

冷血 K 心停止液의 臨床的 利用

吳奉錫 · 金相炯 * · 李東俊 *

- Abstract -

Clinical use of cold blood potassium cardioplegia

Bong Suck Oh, M.D.,* Sang Hyung Kim, M.D.,* and Dong Joon Lee, M.D.*

Cold blood potassium cardioplegia, by two types of the infusion systems, was used in 45 patients who were undergone the open cardiac operation. Method A (in 25 patients) was the syringe infusion system and method B (in 20 patients) was the pump infusion system.

Cold blood potassium cardioplegic solution was used less amount on method B than method A. Serum potassium was often increased significantly on method A as a result of excessive infusion of cold blood potassium cardioplegic solution. But method B, excessive infusion of cold blood potassium cardioplegic solution was prevented by reperfusion of the previous infused cold blood potassium cardioplegic solution through the recirculation system.

Alteration of infused rate and concentration of potassium in cold blood potassium cardioplegic solution during infusion (which might be suggested on the method A) could be controlled on method B.

緒論

開心術時 心筋保護는 手術直後의 心筋蘇生力과 밀접한 關係를 가지고 있으며 現在 開心術에서 當面한 가장 큰 問題일 것이다. 心筋保護의 方法으로는 全身低溫法, 心筋局所冷卻法, 心停止液의 使用等 여러방법이 있는데 現在에는 이들의併合使用이 一般화 되어 있다. 1955年 Malrose等¹⁾에 依해 高濃度의 K⁺ (248mEq/L)을 利用한 心停止液이 처음 發展된 後 Cross等²⁾ (1957年), Burnhard等³⁾ (1960年)에 의해 冷血을 利用한 心停止方法이 試圖되었다. 그러나 이들의 方法은 基한 心筋損傷을 招來하여 開心術時 이들의 使用이 中止되었으나 最近 Follette⁴⁾ 및 Cunningham (1979年)等⁵⁾에 依해 冷却血液 (10°C前後)에 KCL (25 ~ 30mEq/L)을 混合하여 使用한 心停止液이 實驗的 및 臨床的으로 心筋保護效果가 보다 좋다는 것이 報告되고 있다.

今般 本 全南醫大 胸部外科教室에서는 1979年 1月

* 全南醫大 胸部外科教室

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery,
Channam National University Hospital.

부터 1981年 8月까지 冷血 potassium 心停止液 및 心臟局所冷卻法과 全身冷卻法 (28 ~ 32 °C)을 併用 實施한 開心術患者 45例를 對象으로 했다.

初期에는 冷血K心停止液의 注入을 動脈血回路에서 注入器로 注入했으며 最近에는 動脈血回路에서 冷却器를 通한 再循環器에서 펌프로 注入했다. 이 두가지 方法을 使用하여 患者들의 臨床的 및 血力學的 變化를 比較하여 觀察하였기에 報告코자 한다.

對象 및 方法

1. 對象

1979年 1月부터 1981年 8月까지 全南大學 胸部外科에서 實施한 開心術患者 45例를 對象으로 하였으며 이중 先天性 심장질환이 32例, 後天性 심장질환이 13例였으며 少兒가 23例 (3 ~ 15才), 成人이 22例 (16 ~ 43才)이었다. 病類別로는 TOF 14例, VSD 8例, ASD 5例, VSD + PDA 2例, VSD + ASD 1例, ASD + PDA 1例, PS 1例, MS 7例, MSI 4例, MI 1例, myxoma 1例였다.

2. 方 法

冷血K心停止液의 組成은 充填量의 亦血球容積을 20 ~ 30 %로 만들어서 K를 25 ~ 30mEq/L, PO₂, 300 mmHg로 維持하였으며 NaHCO₃를 全血液 1 pint當 12 mEq/L를 混合시켜 酸性度를 7.4以上으로 alkali로 만들었다. 이때의 心停止液의 温度는 冷却回路을 通過함으로 4 °C안팎으로 維持하였다.

冷血K心停止液의 注入時 方法A (Fig. I), 方法B (Fig. II)를 使用하였다.

方法A는 人工心肺器를 通过 動脈血回路에서 補助回路를 만들어 冷却器 (4 °C 以下 H₂O)를 경유하여 50

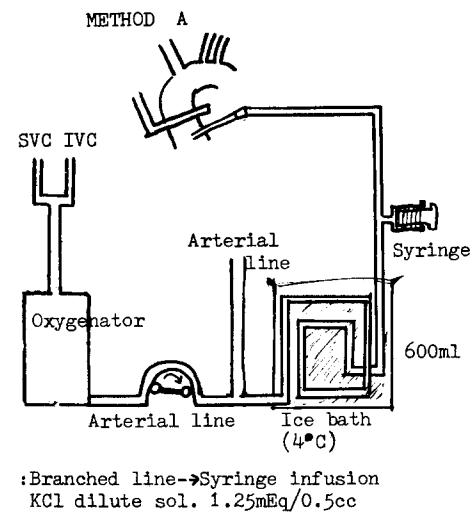


Fig. 1 Pressure changes before and after correction.

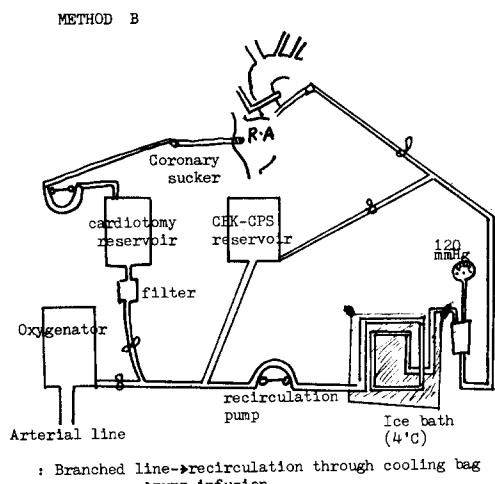


Fig. 2 Change of pressure gradient between RV and PA after Correction.

ml冷血을 KCl (1.25mEq/0.5CC)混合시켜 大動脈遮斷後 心臟이 停止될때까지 冷血K心停止液을 주사기로 注入했다. 이때 冷却器를 通过 冷却回路의 冷血量은 600ml로 하였다.

方法B는 人工心肺器를 通过 動脈血回路에서 補助回路를 만들어 心停止液貯藏器에 充滿시킨 다음 KCl (25 ~ 30mEq/L)를 注入後 再循環器를 通过하여 계속적으로 冷却시킨다. 大動脈遮斷後 冷心血停止液 (4°C)을 一定한 壓力으로 (80 ~ 120mmHg) 一定量을 注入하였다. 注入한 心停止液은 右心房의 切開後 흡입기로 再吸收하여 貯藏器를 通해서 再使用할 수 있게 했다.

方法A에서 冷血K心停止液의 注入量은 心電圖上活動이 소실될때까지 注入하였으며 添加量은 每 20分 ~ 30分後 或은 心電圖上活動이 나타날때 再注入시켰다.

方法B에서 最初注入은 10ml/Kg로 하였으며 添加量은 역시 每 20 ~ 30分後 或은 心電圖上活動이 나타날때 再注入시켰다.

心筋의 温度는 方法A, 方法B兩群에서 10 °C前後로 維持하였으며 兩群에서 core cooling으로 全身溫度를 28 °C ~ 32 °C로 하였다.

冷血K心停液을 使用한 對象은 總 45例였으며 方法A에서 25例, 方法B에서 20例였다.

3. 冷血心停止液 使用對象의 臨床的所見 (Table I)

開心術前 Digoxin 및 利尿剤 治療을 했던 患者는 少兒 6例 (23%), 成人 9例 (47%)이며 全體外循環時間은 少兒 98 ± 37.4min, 成人 128 ± 34.9min였다. 大動脈遮斷時間에서는 少兒 58.5 ± 34.8min, 成人 93.2 ± 37.7min였다.

Table 1. Clinical data in cold blood potassium cardioplegia

Group	Age (Yr.)	Preop. med.	Bypass time (Min.)	Aortic cross clamp (Min.)
Pediatric (n=26)	8.7±3.7	6 (23%)	98±37.4	58.5±34.8
Adult (n=19)	28.0±9.0	9 (47%)	128±34.9	93.2±32.7

結 果

1. 血力學的 變化 (Table II)

方法A, 方法B에서 大動脈遮斷除去直後의 電氣的除細動과 大動脈遮斷直後 2時間值의 心臟搏動數, 動脈血壓

Table II. Hemodynamic Changes

Method A	Electrical defibrillation	Heart Rate		Arterial Pressure		Peak developed pressure	
		preop.	postop.	preop.	postop.	preop.	postop.
Pediatric (n=15)	6 (40%)	105±14.9	119±12.5	110/71	101/75	109.6±8.07	101.4±8.71
Young age (n=10)	4	85±9.8	99±8.8	118/73	106/78	117.8±9.75	105.8±10.51 significance (+)
death: 7 ±: standard deviation							
Method B	Electrical defibrillation	Heart Rate		Arterial Pressure		Peak developed pressure	
		preop	postop.	preop.	postop.	preop.	postop.
Pediatric (n=11) (50%)	6	102±11.6	118±10.4	112/72	108/73	111.9±7.78	108±8.14
Adult and young age (n=9)	4	79±10.2	91±16.6	121/73	117/79	120±10.35	117±6.26 significance (-)
death: 3							

Table III. Amount of CBK-CPS and Serum potassium level

Method A	CBK-CPS. infused amount (ml)	Serum Potassium Level (mEq/L)	
		preop.	postop.
Pediatric (n=15)	640±210	3.5±0.23	3.3±0.29 (p < 0.05)
Adult (n=10)	1360±580	3.8±0.41	3.3±0.16 (p < 0.005)
Pediatric group 1 case: Serum K Level after bypass (7.0 mEq/L) (Total amount: 2800cc)			
Method B	CBK-CPS. infused amount (ml)	Serum Potassium Level (mEq/L)	
		preop.	postop.
Pediatric (n=11)	455±142	3.9±0.32	3.9±0.12 (p > 0.1)
Adult (n=9)	921±281	3.8±0.21	4.0±0.37 (p > 0.1)
Total amount of administered K: 50mEq/L (Adult)			

最高血壓을 手術前後로 比較했다.

方法A에서 大動脈遮斷去除直後 電氣的除細動은 40%에서 施行하였으며 心搏動數는 術前에 比해 術後若干의 增加를 보였다. 動脈血壓에서는 術後가 術前보다 減少를 보였다. 最高血壓역시 手術前後 有意差을 보였다.

方法B에서 大動脈遮斷去除後 電氣的 除細動은 50%에서 施行했으며 다른所見에서는 方法A와 比較時 有意差가 없었다.

2. 血中及心停止液中 K值 (Table III)

冷血心停止液及患者血液中 K值를 術前, 術中, 術後直後에 测定해서 比較했다. 方法A에서는 冷却器를 단한 번 지나서 體內循環으로 注入되기 때문에 冷却能力이 很

어져 心停止液이 大量을 必要로 하였으며 方法B에서는 계속적인 再循環으로 冷却能力이 좋아서 보다 少量이 必要하였다. 結果的으로 方法A와 方法B에서 心停止液 注入量에서 有意의 差를 보였다.

血中K值를 比較해 보면 方法A에서 術前後 現자한 變化는 볼 수 없었으나 少兒 1例에서 體外循環後 血中K值가 7mEq/L로 增加하였다. 이때의 總心停止液量은 2,800ml였다. 方法B에서 K⁺를 1mEq/Kg를 추가해 주었음에도 血中K值 變化는若干의 有意差만 보였다.

3. 冷血K心停止液의 Gas Analysis (Table IV)

方法A에서 最初心停止液의 Gas Analysis는 人工心肺器作動時 血液의 正常值와 同一하여 大動脈遮斷時間이

Table IV. Gas analysis of Cold blood K cardioplegia

		Hct%	PO2	PCO2	PH
Method A	Initial CPS	20~30	286±41.5	12.9±4.0	7.57±0.8
	Reformed CPS	20~30	290±40.0	20.5±3.1	7.35±0.6
Method B	Initial CPS	20~30	304±30.6	11.9±4.3	7.50±1.2
	Reperfused CPS	20~30	123±22.1	25.4±6.1	7.39±0.6

질어서 心停止液量이 부족시 새로만든 心停止液은 酸性度에서 有意差을 보였다. 方法B에서 最初心停止液은 方法A의 心停止液과 有意差가 없으나 再活用한 心停止液은 PO_2 : $123 \pm 22.1\text{mmHg}$, PCO_2 : 25.4 ± 6.1 , PH : 7.39 ± 0.6 으로 각각 有意差를 보였다.

考 察

術中 心筋保護의 程度는 心筋收縮의 保存度를 測定함으로 알 수 있다. 그러나 心機能에는 末梢血管抵抗, 心臟搏動, preload, After load等 여러가지 複合問題가 있기 때문에 測定하기 매우 어렵다.

全身低溫法은 心筋保護의 가장 기본으로 報告된 바 있다.⁶⁾ 心筋局所冷却法⁷⁾, 心冠狀動脈灌流로 因한 冷却法은⁸⁾ 兩者 모두 停止狀態의 心臟에 心筋保護 ability이 있다고 하였다.

心停止液의 使用은 Melrose等¹⁾ 이 利用한 후 여러가지 心停止液이 發見되고 있다. 이들 心停止液이 發見되고 있다. 이들 心停止液의 大部分은 K을 利用하고 있으며 때로는 Mg 와 K를併用하여 使用하기도 한다. 또한 細胞膜의 安定感을 주기 위해 procaine (lidocaine)을 使用하기도 한다. 그외 glucose, insulin等도 利用되고 있다.^{4,9,10)}.

冷血K心停止液의 使用은 過去 Cross²⁾等, Burnhard等³⁾에 依해서 心筋保護方法으로 使用되었으나 茲한 心筋損傷이 發生 報告한 以來 일시 中斷되었다. 最近 1978年, Follette等⁴⁾, 1979년 Cunningham等⁵⁾에 依해서 化學的 心停止液보다 優秀한 心筋保護 效果가 있다고 發表한 아래 많이 利用되고 있다. 즉 冷心血心停止液은 正常生理溶液으로서 滲透壓과 Oncotic 壓을 維持할 수 있으며 osmolarity를 維持하기 위해서 쓰는 albumin, mannitol, dextrose等을 添加할 必要가 없으며 血液自體가 酸素運搬ability를 가지고 있으며 代謝의 維持를 시킬 수 있다. 또한 化學的 心停止液에서 解決이 안 되는 비호기성대사의 10~20%를 保存할 수 있으며 心筋의 ATP의 90%를 保存할 수 있다. 또한 K을 追

加 (25~30mEq/L) 해주므로서 化學的 心停止液과 같은 細胞膜의 安定性을 이루어 준다. 그밖에 體外循環器로부터 直接 心停止液을 받아내기에 準備가 簡單하고 價格이 저렴한 것도 長點으로 報告되고 있다. 특히 E.F < 35%, 大動脈遮斷時이 90分이상의 患者에서 보다 더욱 効果가 있다고 한다¹¹⁾. 短點으로는 5°C에서 Cold agglutinin을 形成하는 것인데 이는 20~30%의 血液회석과 mannitol을 利用함으로 防止할 수 있다.¹²⁾

冷血K心停止液과 化學的 心停止液을 比較해볼 때 手術後 心筋機能에서는 크게 差異點은 發見할 수 없으나 다만 自動發生的 除心細動에서 冷血K心停止液이 効果가 優秀하고 術後 Nitroprusside의 使用은 化學的 心停止液보다 더 많이 必要로 한다¹³⁾.

冷血K心停止液의 注入 方法에는 20~30分 간격으로 期間的인 注入이 心筋保護效果에 좋으며¹⁴⁾ 心停止가 一定한 壓力 (80~100mmHg)으로 維持시키는 것이 보다 큰 心筋保護 effect가 있다고 하였다¹⁵⁾. 또한 化學的 心停止液에서 K^+ 의 가장 適當한 濃度는 20~30mEq/L로 報告되고 있다¹⁶⁾.

結論

1. 45例의 開心術을 方法A (25例), 方法B (20例)에서 冷血K心停止液을 利用하였다.
2. 方法A는 人工心肺器에서 冷却器를 通해 注射器로 注入하였고 方法B는 再循環器를 設置 注入하였다.
3. 心停止液 使用量은 方法B가 方法A보다 적은量이 所要되었다.
4. 血中K值는 方法B가 方法A보다 K值의 過量 投入을 막을 수 있었다.
5. 注入速度의 變化와 血-KCL混合程度 差異는 方法B가 方法A보다 調節하기 쉬웠다.

REFERENCES

1. Melrose D.G., Dreyer B., Bentel H.H., Baker I.E.B.:

- Elective cardiac arrest. Lancet 2:21, 1955.*
- 2. Cross F.S., Jones R.D., Berne R.M.: *Localized cardiac hypothermia as an adjunct to elective cardiac arrest.; Surg. Forum 8:355-359, 1957.*
 - 3. Barnhard W.F., Schwartz H.F., Mallict N.P.: *Intermittent cold coronary perfusion as an adjunct to open heart surgery.: Surg. Gynecol. Obstrect. 111:744-748, 1960.*
 - 4. Follette DM, Mulder DG, Maloney JV, Buckberg GD,: *Advantage of blood cardioplegia over continuous coronary perfusion or intermittent ischemia. J Thorac Cardiovasc Surg 76:604-619, 1978.*
 - 5. Cunningham JN, Adams PX, Knopp EA, Baumann FG, Snnvley SL, Gross RI, Nathan IM, Spencer FC,: *Preservation of ATP, ultrastructure, and ventricular function after aortic cross clamp time and reperfusion. Clinical use of blood potassium cardioplegia. J Thorac Cardiovasc Surg., 78:708, 1979.*
 - 6. Buckberg GD, Brazier JR, Goldstein SM, MC Connell DH, Cooper N,: *Studies of the effect of hypothermia on regional myocardial blood flow and metabolism during cardiopulmonary bypass. The adequately perfused beating, Fibrillating and arrested heart. J Thorac Cardiovasc Surg. 73:87, 1977.*
 - 7. Nelson RL, Goldstein SM, McConnel DH, Maloney JV, Buckberg GD,: *Profound Topical hypothermia during ischemia in arrested heart. J Thorac Cardiovasc Surg. 73:201, 1977.*
 - 8. Merchant F, Feinberg H, Levisky S,: *Sequential analysis of altered myocardial metabolism and contractility induced by normothermic arrest and reperfusion. J Surg Res. 16:153, 1974.*
 - 9. Buckberg GD,: *A proposed solution to the cardioplegic controversy. J. Thorac Cardiovasc Surg. 77:803, 1979.*
 - 10. Lange GA,: *Kinetic study of calcium distribution in ventricular muscle of dog. Circ. Res. 15:393, 1964.*
 - 11. Jyng P, Hearse DJ, deLeirls J, Feuvray D, Braimbridge MV,: *Protection of the ischemic myocardium. J. Thorac Cardiovasc Surg. 76:2, 1978.*
 - 12. Shapira N,: *Comparison of the effect of blood cardioplegia to crystalloid cardioplegia on myocardial contractility in man. J. Thorac Cardiovasc Surg. 70:647, 1980.*
 - 13. Laks H, Barner HB, Standeven JW, Hahn JW, Mena Ij,: *Myocardial protection by intermittent perfusion with cardioplegic solution versus intermittent coronary perfusion with cold blood. J. Thorac Cardiovasc Surg. 76:158, 1978.*
 - 14. Tamamoto S, levine FH, Laraia PJ, Adzick NS, Fallon JT, Austen WG,: *Comparison of single-dose and multiple-dose crystalloid and blood potassium cardioplegia during prolonged hypothermic aortic occlusion.: J. Thorac Cardiovasc Surg. 79:19-28, 1980.*
 - 15. Cunningham JN, Abbas JS, Adams PX, Nathan I, Klugman BS, Spencer FC,: *Constant-pressure Aortic root perfusion versus cardioplegia and hypothermia. J. Thorac Cardiovasc Surg. 77:496, 1979.*
 - 16. Ghargozloo BA, Bulkley BH, Hutchins GM, Bixer TJ, Schaff HV,: *Potassium-induced cardioplegia during normothermic cardia arrest. J. Thorac Cardiovasc Surg. 77:602, 1979.*