

術後の身体および精神機能発達からみた 単純低体温下開心術の適応

森本 雅巳 志田 寛 井之川孝一
津金 次郎 杠 英樹
信州大学医学部第2外科学教室

Indication of Hypothermic Open-Heart Surgery, Evaluated by Postoperative Somatic and Psychomotor Development of Children

Masami MORIMOTO, Hiroshi SHIDA, Koichi INOKAWA,
Jiro TSUGANE and Hideki YUZURIHA
Department of Surgery, Shinshu University School of Medicine

Somatic, intellectual and psychomotor development was studied in 107 subjects who had closure of ventricular septal defect before the age of 12 by surface-induced deep hypothermia and circulatory arrest. The time between operation and re-evaluation ranged from 1.5 to 13 years. Somatic development was normal in all subjects. Intellectual and psychomotor development was measured by intelligence quotient (I. Q.), electroencephalogram (EEG) and computerized tomogram of the brain. There was a significant negative correlation between the I. Q. and the age of operation, suggesting better results in younger subjects. As to the EEG, 10 (50%) out of 19 subjects over 2 years of age with circulatory arrest for more than 30 minutes showed abnormal findings, while abnormal findings appeared in 5 (22%) out of 23 subjects under 2 years of age with more than 30 minutes' arrest, suggesting better results in younger subjects. The results suggest that hypothermic open-heart surgery may be indicated in early infancy (under 2 years of age) with congenital cardiac malformation. *Shinshu Med. J.*, 30: 391-395, 1982

(Received for publication April 30, 1982)

Key words: hypothermia, open-heart surgery, ventricular septal defect, somatic development, psychomotor development

低体温, 開心術, 心室中隔欠損症, 身体的発育, 精神機能発達

I はじめに

開心術の補助手段として、現在、人工心肺を用いる体外循環法、体温を低下させ代謝を抑制して血流遮断時間の安全限界を延長させる低体温法およびこれらの併用法が用いられている。特にわが国では Okamura ら¹⁾によって欧米では完成し得なかった表面冷却超低体温法(単純低体温法)により長時間の血流遮断が可能となり、今日では乳幼児期の開心術に優れた成績を

あげている。しかし、単純低体温法は優れた補助手段であるが、その適応には限界がある。そのためわれわれは教室における単純低体温下開心術例を合併症および死亡の面より検討し、その適応の基準を設けた。すなわち、単純低体温法における致命的合併症として重要視されるものは低心拍出量症候群(LOS)およびLOSに続発する脳障害であり、さらに年長者および肥満者が冷却時における循環障害および冷却遅延をきたし、心蘇生困難あるいは不能となったことが認めら

れたが、本法自体によると考えられる死亡はきわめて少なかったことより、本法は6歳以下、20kg以下の乳幼児で、60分以内に心内操作が終了すると予測される心疾患に適応されるべきと設定した。

今回、教室において単純低体温下に開心術を施行した小児の心室中隔欠損(VSD)症例について、術後遠隔時における身体および精神機能ならびに脳波検査などより、本法の適応をあらためて検討した。

II 対象および方法

単純低体温下に開心術を施行した VSD は123例で、手術時年齢は6ヵ月から12歳である。年齢分布は6ヵ月から2歳未満28例、2歳以上95例である。術後の観察期間は1年半から13年で、今回の検討ではこの123例中死亡例を除いた115例について遠隔調査し、成績が得られた107例を対象とした。死亡は早期死亡7例(LOS 5例、呼吸不全1例、脳障害1例)および晚期死亡1例(完全房室ブロック1例)の計8例(死亡率6.5%)で、脳障害は1例のみであった。術後遠隔時の身体的発育は体重と身長および学業あるいは社会活動能で評価し、アンケートおよび外来受診を併用して調査した。精神機能の評価は知能指数(I. Q.)、脳波および脳の computed tomogram (CT) で行った。知能指数は WISC で測定し、脳波は池上による脳波所見の分類にしたがって分析した。

単純低体温法は Okamura ら¹⁾の方法で行い、対象症例の最低食道温は20~24°C、平均23°Cであり、血流遮断時間は19~55分、平均33分であった。

III 成 績

A 身体的発育

1 体重および身長

術後遠隔時17歳以下の男子37名についてみると、体重および身長は全例、標準範囲内あるいはそれ以上にあることが認められた(図1)。17歳以下の女子についても同様の所見が認められた。

2 運動活動および学業成績

運動活動能力を、運動部に入っている Active in Sports、普通の運動を行っている Normal および運動ができない No Training に分類した。17歳以下の56名についてみると、Active in Sports 17名、Normal 39名および No training 0名であった。学業成績は Excellent 7名、Normal 49名および Poor 0名で、全例 Normal 以上であった(表1)。

3 社会的活動

術後遠隔時18歳以上の26名についてみると、普通の職業についているもの13名、就業していないものは学生7名および主婦6名で、社会活動が不可能なものは認められなかった(表2)。

B 精神機能

1 知能指数(I. Q.)

107例中無差別に選択した45例について術前の I. Q. と術後(退院時および遠隔時)の I. Q. とを比較検討した。総合的 I. Q.、言語 I. Q. および動作 I. Q. は術前と退院時および術前と遠隔時との比較において、I. Q. の低下はいずれの場合も認められなかった(表3)。

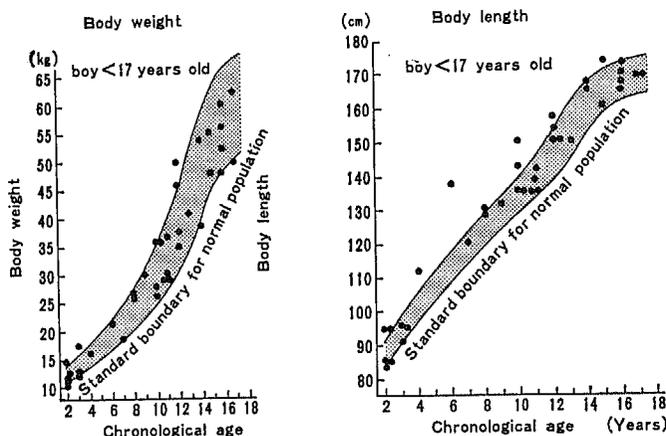


図1 開心術後遠隔時の体重と身長

遠隔時 I. Q. と血流遮断時間および手術時年齢との関係をみると、遠隔時 I. Q. と血流遮断時間には相関は認められないが、遠隔時 I. Q. と手術時年齢には有意の逆相関が認められた。すなわち、手術時年齢が若いものほど良好な I. Q. を示すことが認められた(図 2)。

表 1 開心術後遠隔時17歳以下の運動活動および学業成績

	Active in sports	Normal	No training
School activity =56	17 (30%)	39 (70%)	0
	Excellent	Normal	Poor
Students' records	7 (12.5%)	49 (87.5%)	0

表 2 開心術後遠隔時18歳以上の社会的活動

	Normal employment	Unemployed*	
		College student	Housewife
Social activity n=26	13 (50%)	7 (27%)	6 (23%)

* all could work

表 3 開心術前、退院時および遠隔時の知能指数

	Total I. Q.	Linguistic I. Q.	Behavioral I. Q.
Before op.	113±12*	113±12*	108±9*
Discharge	112±13	109±13	112±13
	NS	NS	NS
Follow-up	110±14	107±15	110±11
	NS	NS	NS

n=45

NS, statistically no significance; *, control value of statistical analysis

表 4 血流遮断解除後の加温過程における脳波出現時期とその時の体温

Circulatory arrest	No.	Lowest temperature (°C)	Arrest period (min)	Appearance time of EEG (min)	Appearance temp. of EEG (°C)
<30min (>2 years old)	13	22.4±0.8	24.2±3.1	60.2±19.5	30.9±2.3
>30min (<2 years old)	40	20.7±1.2 (p<0.001)	48.3±10.9 (p<0.001)	89.2±28.4 (p<0.001)	33.9±1.5 (p<0.001)

Statistical analysis: Circulatory arrest <30 min versus >30 min

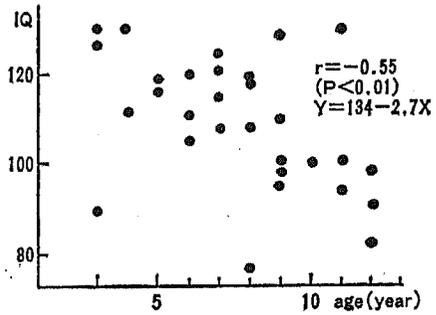


図 2 開心術後遠隔時の知能指数と手術時年齢の関係

2 脳波

a 術中加温時の脳波

血流遮断解除後の加温過程における脳波の出現時期とその出現時の体温を血流遮断時間30分以内の症例13例と血流遮断時間30分以上の40例に分けて検討した。血流遮断時間の長い後者が脳波の出現時期は遅れ、その時の体温は前者に比較して上昇している。すなわち、血流遮断時間が延長するほど脳波の出現する時期が遅れることが示された(表 4)。

b 遠隔時の脳波

脳波は Normal, Borderline, Abnormal 1° および Abnormal 2° の 4 群に分類した。血流遮断時間30分以内で2歳以上の症例(A), 血流遮断時間30分以上で2歳以上の症例(B), および血流遮断時間30分以上で2歳未満の症例(C)に分けて検討した。Aでは22例中9例が異常であったが、Bでは19例中10例、Cでは23例中5例が異常であった。すなわち、血流遮断時間の延長とともに異常所見が増加する傾向が認められ、手術時年齢が若いほど術後の異常脳波所見が少ないことが示唆された。異常脳波所見を有する症例には脳神経症状はまったく認められなかった(表 5)。

表5 開心術後遠隔時の脳波所見

Circulatory arrest	No.	Normal	Borderline	Abnormal 1°, 2°
<30 min (>2 years)	22	12 (54%)	1 (5%)	2, 7, (41%)
>30 min (>2 years)	19	8 (42%)	1 (5%)	4, 6, (53%)
(<2 years)	23	17 (74%)	1 (4%)	5, 0, (22%)

Preoperative abnormality 12%

表6 開心術後退院時および遠隔時の脳CT所見

	No.*	Normal	Abnormal
Discharge	18	12 (66%)	6 (34%)
Follow-up	15	14 (93%)	1 (7%)

*<2 years

3 脳CT

脳CT所見をNormalとAbnormalに分けて検討した。対象は2歳未満症例18例で、そのうち遠隔時検査し得たものは15例である。Abnormalは退院時18例中6例に認められたが、遠隔時には15例中1例に減少した。術後、時の経過とともに異常所見は消失することが示された(表6)。

IV 考 察

一般に先天性心疾患を有する小児は開心術によって血行動態が正常化されると術後には発育は促進され、術前の発育低下は急速に正常範囲にもどるといわれている。しかし、特に血流遮断を伴う低体温下開心術において、術後に身体および精神機能あるいは脳に障害が生ずるか否かはまだ解決されない問題の1つとなっている。ここではわれわれの単純(表面冷却)低体温法のほかに体外循環を用いて行う低体温法(併用法)も加えて考察した。

はじめに血流遮断を伴う低体温下開心術後の身体および精神機能についてみると、Messmer^{ら3)}およびStevenson^{ら4)}は単純低体温法で、それにDickinsonとSambrooks⁵⁾は併用法で、血流遮断のために術後それらに悪影響をおよぼす所見は2歳未満児には認められなかったと報告している。一方、Wright^{ら6)}は併用法では2歳未満児でも血流遮断を行った場合には術後発達異常が高頻度に認められたと述べている。ま

た、Brunberg^{ら7)}も同様な方法および年齢において、術後に中枢神経系の異常が認められたが、わずか数%であったと報告している。われわれの方法による成績では身体的および精神機能異常は認められなかったことから本法に由来する身体的発育障害はないと考えられる。

知能指数についてみると、単純低体温法を用いているStevenson^{ら4)}は術前のI.Q.と術後のI.Q.とは有意差は認められなかったと述べ、また、Messmer^{ら3)}も術後のI.Q.は手術時年齢との関係では手術時年齢が若いほど、そして血流遮断時間との関係では時間が長いほど、高値を示していると報告しているI.Q.と手術時年齢との関係についてはわれわれと同じ見解であり、手術時年齢が若年ほど本法が適応となることが示唆されている。

つぎに脳波であるが、はじめに手術時の血流遮断解除後の加温過程において、消失していた脳波が出現する時期は遮断時間が延長するほど遅れることが示されたが、Fisk^{ら8)}も動物実験で同様な所見を認めている。さらに彼らは脳の組織学的検査で脳の変化も次第に正常に戻り、脳波にも異常所見は認められなかったと述べている。つぎに術後遠隔時の脳波については、われわれの成績では被検者の約半数に異常所見が認められ、血流遮断時間の延長とともに異常脳波所見を示すものが増加する傾向が認められた。しかし2歳未満症例では異常脳波所見は少ないことが示された。Brunberg^{ら7)}は併用法で、術後遠隔時の脳波検査を行ったところ、2歳未満症例の22例中3例(14%)が異常所見を呈したにすぎないと報告している。一般に、異常脳波を示すものの頻度は約10~15%と報告されており、正常の規準をどこにおくかによって統計学的に差を生ずる場合が多いとされている⁹⁾。われわれの成績では遠隔時異常脳波が高頻度に認められたので、その異常脳波の臨床的意義ならびに転帰は不明であるが、今後再検討する必要があると考えられる。

最後に脳CTについてみると、われわれの成績では術直後に認められた異常CT所見は時の経過とともに消失するのが認められたが、馬場^{ら10)}は単純低体温法で行われた37症例中脳CTに異常所見が認められたのは5例であったと述べ、脳CT所見よりみて意識障害の程度および期間と脳の形態学的変化は関連していると報告している。一方、併用法でも、術後に異常CT所見が認められた症例があると報告されている¹¹⁾。われわれの症例で遠隔時に異常CT所見を示した1例は

脳波でも異常所見が認められたが、身体および精神機能には異常は認められなかった。脳 CT については今後症例数の増加を待って検討する予定である。

V 結 語

単純低体温法は開心術における有用な補助手段の 1 つであるが、その適応は術後の身体および精神機能発達の面からみて、現在われわれが基準としている適応年齢（6 歳以内）より若い年齢、具体的には 2 歳未満の先天性心疾患にあると考えられる。

文 献

- 1) Okamura, H., Yonezawa, T., Seta, K., Niitsu, K. und Wako, H. : Experimentelle und klinische Studien bei Operationen an offenen Herzen unter tiefer Hypothermie mit kardioplegischen Substanzen. Langenbeck Arch klin Chir, 297 : 593-633, 1961
- 2) 志田 寛, 森本雅巳, 井之川孝一, 津金次郎, 池上宗昭 : 単純低体温下開心術の安全性および適応の評価. 手術, 31 : 1249-1257, 1977
- 3) Messmer, B.J., Schallberger, U., Gattiker, R. and Senning, A. : Psychomotor and intellectual development after deep hypothermia and circulatory arrest in early infancy. J Thorac Cardiovasc Surg, 72 : 495-502, 1976
- 4) Stevenson, J.G., Stone, E.F., Dillard, D.H. and Morgan, B.C. : Intellectual development of children subjected to prolonged circulatory arrest during hypothermic open-heart surgery in infancy. Circulation, 49, 50 [Suppl. II] : 54-59, 1974
- 5) Dickinson, D.F. and Sambrooks, J.E. : Intellectual performance in children after circulatory arrest with profound hypothermia in infancy. Arch Dis Child, 54 : 1-6, 1979
- 6) Wright, J.S., Hicks, R.G. and Newman, D.C. : Deep hypothermic arrest : Observations on later development in children. J Thorac Cardiovasc Surg, 77 : 466-468, 1979
- 7) Brunberg, J.A., Relly, E.L. and Doty, D.B. : Central nervous system consequences in infants of cardiac surgery using deep hypothermia and circulatory arrest. Circulation, 49, 50 [Suppl. II] : 60-68, 1974
- 8) Fisk, G.C., Wright, J.S., Turner, B.B., Baker, W. deC., Hicks, R.G., Lethlean, A.K., Stacey, R.B., Lawrence, J.C., Lawrie, G.M., Kalnins, I. and Rose, M. : Cerebral effects of circulatory arrest at 20°C in the infant pig. Anaesth Intensive Care, 2 : 33-42, 1974
- 9) Solomon, S. : The neurological evaluation, In : Freedman, A.M. and Kaplan, H.I. (eds.), Comprehensive Textbook of Psychiatry, pp.428-440, The Williams and Wilkins Co., Baltimore, 1967
- 10) 馬場尚道, 内田象之, 松尾和彦, 森永敏行, 白石円樹, 松永尚文 : 頭部 CT 像よりみた低体温下循環遮断の影響. 日低温会誌, 2 : 43-51, 1982
- 11) 村岡隆介, 横田通夫, 青嶋 実, 曲 人伸, 野本慎一, 小林 彰 : 頭部 CT スキャンよりみた安全な体外循環法および超低体温法の条件. 胸部外科, 34 : 19-26, 1981

(57.4.30 受稿)