

原 著

単純超低体温下開心術における死亡例の検討

志田 寛 森本雅己 土屋 隆  
関 竜 幸 菅谷晴彦

信州大学医学部第二外科 (主任: 降旗力男教授)

本 間 勇 郷 足 立 英 二  
甲 府 市 立 病 院 外 科

西 尾 克 彦 松 田 三 郎  
岡 谷 市 塩 嶺 病 院 外 科

ANALYSIS OF DEATH OF OPEN HEART SURGERY  
BY SIMPLE PROFOUND HYPOTHERMIA

Hiroshi SHIDA, Masami MORIMOT, Takashi TSUCHIYA,  
Tatsuyuki SEKI and Haruhiko SUGANOYA

Department of Surgery, Faculty of Medicine, Shinshu University  
(Director: Prof. R. Furihata)

Toshikimi HONMA and Eiji ADACHI

Department of Surgery, Kofu City Hospital

Katsuhiko NISHIO and Saburo MATSUDA

Department of Surgery, Enrei Hospital, Okaya City

Key words: 開心術 (open heart surgery), 単純超低体温 (simple profound hypothermia),  
死亡例の検討 (analysis of death), 死因 (cause of death)

緒 言

従来, 我々は先天性心疾患の開心術は専ら単純超低体温法で行い, 現在までには満足すべき成績をおさめており, 更に単純超低体温下開心術の安全性向上のため, 本法の病態生理<sup>1)</sup>, 術中術後の代謝機構の変動<sup>2)</sup>並びに術後合併症<sup>3)</sup>などを追及し報告したが, 今回は単純超低体温下開心術の死亡例を検討し, 低体温法に起因すると考えられる症例の分析より, 本法施行上注意すべき問題点並びにその適応限界などについて述べる。

検索対象

1972年1月までに我々の取扱った先天性心疾患は, 表1の如く, 256例でこのうち単純超低体温下開心術

表 1 先天性心疾患手術例

非開心術	61	
P D A	55	死亡
その他	6	(1)
開心術	195	
A S D	76	(2)
E C D	2	
V S D	75	
P S	7	
P S + A S D	12	(1)
P S + V S D	7	
T F	14	(3)
バルサルバ洞破裂	2	(1)
計	256	(8)

(昭和47年1月)

は195例である。これを各疾患別にみると、心房中隔欠損76例、心内膜症欠損症2例、心室中隔欠損75例でほぼ過半数を占め、その他肺動脈狭窄7例、心房交通性肺動脈狭窄22例、肺動脈狭窄兼心室中隔欠損7例、フアロー四徴症14例、バルサルバー洞破裂2例である。このうち今回の検索対象となった手術死亡例は表2の如く7例であり、この内訳はフアロー四徴症3例、心房中隔欠損2例、心房交通性肺動脈狭窄1例及びバルサルバー洞破裂1例である。

単純超低体温法は自律神経遮断剤投与下にエーテル深麻酔で表面冷却し、心停止剤を使用して人為的心停止下に開心術を施行し、心蘇生は用手心マッサージのみにより、パンピング式冠灌流法及び人工心肺などは今回の症例には併用していない。

症 例

症例 1. 3才男子、フアロー四徴症。最低温20.1°C、血流遮断51分45秒、心マッサージ12分17秒で心蘇生が得られたが、その後低心拍出が持続し、術後24時間右心不全の状態 で死亡した。剖検で肺動脈狭窄除去が不充分であることが確認された。

症例 2. 4才女子、フアロー四徴症。最低温20.6°C、血流遮断57分5秒、心マッサージ10分45秒で心蘇生が得られ、その後順調に復温したが、その後ドレーンよりの後出血が多く、再手術を施行したが、その際ショック状態となり、輸液のバランスが乱れ、右心不全状態で心停止を来した。本例はHb 105% (18mg/dl) 以上であり、冷却中低分子デキストランによる脱血稀釈を行い、Hb 70% に低下させたが、これらの前処置が後出血を助長させたものと考えられる。

症例 3. 6才女子、フアロー四徴症。最低温20.6°C、血流遮断50分30秒、心マッサージ4分20秒、電氣的除細動1回で心蘇生が得られたが、その後低心拍出の状態となり、種々対策を試みたが、痙攣発作が出現し、術後12時間心停止を来した。以上3例においては、最低温20°Cで約1時間以内の血流遮断であり、いずれも心マッサージにより心蘇生が得られ、心マッサージ時間も第1例約12分、第2例10分、第3例4分といずれも10分前後の心マッサージにより自然放置の状態が得られており、単純超低体温下開心術の第1の目的は充分に果たされていると考えられる。

症例 4. 9才男子、バルサルバー洞破裂。本例は再手術症例であり、食道温25°C附近で心膜癒着剝離を開始したが、19.9°Cで心室細動におちいり、直ちに心室切開を行い、バルサルバー洞破裂部位を閉鎖し、心蘇生を開始したが、遂に心蘇生不能に終わった症例である。本例においては、25°C附近の心筋の被刺戟性が充進している時期に心膜癒着剝離を施行したことが心室細動を誘発し、これが心蘇生不能の主因となったと考えられる。

症例 5. 22才男子、心房交通性肺動脈狭窄。チアノーゼを呈し、所謂フアロー三徴の状態であり、赤血球550万、Hb 18mg/dlであった。右心カテーテルは肺動脈に挿入不能で、右室圧は140~0mmHgである。心電図ではすでに心筋障害の所見が認められた。最低温24°C、血流遮断26分で肺動脈弁狭窄を除去し、心房中隔欠損を直接縫合し、安全域内に手術を終了したが、心蘇生不能であった。本例は手術所見よりみて、その修復は全く問題のない症例であったが、一方、本例の如く長期間の右室肥大及びすでに心筋障害の認

表 2 単純超低体温下開心術の死亡例

No.	年齢 才	性	体重 kg	疾 患 名	死亡時期	死 因
1	3	♂	12	T F	術後24時間	低心拍出, 右心不全
2	4	♀	14	T F	術後10時間	後出血, 右心不全
3	9	♀	25	T F	術後12時間	低心拍出, 脳障害
4	9	♂	24	バルサルバ洞破裂	術直後	心蘇生不能
5	22	♂	65	P S + A S D	術直後	心蘇生不能
6	25	♀	55	A S D	術後1時間	心蘇生困難, 心室細動
7	34	♀	40	A S D	術後5日	心蘇生困難, 脳障害, 腎不全

単純超低体温下開心術における死亡例の検討

表 3 20才以上 ASD の手術成績

症例	年齢 才	性	最低温 °C	血流遮断時間	心マッサージ	電氣的除細動	成績
1	34	♀	23.6	31分 40秒	34分 00秒	6回	死
2	27	♀	23.5	18 30	20 30	3	治
3	25	♀	24.0	22 26	22 24	6	治
4	25	♀	24.0	21 00	15 00	6	死
5	24	♀	24.4	20 44	7 50	1	治
6	22	♀	24.3	28 45	10 40	1	治
7	20	♀	23.0	29 05	25 30	1	治
8	22	♀	24.2	18 00	3 00	0	治
9	26	♀	24.0	19 30	3 05	0	治

められる症例に対しては、用手心マッサージのみにより心蘇生をはかることにも問題があったと考えられる。

症例 6. 25才 女子, 心房中隔欠損。5 × 4 cmの二次孔開存で、最低温 24.1°C, 血流遮断21分20秒, 直接縫合により手術を終了し, 15分の心マッサージにより心蘇生が得られたが, その後心室細動を繰返し, 遂に除細動不能となり死亡した。本例においては心筋障害が心蘇生を困難にさせた主因と考えられるが, 欠損孔の直接縫合による刺激伝導系の強い牽引も心室細動を誘発した一因と考えられる。

症例 7. 34才 女子, 心房中隔欠損。最低温 23.6°C, 血流遮断31分40秒で4 × 3 cmの二次孔を直接縫合し, 安全域内に手術を終了した。術後14分の心マッサージにより心蘇生が得られたが, この間6回の電氣的除細動を行っており心蘇生は困難であった。その後低心拍出の状態をつづけ, 復温後には痙攣発作が出現するようになり, 低温管理を行ったが, 術後5日目腎不全の状態となり死亡した。本例においては術中操作において, 心筋は極めて脆く, 心電図所見ともあわせて, 心筋障害が本例においても心蘇生困難及び低心拍出の原因であったと考えられる。

以上, 7例の死亡例のうち, 20才以上の年長者は3例である。第5例の心房交通性肺動脈狭窄はすでにチアノーゼを呈し, 所謂ファロー三徴の状態が長期間にわたり存在した症例であり, 年令的にみて根治手術に多少問題を残した症例であるが, 第6例及び第7例は心房中隔欠損としては比較的問題の少ない症例であっ

た。そこで, 心房中隔欠損76例中20才以上の年長者例9例についてみると, 表3の如く, 9例中死亡2例であり, これを全例良好な手術成績を示す小児62例のそれと比較すると極めて不良である。また, 電氣的除細動の面よりみると, 術後良好な成績を示した7例においても, 最低温と血流遮断時間の関係において全く安全域内に手術が終了しても, 心蘇生時心室細動に移行しやすく, 7例中5例に1乃至6回の電氣的除細動を施行している。一方, 小児においては, 電氣的除細動を殆んど要しないのが通常である。また, 用手心マッサージ時間よりみると, 3分から34分に及んでおり平均15分48秒で, これを小児の平均心マッサージ時間5分12秒と比較すると明らかに3倍に延長し, 年長者心房中隔欠損において心蘇生困難な症例の多いことを示している。

考 按

従来, 単純超低体温法は合併症も少なく, 幼小児の開心術において種々の利点を有する優れた方法であるが<sup>14)</sup>, 手術終了後の心蘇生の面に未だ問題点を残している。一般に心蘇生を左右する因子として, 血流遮断前の循環状態, 許容時間内の血流遮断, 適確な心内操作, 心マッサージの手技, 心筋障害の有無, 冠動脈空気塞栓及び低温に起因する代謝性アシドーシスなどがあげられている。一方, 我々の死亡例について考察すると, 第1例より第3例までのファロー四徴症の3例では, いずれも心蘇生は通常の如く得られており, 心蘇生後の合併症及び手術手技などが死因となったも

ので、低体温法が直接の原因ではないと考えられる。第4例のバルサルバー洞破裂例は再手術症例であり、著しい癒着の剝離操作が心室細動を誘発したものと考えられ、低体温が直接の原因ではないようである。第5例の年長者フアロー三徴症は、術前的心筋障害が心蘇生不能の主因であったと考えられる。次に20才以上の年長者心房中隔欠損の2例について考察すると、この2例における心蘇生困難及び心蘇生不能の原因は前述した諸因子のうち心筋障害が主たるものであり、次に代謝性アチドースなどであろうと考えられる。一般に血流遮断前の循環状態は脳波、心電図、脈波及び中心静脈圧などで管理されており<sup>2)</sup>、この2例においてはとくに遮断前の循環状態の不良は指摘されていない。許容時間内の血流遮断については25°Cにおいて30分の血流遮断を安全域の標準とすると、いずれも安全域内にあった。適確な心内操作の点については、いずれも直接縫合により二次孔を閉鎖しているが、この牽引刺激が刺激伝導系に悪影響をおよぼしたものとも考えられる。

用手心マッサージ法は単純超低温法における心蘇生に際しては最も重要な操作であると同時に心筋障害を合併している症例については、種々問題となる点である。我々の症例についてみると、開心例195例中心蘇生不能であったものは2例であるが、実際に用手心マッサージの優劣が心蘇生時間に影響することは、しばしば経験するところであり、この点術者に一抹の不安を与えるものである。とくに心筋障害合併例においては、心マッサージによる心筋のトーススが増加せず、容易に心室細動におちいり、長時間の心マッサージ及び頻回の電氣的除細動は心筋の損傷をまねき、これが悪循環となってますます心蘇生を困難にさせ、また、その後の低心拍出の一因ともなっている。この用手心マッサージ法の欠点を補うため、堀内<sup>5)</sup>は血流遮断解除直前に大動脈基始部より酸素加血を注入し、心マッサージなしに心搏動を得る方法を提唱。石川<sup>6)</sup>は更に冠灌流以外に補助手段として胸腔内加温と人工ペースメーカーの併用を報告し、松村<sup>7)</sup>は同様の実験並びに臨床成績において、バルサンチン加動脈血を使用した群が心蘇生率良好なることを報告している。また、堀内<sup>8)</sup>は血流遮断時間延長を目標としてバイパス超低温を工夫し、表面冷却で25°C前後まで冷却し、更に人工心肺で15~17°Cまで冷却、完全循環停止下に心内修復を行い、心内操作後は体外循環により心蘇生を行い、乳児期の複雑心奇形の根治手術に良好

な成績を得ている。一方、日笠<sup>9)</sup>は小型人工心肺を用いた部分体外循環による心蘇生と急速血流加温法を試み、心蘇生の不安を完全に解決したが、代謝面よりみて冷却過程は表面冷却を主とし、中心冷却はあくまで上記目的を達するための補助手段と考えている。松本<sup>10)</sup>は単純超低温下開心術の合併症のうちの脳神経障害の防止と、心蘇生を安全に行うために、表面冷却と体外循環を併用し良好な成績を報告している。最近はいずれの施設においても単純超低温法を応用する場合には、上記のいずれかを併用する傾向にあるようである。我々も冠灌流法の一つであるパンピング式冠灌流法として酸素加血液に心蘇生剤(20%ブドウ糖, 2%塩化カルシウム, 0.1%ノルアドレナリン, エホチール10mg)を適宜混入したものでパンピングを行い、心マッサージなしに心蘇生を得ている。

次に空気塞栓、とくに心蘇生を左右する因子としての冠動脈空気塞栓は、時に経験され、心蘇生に難渋するもので、右冠動脈に多く、疾患としては心房中隔欠損に発生しやすい。その予防法としては、心内操作終了後の空気排除を完全に行う。人為的心停止を完全に行い、心房中隔欠損においては、左房側の血液を吸引せぬようにし、また、右側高位として左房側への空気流入を防止する。手術野に炭酸ガスを吹送するなどがあげられる。江口<sup>11)</sup>も冠動脈空気塞栓は直視下心内手術において最も留意すべき問題の一つであるとし、その予防法を種々検討している。

最後に低体温下開心術の術中にみられる代謝性アチドースの問題についてみると、我々もすでに報告した如く<sup>3)</sup>、血液ガス分析において、PH及びBase Excessは低温とともに減少し、最低温時より復温時にかけて最低値を示し、以後漸次正常化する代謝性アチドースを示すことが知られており、その原因は未だ明確ではないが、血中乳酸値の変動もその一因と考えられる。この低温時における代謝性アチドースもBase Excess  $-10mEq/l$  以内では殆んど心蘇生に影響することはないと考えられるが、 $-10mEq/l$  以上に低下すると心蘇生の遅延及び蘇生後における洞調律出現の遅延を来す一因となっている。従って、Base Excessが $-10mEq/l$  以上にならぬよう血液補正を行うことが大切である。

以上、心蘇生を左右する因子につき、2, 3の問題点をのべたが、ここに強調したいのは、開心術における単純超低温法の適応の問題である。勿論、この問題を明確に規定することは極めて困難であり、本法の

## 単純超低体温下開心術における死亡例の検討

みにより、その利点を生かし、欠点を補うことにより殆んど総べての症例を処理しようとする考えもあり、事実可能であろうと考えられる。しかしながら、すでに我々も単純超低体温下開心術をその合併症の面より検討し、小児においては極めて合併症も少ないが、高令者となると合併症も多く、麻酔管理の面からも、高令者の先天性心疾患においては本法の適応限界を示すものと報告したが、本文においてのべた如く、高令者心房中隔欠損においては心蘇生困難例が多く、また、心筋障害に起因すると思われる心蘇生不能例の苦い経験より、開心術をより安全に施行する上に単純超低体温法の適応限界を慎重に検討する必要があると考えられる。我々は極めて一般的な一示標として、年令及び体重の面よりみて、年令では20才以上、体重では40kg以上の場合には、単純超低体温法よりはむしろ人工心肺を用いるべきであろうと考えている。

### 結 語

以上、我々が行っている単純超低体温下開心術における死亡例を検討したが、開心例195例中死亡7例で、このうち明らかに本法に起因したと考えられる症例は高令者心房中隔欠損の2例のみである。これら症例の検索より、本法は極めて優れた方法ではあるが、その管理面及び心筋障害例に対する心蘇生面などより、本法の適応限界を考慮するのが、得策であり、一応、年令面よりみて、20才以上の症例は本法の適応外と考えている。また、本法における最大の問題点である心蘇生に関し、用手心マッサージ以外の心蘇生法を積極的に併用することにより、血流遮断時間の安全域を延長させ、同時に心蘇生を安全、迅速、確実に施行することができ、本法の有用性及び安全性をより向上させることができると思われる。

### 文 献

- 1) 志田 寛：5才未満症例における単純超低体温下開心術の検討，信州医誌，18：849-855，1969.
- 2) 志田 寛：単純超低体温下開心術における脳波，心電図並びに中心静脈圧について，信州医誌，18：715-724，1969.
- 3) 志田 寛：単純超低体温下開心術における血液酸塩基平衡について，胸部外科，25：353-357，1972.
- 4) 志田 寛：単純超低体温下開心術の術後合併症，信州医誌，19：146-151，1971.

- 5) 堀内藤吾：心室中隔欠損症手術の諸問題，胸部外科，17：472-478，1964.
- 6) 石川茂弘：超低体温下長時間血流遮断後の心蘇生法に関する実験的研究，日胸外会誌，14：1097-1110，1966.
- 7) 松村光起：低体温麻酔下における心蘇生法としての冠灌流法に関する実験的臨床的研究，日胸外会誌，14：1215-1237，1966.
- 8) 堀内藤吾：乳児開心術の適応と術後管理，心臓，2：606-615，1970.
- 9) 日笠頼則：乳児心疾患に対する外科的療法，外科治療，17：209-220，1967.
- 10) 松本昭彦：表面冷却・体外循環併用法による超低体温下開心術，胸部外科，24：229-238，1971.
- 11) 江口昭治：開心術に合併する空気塞栓症の諸問題，胸部外科，18：539-545，1965.

(1972, 6, 28 受稿)