

低温下 開心術의 研究(I)

李 東 俊*

= Abstract =

Open Heart Surgery Under Deep Hypothermia (I)

—Experimental Study in the Dogs—

Dong June Lee, M. D. *

A experimental study of deep hypothermia for open heart surgery in 5 dogs was reviewed.

Surface hypothermia in combination with limited cardiopulmonary bypass was employed.

Circulatory dynamics were well maintained following cardiac arrest during one hour at 20°C.

Some degree of acidosis usually developed after the arrest period but was gradually corrected during rewarming. Total circulatory occlusion could be maintained for at least one hour at 20°C without evidence of cerebral damage in the dogs. Potassium in the serum after deep hypothermia was moderately decreased and it was the most severe change in the electrolyte.

Free hemoglobin of serum was mild increased and it was one of advantages of combined hypothermia with limited cardiopulmonary bypass.

I. 緒 論

Le Gallois¹⁾ (1812)가 體外순환의 概念을 처음으로 提起한 以來 많은 體外순환 裝置가 만들어졌으나²⁾ 開心術의 수단으로 人工心肺裝置를 最初로 臨床에 使用한 것은 Dennis³⁾ (1951)였다. 그後 Gibbon⁴⁾ (1954)이 처음으로 臨床에 成功한 것을 契機로 人工心肺를 使用한 開心術은 急速한 發展을 했다. 더우기나 Long⁵⁾과 Yuhdi⁶⁾에 依해서 導入된 稀釋體外 순환法和 disposable bubble oxygenator의 併用은 體外循環을 보다 安全하고 더우기나 簡便化해서 心臟內手術을 넓게 普及할 수 있게 되었다. 한편 心臟奇型의 手術은 病狀의 二次的變化 或은 不可逆의 惡化가 일어나기 以前에 施行하는 것이 理想的이며 確實한 手術手技와 高度의 安全性이 確約된다면 早期에 根治手術을 施行해야 한다. 그러나 지

금까지의 乳小兒의 心臟內手術의 危險率은 年長兒에 比해서 顯著하다.⁷⁾ 그 原因으로서는 疾患이 重症이고 手術의 困難性 以外에 灌流法, 麻醉管理 及 術前 術後管理의 影響이 크다고 생각된다. 現在 灌流法 麻醉法 및 術後管理等이 顯著히 進歩해서 乳小兒 心臟內手術 成績은 徐徐히 向上하고 있다.⁸⁾

生後 12個月 以內의 先天性 心臟奇型 患者 約 50%는 效果의 治療를 하지 않으면 死亡하게 된다.^{16, 17)} 몇가지의 姑息의 療法은 많은 死亡率을 가져오기 때문에^{18, 19, 20, 21)} 最近에는 早期에 根治手術을 施行하고 있다.^{22, 23, 24, 25, 26, 27)} 그러나 乳兒에서 體外循環法을 單獨으로 使用했을때는 死亡率이 높기때문에^{28, 29, 30, 31, 32)} 그後 低温法下에 開心術을 施行했다^{33, 34, 35, 36)} 最近 體外循環과 低温法の 長點을 選擇하여 이들을 併用使用함으로 좋은 結果를 얻을 수 있다. 이 併用法은 ① 幼小兒의 重症心臟奇型 以外에 ② 複雜心奇型 ③ 癒着이 甚한 再手術例에서 좋은 適應이 된다.

* 全南大學校 釋科大學 胸外科科學教室

* Department of Chest Surgery, Chonnam University Medical School, Gwang Ju, Korea

著者は All-in-one oxygenator 와 低温法 (20°C)을 併用하여 動物實驗에서 여러가지를 檢討하였다.

2. 裝置의 構造

A. All-in-one oxygenator 는 높이 58cm, 幅 42cm 로 두께 0.3mm 의 Vinyl sheet 2枚를 高周波 裁봉틀로 接着해서 酸化槽(oxygenating chamber), 除泡槽(debubbling chamber), settling chamber 及 貯血槽(arterial reservoir)로 區分되어 있다. (Fig. 1)

靜脈回路를 落差에 依해서 return 한 血液은 oxygenating chamber 에서 酸化하는대로 debubbling chamber 에 移動한다. 側方에 Coronary sucker 로부터의 還血用 tube 가 2個 直接, debubbling chamber 에 들어간다. 이 點이 all-in-one oxygenator 의 特徵의 하나로서 Coronary reservoir 가 없기 때문에 血液貯留에 依한 血液量의 變動을 最小限으로 할수 있다. debubbling chamber 에는 silicon coating 된 polypropylen filament 가 넣어져서 優秀한 除泡能을 가지고 있어서 debubbling chamber 부터 settling chamber 에 移動할 때 泡沫을 볼수 없다. Settling chamber 에 移動한 血液은 다시 arterial reservoir 에 進行해서 roller pump 에 依해서 動脈回路에 보내진다. 이때 settling chamber, arterial reservoir 의 液面의 安全性이 좋은것이 人工肺의 特徵이다.

oxygenating chamber 의 높이는 33cm, 幅 8cm, 最大容量 500ml 로 下端에는 內徑 10mm 의 靜脈脫血回路 2個와 酸素送入管 (O₂ disperser) 1個가 붙어있는데 이는 分枝狀으로 直徑 0.1~0.16mm 의 小孔을 約 400個 가지고 있다.

Debubbling chamber 의 높이는 20cm, 幅 40cm 로 直徑 0.3mm 의 Polypropylen filament 約 250gm 가 Silicon coating 되어 속에 들어있다. 上端에 排氣管 이 2個 垂直으로 또 側方에는 coronary suction 부터의 還血用 tube 가 2個 水平으로 挿入되어 있다. 또 debubbling chamber 부터 settling chamber 로 移行部 에는 幅 8cm 의 囊狀으로 下垂된 nylon filter 가 있어 기 이중에도 filament 가 들어있다.

Settling chamber 는 debubbling chamber 의 下部에 位置하고 사다리꼴 型이며 上底 22cm, 下底 17cm, 높이 17cm 로 前記한 filter 가 挿入되어 있다. 다시 下端에는 높이 13cm, 幅 10cm 의 arterial reservoir 가 動脈送血回路에 接續하고 있다.

Settling chamber 와 arterial reservoir 를 合한 最大容量은 約2,000ml 이다. Arterial reservoir 에는 溫

度計用 pocket 를 가지고 있고 이 部分은 單獨으로 切斷이 可能해서 灌流後 남아있는 血液이 있을때는 이 部分을 切斷해서 血液 bag 로 使用할 수 있는것이 또한 이 oxygenator 의 特徵이다. 이 때문에 이 部分에는 動脈送血回路에 가까운 곳에 點滴用接續回路 1個를 가지고 있다. 이는 高稀釋體外循環時 患者 自身の 血液을 再使用이 必要할때 特히 肺에 負擔이 가는 疾患으로 灌流後 短時間內에 動脈線부터 輸血할 수 없는 경우 有利하다. (Fig. 1)

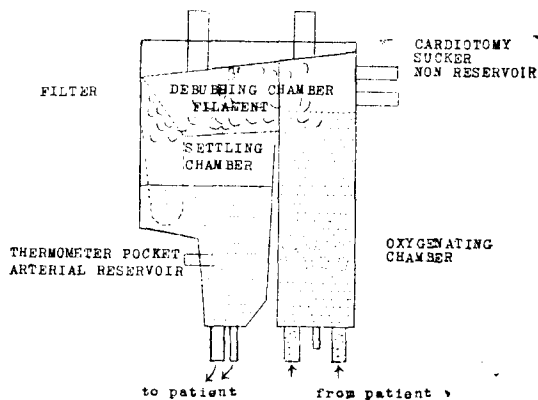


Fig 1. All-in-one oxygenator

B. 幼小兒에 對한 小量充塲方法 :

幼小兒는 循環血液量이 적기 때문에 充塲量을 減해서 循環血液量의 變動을 最小限으로 抑制할 必要가 있다. Travenol, Temptrol, Rygg 등 各種의 sheet oxygenator 는 모두 數個의 크기로 만들어져 있고 幼小兒에 對해서는 작은크기를 準備해야 하며 萬一 充塲해버리면 交換할 수가 없다. 그러나 all-in-one oxygenator 는 Table 1과 같은 Criteria 에 따라서 成人에서 使用되는 oxygenator 의 oxygenating chamber, Settling chamber, arterial reservoir 를 clip 로 側方에서 固定함으로 (Fig. 2) 幼小兒에도 使用을 可能케 한다. 또 clip 의 位置를 變便시키므로써 priming 及 oxygenation 을 自由로 調節할 수 있으며 術中의 充塲量의 變動도 任意로 對處할 수 있다. 卽 萬一 灌流中 酸化가 不充分할때는 clip 의 位置를 變化시키므로 容易하게 酸化能을 改善할 수 있는 利點을 가지고 있다. oxygenating chamber 의 邊緣을 clip 에 明示된 1/2, 1, 3, 1, 4의 黑線에 맞추어서 固定하면 殘存하는 oxygenating chamber 의 圓柱部分의 容積도 1 2 1/3 1/4로 減少할 수 있도록 만들어져 있다. 이때 oxygenating chamber 내의 容積을 물로 充滿해서 測定해 보면

Table 2와 같다. Reservoir의 Cliper는 充填量에 따라서 任意로 調節可能해서 reservoir內 血液 level을 上昇시켜서 氣泡의 浮遊가 더욱 有利하도록 만들어져 있다. Reservoir의 最大容量은 約 2,000ml이며 成人用으로 clip를 使用치 않는 경우 通常 使用容量은 700ml이며 clip down한 경우 使用할 수 있는 安全 最小限界는 300ml이다. (Table 1. Table 2. Fig. 2)

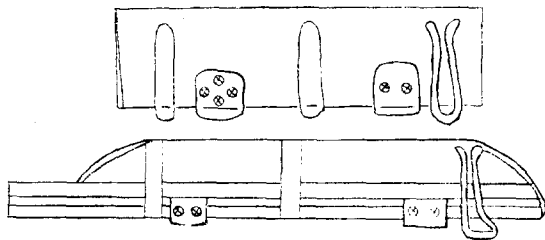


Fig 2. Clip for oxygenator
left: for arterial reservoir
Right: for oxygenating chamber

Disposable oxygenator의 使用時는 專用의 hanger에 걸어서 靜脈脫血은 落差에 依해서 行하고 이hanger의 높이를 加減함으로써 脫血量을 調節한다. 動靜脈及 冠靜脈 吸引回路는 各各 disposable oxygenator에 連結해서 體外순환에 使用한다. 裝置充填量은 成人은 800~1300ml, 小兒는 400~300ml, 乳兒는 250~500ml이다. 冠狀靜脈洞及 氣管枝 動脈부터의 還血은 coronary

reservoir를 通하지 않고 直接 debubbling chamber에 들어가서 이 chamber內에서 어느정도 酸化되어서 settling chamber에 移行한다.

C. 動靜脈回路

① 緊急手術에 使用, ② Set up時의 複雜性을 避하고 ③ 感染防止의 目的으로 動脈回路, coronary suction tube 등을 모두 disposable로 set up되어 있다. 더우거나 體重에 依한 充填量을 變化시키기 위해서 體重 13kg以上인 患者에서는 A回路(內徑 8mm), 冠狀動脈灌流를 必要로 하는 患者에서는 A回路에 冠狀動脈灌流用 動脈回路를 接續한 B回路, 13kg 以下의 幼小兒에는 C回路(內徑 6mm)가 Set up되어 있다. 各各 器路段의 充填量은 700ml及 400ml이다. 動脈回路와 靜脈回路는 使用前連續해 있으므로 回路를 充填하고 空氣泡을 除去한 後 이 連續部分을 Cannulation直前에 切斷하면 回路의 充填이 된다. 이와 같이 回路의 充填이 簡單하고 더욱이나 空氣泡을 回路中에 남길 危險이 없다. Oxygenation해서 充填하면 回路內는 酸化血로 代置되고 灌流의 最初부터 充分히 酸化된 血液을 보낼 수 있다. 더우거나 動脈回路 途中에 Air trap를 組立해서 넣어두면 더욱 除泡가 完全하다.

D. 動靜脈Cannula :

4種類의 tube 即 S. C Rüsck (No. 12-22), M. (No.

Table 1. Priming volume for body weight

Patient (kg)	over 40	40 to 30	30 to 13	below 13
pump (ml/stroke)	A (90)		B (50)	C (17)
tubing (diameter)	A set (8mm)		C set (6mm)	
Clip	oxy. chamber	(-)	No. 2	No. 3
	settle. "	(-)	(+) No. 4	
Priming	Vol (ml)	1400	1100 to 1000	
	blood	(-)	(+) 650	

Table 2. Size of oxygenating chamber by using of clip

	hight (cm)	circumference column (cm)	volume (ml)
original size	34	7.7 X ₂	580
clip down to 1/2	34	5.4 X ₂	335
clip down to 1/3	34	4.5 X ₂	260
clip down to 1/4	34	3.8 X ₂	190

24-26), L. (No. 30-32), L.L tube가 set up되어 모두 disposable이다 따라서 ① 感染의 危險, ② 附着된 血液에 依한 血栓의 危險 ③ 金屬內腔不整에 依한 溶血 등을 防止할 수 있는 利點이 있다. 各 Cannula는 漸次로 가늘게 되어 있으며 表面에 그 두께에 相當하는 눈금이 5cm 간격으로 表示되어 있어서 術者가 挿入할 血管에 맞는 部分에서 切斷해서 使用하면 된다. 어떤 血管에도 對應할 수 있다 Connector는 모두 plastic으로 해서 연결했다. 더욱이나 體外순환이 끝난後에는 使用한 Cannula를 除外하면 그대로 腹腔內 排液管으로 使用된다. 또 S. Cannula는 心臟內 drainage로 使用된다. M이나 L. cannula의 尖端을 切斷하면 이속에 S. cannula를 넣을 수 있으므로 壁에 吸着하지 않는 胸腔內 吸引을 할 수 있다.

E. 人工心 :

Roller pump를 使用하며 體重 30kg 以上은 A. pump (1回轉 = 90ml), 體重 30kg 及至 13kg까지는 B. pump (1回轉 = 50ml), 體重 13kg 以下는 C. pump (1回轉 = 17ml)를 使用했다.

F. 低溫 及 加溫裝置 :

體前表面에는 ice bag로 cooling시키고 體背部에 있는 water blanket와 動脈回路에 heat exchanger를 裝置해서 cooling及 warming시켰다.

ii. 動物 實驗

動物에 All-in-one oxygenator를 使用해서 ① 溶血 ② 一般血液檢査 ③ 血清電解質을 檢討했다.

a) 實驗材料及 方法

다섯마리의 成犬(7~13kg)을 使用해서 thiopentotal Sodium (25mg/kg)의 靜脈麻醉下에 氣管內 挿管後 室內室氣로써 補助呼吸을 하고 體背部에는 water blanket로 前體表面은 icebag로써 23~24°C까지 surface cooling시켰다. 이때 肝臟하여 heparin (5 mg/kg)을 投與後 全例에서 右心房부터 脫血하고 上行動脈에 送血해서 18~22°C까지 core cooling과 water blanket로 cooling시켰다. 그後 heparin은 1時間마다 heparin을 3mg/kg씩 追加 投與했으며 20°C가 되면 補助呼吸과 體外순환을 中止한後 前面의 ice bag을 除去하고 60分間 放置했다가 背部의 water blanket와 人工心肺器를 可動해서 直腸溫度 34°C까지 rewarming시켰다. Re-

warming 과정에서 心搏動이 回復되지 않으면 defibrillation시켰다.

充填液은 新鮮同種 Heparin血과 Ringer's lactate solution, 20% manitol (5ml/kg), chlorpromazine (0.5ml/kg), solcotef (40mg/kg), trasyolol (10,000 u/kg), amphycciline (2gm)을 써서 全體로 約 20%의 稀釋體外순환으로 總充填量은 700~1000ml로 했다.

Sample은 人工肺의 流入部에서 靜脈血을 流出部(動脈回路의 移行部)에서 動脈血을 採取했다. Electric thermometer로 食道, 直腸, oxygenator의 溫度를 測定했다 Triple Catheter monitoring 即 中心靜脈壓, 動脈壓, 尿量을 經時的으로 測定했다. 中心靜脈壓은 左尺骨皮下 靜脈에 動脈壓은 開胸後 上行動脈에 No.7의 polyethylene을 挿入해서 尿量은 Foley catheter를 挿入해서 測定했다.

b) 實驗結果

i) 血力學的 變化

動脈壓 心搏數 及 體溫의 變化: 實驗犬 다섯마리의 平均値變化는 Fig. 3와 같다. 心停止中 體溫은 若干 떨어져졌다. 心搏數의 下限値는 40/min였으며 最高 收縮血壓은 30~40mmHg였다.

Rewarming時 心搏數와 血壓은 모두 빠른 速度로 增加했다. (Fig. 3.)

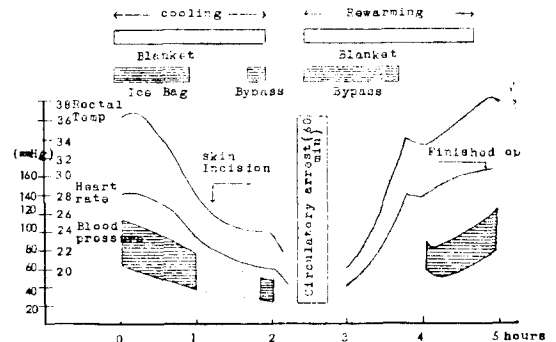


Fig. 3. Average values for temperature, Heart rate blood pressure in the 5 dogs to undergo intracardiac surgery under deep Hypothermia using surface cooling with a short terminal period of cooling by pass followed by circulatory arrest and bypass rewarming.

ii) 代謝 變化

Lactate: 平均値 變化는 fig. 4와 같다. 即 surface cooling 單獨時는 lactate의 增加는 없었으나 core-cooling이 始作하면서 增加하고 rewarming이 끝날무

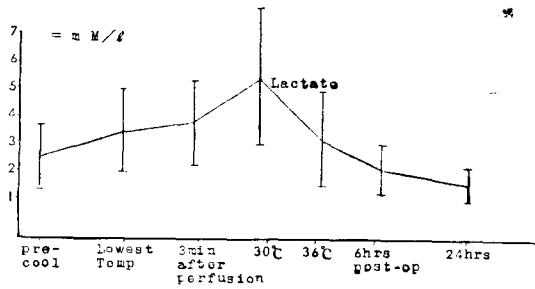


Fig 4. Average value for lactate change during the course of the hypothermic procedure.

렴 最高에 達했다. (Fig 4)

iii) 血液學的 變化

① 赤血球 及 白血球: 灌流前 赤血球의 平均値는 444萬/mm³이던것이 灌流後에는 419萬/mm³로(5.6%) 減少되었다고 白血球는 手術前의 7710/mm³에서 手術後에는 15130/mm³로(96%) 增加되었다. (Table. 3)

② 血漿 遊離血素值: 灌流前 平均値가 0이었던것이 灌流後 7.8mg%로(8%) 若干의 增加를 보였다. (Table. 4)

iv) 電解質 變化: 全例에서 灌流前, 灌流中, 灌流後

potassium, sodium, chloride 值를 測定했다. K⁺은 灌流前 4.4mEq/l이었던 것이 灌流後 3.5mEq/l로써(20%)中等度の 減少를 보였고 Na⁺는 142mEq/l에서 139mEq/l로(2%) Cl⁻는 104mEq/l에서 96mEq/l(7%)로 輕度の 減少를 보였다. (Tab. 4, Fig 5)

v) Surface 及 core-cooling: surface cooling 으로 直腸溫度가 23~24°C로 되는데 所要되는 時間은 平均 65分(45分 乃至 90分)이고 core cooling 의로써 18~20°C되는 平均時間은 4分(3分 乃至 5分)였다. 60分間 心停止를 시킨후 core and surface rewarming 을 始作해서 直腸溫度 34°C까지 올리는데 平均 17分(15分 乃至 20分)이 所要되었다. cooling 시키는 途中 心停止가 오는 例는 한例도 없었고 모두 完全 回復되었다. (Fig 6)

Ⅲ. 考 察

乳小兒의 體外순환장치에 關해서 Kalke²⁾, Sloan¹⁰⁾ 등이 小型回轉圓板型 人工肺를 만들어서 많은 乳小兒 開心術을 始作한 後 類似한 裝置가 여러 病院에서 使用되어 왔다^{11, 12, 13, 14)} 그러나 이런 裝置는 一般的으로 회

Table 3. Results of hemogram

case No.	RBC (/mm)		WBC (/mm)		Hb (gm%)		Hct (%)		platelet (/mm)		plasma Hb (mg %)	
	pre-op	post-op	pre-op	post-op	pre-op	post-op	pre-op	post-op	pre-op	post-op		
1	480	465	6500	12900	12.8	10.8	44	39	246000	221000	0	3.4
2	420	395	6650	17350	12.5	11.0	45	43	210000	192000	0	9.5
3	438	410	8800	13150	14.5	12.5	41	38	238000	215000	0	8.8
4	419	395	7950	18100	13.0	11.0	42	37	224000	199000	0	7.3
5	463	434	8650	14150	14.7	12.3	45	42	218000	181000	0	9.9
Av	444	419	7710	15130	13.5	11.5	43.4	39.8	2272000	2015000	0	7.8

Table 4. Results of serum electrolytes

cass No.	K (mEq/l)		Na (mEq/l)		Cl (mEq/l)	
	pre-op	post-op	pre-op	post-op	pre-op	post-op
1	4.3	3.6	142	139	103	94
2	4.4	5.3	145	141	108	95
3	4.6	3.7	139	137	102	96
4	4.3	3.4	142	138	103	98
5	4.4	3.3	141	139	105	96
Av	4.4	3.5	142	439	104	96

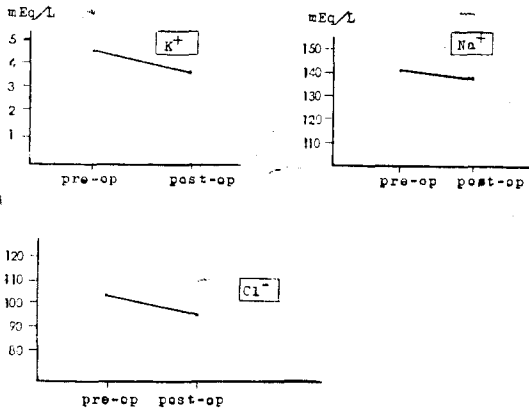


Fig 5. Result of serum electrolyte

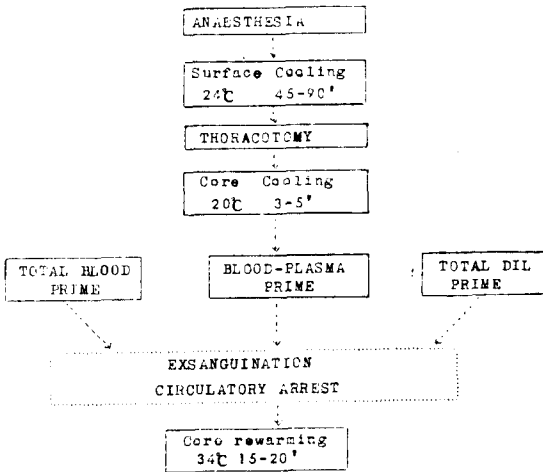


Fig 6. Method and time of deep hypothermia

轉圓板型 人工肺가 가지는 缺點 卽 ① 操作이 複雜해서 ② 比較的 充塡量이 많고 ③ 더욱이나 準備에 長時間을 要해서 緊急時 使用 不可能하는 缺點 ④ 血液事情에 依한 新鮮 Heparin 血液의 不足 (특히 AB型, RH(-)等 比較的 稀少한 血液型時) ⑤ Homologous blood syndrome ⑥ 術後血清 肝炎의 發生等 많은 問題點을 가지고 있다. 그리하여 緊急手術이나 補助순환에 대처할 수 있는 裝置가 理想的이고 完全하고 簡單한 disposable oxygenator의 開發이 갈망되어 왔다.

Disposable oxygenator의 必要한 條件은 ① 機構가 單純해서 破損이 없을것 ② 酸化能力이 좋을것 ③ 溶血이 적을것 ④ 充塡液量이 적을것 ⑤ 除泡能力이 優秀하며 長時間 有效할것 ⑥ 經濟性일것 ⑦ 乳小兒에서 成人까지 같은 크기의 oxygenator를 쓸 수 있어야 한다.

⑧ 感染防止目的으로 症例마다 使用後 버릴수 있어야 한다 Wada¹⁵⁾는 이런 問題點을 考慮해서 人工肺 酸素化槽 及 貯血槽를 任意로 調節可能한 design을 해서 氣泡型 人工肺를 考案해서 成人부터 乳小兒까지 모든 症例에 使用할 수 있는 萬能型 人工肺를 만들어서 All-in-one oxygenator라고 命名했다.

最近에는 小兒開心術時 體外순환과 低溫法(20°C)을 併用해서 이들을 單獨으로 使用할때 보다 좋은 結果를 나타내고 있다. 併用法의 長點으로써 ① 心臟內에 血液이 없기 때문에 깨끗한 手術視野를 얻을 수 있고 ② 心臟은 完全히 弛緩 及 停止되고 ③ 小兒에서 cannulation이 있으면 좁은 手術視野를 妨害하는데 本方法으로는 低溫後 cannulation을 除去하기 때문에 이런 缺點이 없어지고 ④ 體外순환 時間이 짧기 때문에 體外순환 후 생기는 呼吸不全(pump lung syndrome)이 減少되고 ⑤ complex malformation 일지라도 完全히 矯正할 수 있는 充分한 心停止時間(直腸溫 20°C時 60分間)을 얻을 수 있다는 點이다.^{39, 40, 41)}

體外순환 單獨使用時의 長點은 ① 低溫과 麻醉時間을 短縮시키고 ② 重要한 vital organ을 急速히 增溫시킴으로써 代謝性 酸症을 急히 回復시킬 수 있는 反面短點은 ① 이미 患者는 代謝性 酸症을 가지고 있는데 體外순환을 함으로써 더욱 惡化되고(말초酸素要求量이 減少하기 前에 重要臟器의 代謝能力이 減少되어 毛細血管이 shutdown^{39, 40, 41)}되고 血色素에서 組織으로 酸素運搬의 抑制) ② 體外순환 時間이 double로 소요된다는 것이다.³⁹⁾

低溫法 單獨使用時 長點은 ① blood imbalance가 없으며 ② heparin 投與가 必要없으며 ③ cannulation이 必要없는 反面 短點으로는 ① 心臟 massage가 必要한 경우가 있다.^{39, 40, 41)}

血力學的 變化: 20°C 心搏數의 下限値는 40/min(約 50%)로써 Rittenhouse의 20% 減少보다는 현저했다. 그러나 後者의 경우 患者로써 digitalization으로 오는 徐脈 때문에 그 減少가 적은 것으로 생각된다. 中央 動脈壓은 37mmHg(39%)로 減少되었고 Rittenhouse⁴²⁾의 40%와 비슷하다.

代謝性 變化: 表面冷却時 lactate 增加가 적은것은 aerobic metabolism이기 때문이며 體外순환 冷却時 急激한 增加는 anaerobic metabolism임을 알 수 있다. Rewarming이 끝난後 6時間에는 正常値로 돌아감을 알 수 있다. 이는 體外순환이 急速度로 重要臟器(heart, Kidney, Liver)를 rewarming시키는 長點임을 알 수 있다. Mohri⁴³⁾는 lactic acid가 pyruvic acid보다 높은

値를 나타내서 anaerobic metabolism 을 더욱 잘 반영한다고 했다. Barratt³⁹⁾는 體外순환으로 冷却時 表面 冷却보다 2배의 lactic acid 가 增加하며 血中 lactic acid 의 濃度는 ① 組織에서 生成率 ② 組織에서 washout 되는 率 ③ lactate 代謝率 ④ 尿로 排泄되는 率 이 左右된다고 했다.

血液學的 變化: 赤血球, 血色素, Hematocrit, 血小板等 減少는 hemodilution method 와 機械的인 破壞에 依한다고 생각된다.

電解質: Na⁺와 Cl⁻減少는 輕微하나 低温下의 K⁺低下는 甚하다. 이는 ① alkalosis 에 依한다는 說^{42, 43)}과 利尿劑의 作用이란 說이 있으나 不確實하다. 더우거나 K⁺減少는 心筋장애 及 不靜脈의 原因이 되므로 固코 定되어야 한다.

雜犬에서 低温法과 除限된 體外순환을 동반한 開心術이 미치는 影響을 觀察한바 다음과 같다.

1) 20°C 1時間에서 血力學的인 面에서 充分히 維持되었다.

2) 低温時 若干의 代謝性 酸症이 있었으나 再加溫時 점점 回復되었다.

3) 20°C 1時間의 心停止後 腦損傷은 전혀없었다.

4) 低温時 血中 potassium 의 中等度低下를 가져왔다.

5) 血漿內 遊離 Hg 의 輕度の 增加를 가져 왔으며 以上の 事實은 低温과 體外순환의 長點을 併用함으로써 小兒의 開心術 成績을 더욱 向上시킬 수 있음을 알수 있다

REFERENCES

1. LeGallois, J. J. C.: *Experiences sur le principe de la vie. notamment sur celui des mouvements du coeur, et siege de ce principe, Paris, D'Gautel, 1812. cited from 2.*
2. Hewitt, R. L. and Creech, O.: *History of the pump oxygenator, Arch. surg. 93, 682-696, 1966.*
3. Dennis, C., and Varco, R. L.: *Development of pump oxygenator to replace the hart and lungs; An apparatus applicable to human patients and application to one case. Ann. Surg. 184, 709-721, 1951.*
4. Gibbon, J. H.: *Application of a machanical heart and lung apparatus to cardiac surdiac*

- surgery. minnesota Med. 37, 771, 1954*
5. Long, D.M., and Lillefei, C.W.: *The use of low molecular weight dextrao and serum albumin as plasma expander in extracorporeal circulation. Surgery 50, 12-28, 1961.*
6. Zuhdi N., and Greer, A.: *Double helical reservoir heart lung machine designed for hypothermic perfusion (primed with 5% D/W in water: including hemodilution. Arch. Surg. 82, 32, 320-325, 1961,*
7. Clark, R.E. and Milles, M.: *The infant temptrol oxygenator. J. Thorac. cardiovasc. Surg. 60, 54-62, 1979.*
8. Rygg, I.H. Jorgensen, M.: *Gas change in the Rygg-Kyvsgaard bubble oxygenator. Thorax 18, 220-224, 1963.*
9. Kalke, B.R. and Lillehel, C.W.: *A clinical evaluation of the new Temotrol (Beetley) disposable blood oxygenator. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 57, 479-487, 1969.*
10. Sloan, H., and Sigmann, J.: *Open heart surgery in infancy. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 44, 459-476, 1962.*
11. Baffes, T.G.: *Total cody perfusion in infants and small cyildren for open heart surgery. J. Pediat. Surg. 3, 551-560, 1968.*
12. Lindesmith, G.G. and Jones Jones, J.C.: *Cardiac surgery in the first month of lift. Ann. Thorac. Surg. 2, 250-271, 1966.*
13. Ashmre, P.G.: *Cardiopumonaro byass in the infant. Surgery 54- 361-364, 1963.*
14. Thomson, N.B.: *Experimontal and clinical studies of a moniaturized disc oxygenator for infants, Dis. Chest 48, 416-426- 1965.*
15. 和田壽郎: 札醫大 sheet 型 人工肺, 醫科器械學 雜誌 38(11), 776. 1998.
16. Baesen, I.: *The prognosis without surgery of congenital cardiac lesions under the age of two years J. of Cardiovasc. Surg, 5, 579, 1964.*
17. Hay, J.: *Population and clinic studies of congenital heart disease in Liverpool. Br. Med. J. 2, 661, 1966.*
18. Cornell, W.P., and Sabiston D.C.: *Results of the Blalock-Hanlon operation in 90 patients with*

- transposition of the great vessels. J. Thorac. Surg. 52, 525, 1966*
19. Benzing, G., and Kaplan, S.: *Effect of myocardial ischemia on left ventricular function after hypothermic cardiopulmonary bypass. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 56:241, 1968*
 20. Halman, G.L., and Cooley, D.A.: *Two stage surgical treatment of V.S.D: Results of pulmonary artery banding in infants and subsequent open heart repair. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 52, 476, 1966.*
 21. Mustard, W.T., and Trusler, G.A.: *Cardiovascular surgery in the first year of life. J. Thorac. Surg. 59, 761, 1970*
 22. Barratt-Boyes, B.G., and Neutze, J.M.: *Aortic arch interruption associated with patent ductus arteriosus, V.S.D. and total anomalous pulmonary venous connection. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 68, 367, 1972*
 23. Chig, E., McGoon, D.C.: *Total correction of cardiac anomalies in infancy using extracorporeal circulation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 92, 117, 1971.*
 24. Dillard, D.H., and Mohri, H.: *Correction of heart disease in infancy utilizing deep hypothermia and total circulatory arrest. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 61, 64, 1971.*
 25. Malm, J.R., and Blumenthal, S.: *Open heart surgery in the infant. Am. J. Surg. 119, 613, 1970.*
 26. Nishikawa, K.: *Cerebral dysfunction following open heart surgery under surface induced hypothermia. Jap. J. Thorac. Surg. 24, 467, 1971.*
 27. Starr, A., and Sunderland, C.O.: *Total correction of tetralogy of Fallot in infancy. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 65, 45, 1973.*
 28. Ashmore, P.G., Wakeford, J., and Harterre, D.: *Pulmonary complications of profound hypothermia with circulatory arrest in the experimental animal. Can. J. Surg. 7, 93, 1964*
 29. Baum, D., Gale, C.C., and Dillard, D.H.: *Plasma growth hormone in the infant undergoing deep hypothermic cardiovascular surgery. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 128, 70, 1968.*
 30. Breckenridge, I.M., Oelert, H., Graham, G.R., Stark, J.S., Waterston, D.J., and Bonham-Carter, R.E.: *Open heart surgery in the first of life. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 95, 58, 1973.*
 31. Ching, E., Dushane, J.W., McGoon, D.C., and Danielson, G.K.: *Total correction of cardiac anomalies in infancy using extracorporeal circulation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 62, 117, 1971.*
 32. Cooley, D.A., and Hallman, G.L.: *Surgery during the first year of life for cardiovascular anomalies. (A review of 500 consecutive operations.) J. Cardiovasc. Surg. 5, 584, 1964.*
 33. Barratt-Boyes, B.G., Simpson, M., and Neutze, J.M.: *Itracardgery in neonates and infants using deep hypothermia with surface cooling and limited cardiopulmonary bypass. Circulation 43 (suppl. 1.), 25, 1971.*
 34. Breckernridge, I.M., Oelert, H., Graham, G.R., Stark, J.S., Waterston, D.J., and Bonham-Carter, R.E.: *Open heart Strgery in the first year of life. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 65, 58, 1973.*
 35. Brichman, R.D., Yates, A.J., Crisler, C., Schwentker, E., Bron, K., and Bahson, H.T.: *Circulatory arrest during profound hypothermia. Arch. Surg. 103, 259, 1971.*
 36. Hikasa, Y., and Konishi, Y.: *Open heart surgery under two years of age using deep hypothermia with surface cooling and partial cardiopulmonary bypass. J. Cardiovasc. Su Surgery (Torino). In press.*
 37. Barratt-Boyes, B.G., and Neutze, J.M.: *Aortic arch interruption associated with patent ductus arteriosus, ventricular septal defect and total anomalous pulmonary venous connection. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 63., 367, 1972.*
 38. Carlgen, L.E.: *The incidence of congenital heart disease in children born in Gothenburg 1941 to 1950. Br. Heart J. 21, 40, 1959.*
 39. Barratt-Boyes, B.G.: *Complete correction of cardiovascular malformations in the first two years of life using profound hypothermia. Heart:*

- disease in infancy, p. 34, Churchill Livingstone, Edinburgh and London, 1973.*
40. Mori A. : *Deep hypothermia combined with cardiopulmonary bypass for cardiac surgery in neonates and in infants. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 64, 427, 1972.*
41. Edward A. R., Mori H., Dillard D. H., and Merendino K. A. : *Deep hypothermia in cardiovascular surgery. The annals of thoracic surgery, 17, 87, 1974.*
42. Rittenhouse, E. A., and Mohri, H. : *Circulatory dynamics during surface induced deep hypothermia and after J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 61, 359, 1971.*
43. Litwin, M. S. and Moore, F. D. : *Acidosis and lactacidemia in extraaortic circulation. Ann. Surg., 149, 168, 1959.*
-