F.: *A New Disposable Membrane Oxygenator with Integral Heat Exchange*. *J. Thor. Cardio. Surg.*, 50:391, 1965.
6. Cahill, J.J., Kolff, W.F.: *Hemolysis Caused by Pumps in Extracorporeal Circulation (In Vitro Evaluation of Pumps)*. *J. Appl. Physiology* 14: 1039, 1959.
7. Carlson, R.G., Lillehei, C.W.: *A Useful Modification of the Aortic Needle Vent for Prevention of Air Embolism during Open-heart Surgery*. *J. Thor. Cardio. Surg.* 53:848, 1967.
8. Cooley, D.A., Beall, A.C., Jr., Grondin, P.: *Open-heart Operations with Disposable Oxygenators, 5% dextrose Prime, and Normothermia*. *Surgery* 52:713, 1962.
9. Dewall, R.A., Warden, H.E., Read, R.C., Gott, V.L., Ziegeler, N.R., Varco, R.L., Lillehei, C.W.: *A Simple Expendable, Artificial Oxygenator for Open-heart Surgery*. *Surg. Clin. N. Amer.* 36:1025, 1956.
10. Dewall, R.A., Levy, M.J.: *Direct Cannulation of the Ascending Aorta for Open-heart Surgery*. *J. Thor. Cardio. Surg.* 45:496, 1963.
11. Drew, C.E., Anderson, I.M.: *Profound Hypothermia in Cardiac Surgery*. *Lancet* 1:748, 1959.
12. Ebert, P.A., Greefield, L.J., Austen, W.G., Morrow, A.G.: *Experimental Comparison of Methods for Protecting the Heart during Aortic Occlusion*. *Ann. Surg.* 155:25, 1962.
13. Ebert, P.A., Jude, J.R., Gaertner, R.A.: *Persistent Hypokalemia following Open-heart Surgery*. *Circulation* 31:137, 1965.
14. Effler, D.B., Groves, L.K., Gulati, K.: *Open Surgery upon the Mitral Valve, Prevention of Air Embolus*. *Cleveland Clin. Quart.*, 31:107, 1964.
15. Fishman, N.H., Youker, J.E., Roe, B.B.: *Mechanical Injury to the Coronary Arteries during Operative Cannulation*. *Amer. Heart J.* 75:26, 1968.
16. Galletti, P.M.: *The Mechanics of Cardiopulmonary Bypass*. *Cardiac Surgery, Appleton Crofts, N. Y. P.* 116, 1972.
17. Giannelli, S.Jr., et al.: *The Effects Produced by Various Types of Pump-oxygenators during Two Hour Partial Perfusions in Dogs*. *J. Thor. Surg.* 34:563, 1957.
18. Gollan, F., Hoffman, J.E., Jones, R.M.: *Maintenance of Life of Dogs below 10°C without Hemolysis*. *Amer. J. Physiol.* 179:640, 1954.
19. Grover, F.L., Heron, M.W., Newman, M.M., Paton, B.C.: *Effect of a Non-ionic Surface Active Agent on Blood Viscosity and Platelet Adhesiveness*. *Circulation* 38:89, 1968.
20. Hirsch, D.M., Hadidian, C., Neville, W.E.: *Oxygen Consumption During Cardiopulmonary Bypass with Large Volume Hemodilution*. *J. Thor. Cardio. Surg.* 56:197, 1968.
21. Housman, L.B., Turina, M., Braunwasd, N.S.: *Use of Hemodilution During Total Cardiopulmonary Bypass in Neonates*. *Surgery*. 72:103, 1972.
22. Iijima, K., Salerno, R.A.: *Factors Influencing Hemolysis in Model Perfusion System*. *Ann. Surg.* 161:148, 1965.
23. Javid, H., Tufo, H.M., Najafi, H., Dye, W.S., Hanter, J.A., Julian, O.C.: *Neurological Abnormalities Following Open-heart Surgery*. *J. Thor. Cardio. Surg.* 53:502, 1969.
24. Kay, E.B., Galajda, J.E., Lux, A., Cross, F.S.: *The Use of Convoluting Discs in the Rotating Disc Oxygenator*. *J. Thorac. Surg.* 36:268, 1958.
25. Kirklin, J.W., Pacifico, A.D., Hannah, H., III, Allarde, R.R.: *Primary Definitive Intracardiac Operations in Infants: Intraoperative Support Techniques in Advances in Cardiovascular Surgery*. N. Y., Grune & Stratton, 1.85, 1973.
26. Kirklin, J.W., Appelbaum, A.: *Cardiopulmonary Bypass for Cardiac Surgery*, in *Disease of the chest*, edited by Sabiston & Spencer, Saunders, p.850, 1976.
27. Kugelberg, J.: *Local Myocardial hypothermia an Alternative to Coronary Perfusion in Aortic Valve Surgery*. *Scand. J. Thor. Cardiovasc. Surg.* 5: 211-216, 1973.

28. Lee, S.H., et al: *Open-heart Surgery for Six Cases of the Congenital Heart Disease; Korean J. Thor. Cardio. Surg.* 9:220, 1976.
29. Lee, W.H., Jr., Krumhaar, D., Fonkalsrud, E.W., Schjeide, G.A., Maloney, J.V., Jr.: *Denaturation of Plasma Proteins as a Cause of Morbidity & Death After Intracardiac Operation, Surgery.* 50:29, 1961.
30. Lillehei, C.W., DeWall, R.A.: *Design and Clinical Application of the Helix Reservoir Pump-Oxygenator System for Extracorporeal Circulation, Post-grad. Med. May 1958.*
31. Long, D.M., Jr., Sanchez, L., Varco, R.L., Lillehei, C.W.: *The Use of Low Molecular Serum Albumin as Plasma Expanders in Extracorporeal Circulation, Surg.* 50:12, 1961.
32. McCaughan, J.J., Jr., Lee, W.H., Jr.: *Hemodilution with Deep Hypothermia and Circulatory Stasis, Circulation* 29:67, 1964.
33. McGoon, D.C., Mankin, H.T., Kirklin, J.W.: *Results of Open Heart Operation for Acquired Aortic Valve Disease, J. Thor. Cardio. Surg.* 45:47, 1963.
34. Mills, D.M.: *A Technique of Large Volume Hemodilution for Cardiopulmonary Bypass, J. Extra-Corp. Tech.* 6:195, 1974.
35. Miyauchi, Y., Inoue, T., Paton, B.C.: *Comparative Study of Primary Fluids for Two Hemodilution, J. Thor. Cardio. Surg.* 52:413, 1966.
36. Moffitt, E., Whits, R.D., Molnar, G.D., McGoon, S.C.: *Comparative Effect of Whole Blood, Hemodiluted and Clear Priming Solutions on Myocardial and Body Metabolism in Man, Cand. J. Surg.* 14:Nov. 1971.
37. Nahas, G.G., Malm, J.R., Manger, W.M., Verosky, M., Sullivan, S.F.: *Control of Acidosis and the Use of Titrated ACD Blood in Open-heart Surg. Ann. Surg.* 160:1049, 1964.
38. Neptune, W.B., Panico, F.G., Bougas, J.A.: *Clinical Use of Pump Oxygenator without Danor Blood for Priming or Support During Extracorporeal Perfusion. Circulation* 20:745, 1959.
39. Neville, W.E., Faber, L.P., Peacock, H.: *Total Prime of the Disc Oxygenator with Ringer's and Ringer's Lactate Solution for Cardio-pulmonary Bypass, Dis. Chest* 45:320, 1964.
40. Nunn, D.B., Barila, T.G., Forsee, J.H., Woodward, K.E.: *A New Artificial Heart Pump Controlled by a Fluid Amplification System, J. Thor. Cardio. Surg.* 45:585, 1963.
41. Page, P.A.: *Priming Solutions and Fluid Balance for Pediatric Patients Undergoing Open Heart Surgery, Am. SECT.* 6:95, 1974.
42. Perkins, H.A.: *Postoperative Coagulation Defects, Anesthesiology* 27:456.
43. Roe, B.B.: *Induced Ventricular Fibrillation to Control Cardiac Surgical Emergencies, Dis. Chest,* 42:422, 1962.
44. Roe, B.B., Hutchinson, J.C., Swenson, E.E.: *Bulle Oxygenation Exceeding Two Hours in 180 patients, Ann. Thorac. Surg.* 5:183, 1968.
45. Rush, B.F., Jr., Wilder, R.J., Fishbein, Ros Ravitch, M.M.: *Effect of Total Circulatory Stand Still in Profound Hypothermia, Surgery* 50:40, 1961.
46. Russel, H.P., Jr., Joseph, B.T.: *Disposable Filter for Microemboli, Use in Cardiopulmonary Bypass and Massive Transfusion, JAMA.* 215:76, 1971.
47. Sachs, D., Derry, G.H., Krumhaar, D., Lee, W.H., Jr., Maloney, J.V., Jr.: *Chemical and Hypothermic Inhibition of Intravascular Sludging in Extracorporeal Circulation, Ann. Surg.* 160:183, 1964.
48. Senning, A.: *Discussion on Physiology of Perfusion in Extracorporeal Circulation, Springfield, Ill., Charles. C. Thomas, Publishes,* p. 209, 1968.
49. Sohn, K.H., et al.: *Studies on the Hemodilution Perfusion with Rygg-Kyvsgaard Oxygenator, Korean J. Thor. Cardio. Surg.* 3:73, 1970.
50. Sondergaard, T.: *Personnel Communication,* 1974.
51. Stockard, J.J., Bickford, R.G., Schauble, J. F.: *Pressure Dependent Cerebral Ischemia during Cardiopulmonary Bypass, Neurology* 23:521, 1973.
52. Wright, E.S., Sarkozy, E., Harpur, E.R., Dobell, A.R.C., Murphy, D.R.: *Plasma Pro-*

- tein Denaturation in Extracorporeal Circulation, *J. Thor. Cardio. Surg.* 44:350, 1962.
53. Zuhdi, N., McCollough, B., Carey, J., Greer, A.: *Hypothermic Total Body Cardiopulmonary Bypass, Experimental and Clinical Studies*, *J. Okla. Med. Ass.* 52:514, 1960.
54. Zuhdi, N., McCollough, B., Carey, J., Greer, A.: *A Double Helical Reservoir Heart Lung Machine*, *Arch. Surg.* 82:320, 1961.
55. Zuhdi, N., Carey, J., Sheldon, W., Greer, A.: *Comparative Merits and Results of Prime of Blood and 5% Dextrose in Water for Heart Lung Machine; Analysis of 250 Patients*, *J. Thor. Cardio. Surg.* 47:66, 1964.
-