

特集Ⅱ

低体温下循環停止法を用いた成人手術症例の
麻酔管理上の問題点仲田 房蔵*, 何 珮琳*, 山本 弘之*
岡田 まゆみ*, 南 保友行*, 吉川 秀康*

要 旨

過去4年間に低体温下循環停止法(HCA)を補助手段に用いた成人手術20名から、その適応、有用性、安全限界、麻酔科的な問題点について retrospective な検討を行なった。その内訳は胸部大血管疾患11名、下大静脈内に腫瘍が浸潤した腎腫瘍3名、大動脈に著明な石灰化を伴う虚血性心疾患6名であった。平均循環停止時間は35分、平均最低直腸温は23℃であった。

術後の中枢神経障害は3名で、循環停止時間がいずれも30分以上であった。周術期死亡は体外循環離脱不能による術中死が2名であった。原因は心不全であり、年齢、性及び体外循環のパラメータとは相関がなかった。冠動脈再建術についてHCAと通常の方法を比較すると、脳保護効果、出血、心機能などに関して有意差はなかった。HCAには安全限界があるが、今後種々の手術の補助手段として重要な役割を果たすと思われる。

はじめに

低体温下循環停止法(Hypothermic Circulatory Arrest: 以下HCAと略す)は先天性心疾患に対する手術時の補助手段として、その有用性はすでに確立されている。近年、成人の心大血管疾患などの手術にも広く応用され、症例数も増加している¹⁾。しかし、その脳や心臓に対する保護効果や安全限界については未だ十分に解明されていない。今回、当施設においてHCAを施行した成人20例について臨床的検討を加えたので報告する。

1. 対象と方法

対象は1989年1月から1992年12月までに虎の門病院手術室でHCAを併用した成人の手術症例の20名である。その内訳は男性16名、女性4名であり、緊急手術は6名で全例胸部大動脈瘤患者であった。平均の年齢は63.5±11.3才、身長162.2±9.8cm、体重は57.6±9.7kgであった。対象疾患はDeBakey I型解離に大動脈弁輪拡張症を伴うMarfan症候群1名、DeBakey I型解離6名、II型解離2名、真性上行及び弓部大動脈瘤2名、下大静脈内に腫瘍塞栓を伴う腎腫瘍3名、上行大動脈に強度の石灰化を伴う虚血性心疾患6名であった。術式は表1の示すように人工血管置換術9名、人工血管置換術に冠動脈再建術の追加1名、Cabrolトリック1名、腎摘出術に下大静脈内腫瘍除去術を加えた3名、冠動脈再建術6名であった。

麻酔はジアゼパム、またはミダゾラムで入眠後、大量フェンタニールで導入、維持し適宜エンフルランの吸入を併用した。体外循環は上行大動脈基部もしくは大腿動脈送血と上下大静脈脱血により開始し、非拍動流の膜型肺を用い灌流指数2.2ℓ/m²/minで維持した。人工心肺回路充填液は乳

表1 循環停止症例の術式及び例数

術 式	症例数(人)
胸部大動脈瘤	
人工血管置換術	9
人工血管置換術+冠動脈再建術	1
Cabrol trick	1
腎摘出術+下大静脈内腫瘍除去術	3
冠動脈再建術	6

*虎の門病院麻酔科

酸加リンゲル液を使用した。循環停止まで直腸温は、20～23℃を目標に冷却した。循環停止直前に脳保護目的にメチルプレドニゾロン1g，チオペンタール250～500mgを投与し、循環停止中は氷枕を用いて頭頸部を局所冷却した。修復が終了後体外循環を再開して復温を開始したが、直腸温と食道温の解離が10℃以上にならないように努めた。体外循環中の血液補正は温度補正しないα-statを用いた。

次にHCAの有用性を同一疾患で比較するため、過去4年間にHCAを用いた冠動脈再建術6例と通常に冠動脈再建術を行なった1992年の86例を対象群とし、両群の術前背景因子、術中経過、術後経過及び合併症などについて比較検討した。

統計学的処理はt-検定とχ²-検定を使用し、成績は平均値±標準偏差で表した。

2. 結果

図1はHCA 20名の年度別症例数を示した。年間にして成人開心術の2～4%の患者にHCAを補助手段として使用している。体外循環中のパラメーターをみると循環停止までの冷却時間は103.7分、循環停止直前の食道温、直腸温、灌流圧はそれぞれ17.5℃，23.0℃，54.2mmHgであった。循環停止終了後の加温時間は134.5分、体外循環時間は266分であった。人工心肺からの離脱に3名はノルエピネフリンとIABPを必要とし、2名は離脱不能であった(表2)。循環停止時間の分布を見ると、60分以上の症例はなく、45分以下が75%を占め平均は35分であった(図2)。

表3は術後中枢神経障害を認めた3名を示した。症例1は49才男性でStanford A型の急性解離があり上行大動脈の人工血管置換術を施行した。体外循環時間217分、最低直腸温24.3℃，循環停止時間55分であった。術直後から左顔面の痙攣と意識障害を認め、治療により徐々に改善したが、軽度の痴呆と空間認識の障害を残した。症例2は73才男性、Stanford A型解離に心タンポナーデによるショック状態で緊急手術となった。上行大動脈の人工血管置換術と解離により右冠動脈を圧迫しているため冠動脈再建術を追加した。体外循環時間185分、最低直腸温23.2℃，循環停止時間44分であった。術直後から右片麻痺と見当識障害を呈した。症例3は67才男性、左冠動脈と回旋枝の

HCAの年度別症例数

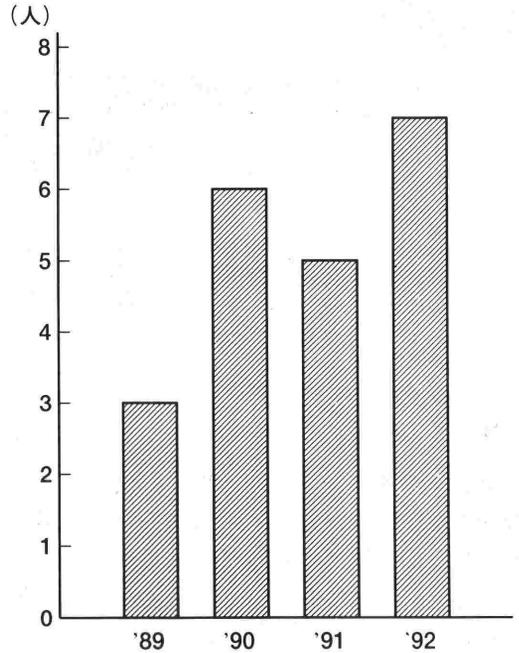


図1 HCAの年度別症例数

循環停止時間の分布

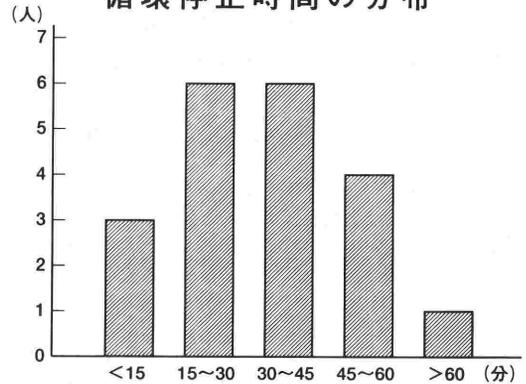


図2 循環停止時間の分布

表2 体外循環

体外循環時間 (分)	265.8±131.8
冷却時間 (分)	103.7±61.4
加温時間 (分)	134.5±80.6
最低食道温 (℃)	17.5±5.6
最低直腸温 (℃)	22.6±2.2

閉塞に対してバイパス手術を予定した。術前CTで上行大動脈の全周性にわたる石灰化が著明であり、大動脈遮断を行わないAortic no touch法を用いた。体外循環時間262分、最低直腸温21.4℃、循環停止時間36分であった。術後3日目に突然意識障害と眼球運動の異常を認め、脳幹部梗塞によるMLF症候群と診断した。症例3は術後の脳梗塞が原因であるが、3例共に循環停止時間が30分を超過していた。しかし、術前に明らかな頸動脈の狭窄や脳血管障害の既往はなかった。

周術期死亡症例は2名であった。症例1は66才男性、下大静脈内に腫瘍塞栓を合併する腎腫瘍患者で、体外循環前の腎静脈操作中に腫瘍塊が肺動脈に飛び心停止となった患者である。緊急にHCAを行い下大静脈及び肺動脈内の腫瘍除去を行なったが、体外循環の離脱は不能であった。症

例2は79才男性、慢性腎不全を合併した下行大動脈瘤破裂患者である。F-Fバイパスのもとで人工血管置換術を行なったが近位側吻合部の出血がコントロールできず、緊急でHCAのもとで近位側吻合した。体外循環時間が677分に及び離脱できなかった。2名とも術中死であり、術後の院内死亡はなかった。

表4は冠動脈再建術についてHCA群と対照群の術前の背景因子を比較したものである。年齢、性差、身長、体重、左室駆出率に両群間に有意差はなかった。循環停止群6名の冠動脈危険因子は高脂血症4名、糖尿病3名、高血圧4名であった。

両群の術中経過をまとめて比較すると、麻酔時間、手術時間、体外循環時間は循環停止群のほうが有意に長く、最低直腸温はHCA群の方が有意に低かった。しかし、出血量、体外循環からの離

表3 周術期脳合併症

年齢	手術	最低直腸温(℃)	循環停止(分)	脳障害
49才	TAA	25.5	55	Global ischemic injury
73才	TAA/CABG	23.2	44	Global ischemic injury
67才	CABG	21.4	36	Brain stem infarction

表4 術前背景因子の比較

	循環停止群	対照群
年齢(才)	69.0±5.1	62.5±8.4
男性(%)	83.3	85.6
身長(cm)	157.7±6.2	161.0±7.3
体重(kg)	57.3±9.0	90.3±8.3
LVEF(%)	52±11	53±14
LVEDP(mmHg)	13.1±6.6	12.3±5.4

術後心筋逸脱酵素の変動

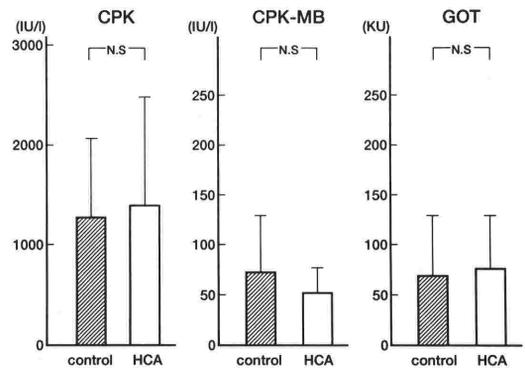


図3 術後心筋逸脱酵素の変動

表5 術中経過の比較

	循環停止群	対照群	P値
麻酔時間(分)	605±121	465±105	<0.05
手術時間(分)	518±127	385±91	<0.05
フェンタニール(μg/kg)	69.1±24.3	72.5±16.3	NS
人工心肺時間(分)	266±85	178±44	<0.05
出血(ml)	732±391	670±245	NS
ノルエピネフリン(%)	33.3	9.3	NS
IABP(%)	16.7	4.7	NS

脱に必要なノルエピネフリン, IABP の使用に有意差はなかった (表5)。

術後の心筋逸脱酵素の変動を見ると, CPK, CPK-MB, GOT の術後最高値はいずれも両群間に有意差は認めなかった (図3)。術後経過及び合併症をみると, HCA 群の1名に IABP が必要な LOS, PMI 及び術後脳梗塞を認めたが, 気管内挿管時間, CCU 滞在日数, 入院日数などに有意差はなかった。

3. 考 察

HCA は先天性心疾患の修復術の手段として1959年に Drew らが臨床報告して以来²⁾, 心大血管疾患³⁾⁴⁾や巨大脳動脈瘤⁵⁾, 下大静脈内腫瘍及び血栓手術⁶⁾などに応用されている。その主要な利点は, 大血管や解剖学的に到達するのが困難な血管病変に対する手術手技を容易にして致死的大出血を予防することにある¹⁾。一方, 上行大動脈瘤あるいは大動脈解離に対する人工血管置換術での脳保護法には HCA, 分離脳灌流法, 逆行性脳灌流がある。当施設では, 煩雑な脳灌流操作を必要としない HCA を補助手段の第一選択としている。実際に HCA が応用されるのは, これら先天性心疾患や胸部大動脈疾患であるが, 成人でも適応が拡大され HCA を利用した症例が増加している。

HCA の麻酔管理上の問題点として脳保護, 出血, 空気塞栓, 心筋保護などが挙げられる⁷⁾。低体温は脳代謝を抑制し, 脳酸素消費量を減少して脳保護作用を発揮する⁸⁾。バルビツレート⁹⁾の脳保護作用に関しては賛否両論があるが⁹⁾, 我々は循環停止に先立ちチオペンタールも投与している。1例は明らかに術後の脳梗塞であり, 中枢神経障害を起こした3例の術前の頸動脈狭窄や脳血管疾患既往の有無, 年齢, 最低直腸温, 体外循環中の灌流圧, 灌流量などとは相関がなかった。しかしながら, 循環停止時間はいずれも30分以上であった。今回は脳波や脳血流量など脳活動の指標をモニターしておらず, 中枢温も直腸を使用しているので, 正確な脳温を反映していない。しかしながら, 従来の報告³⁾⁴⁾と比較しても, 体温の測定部位, 室温, 頭部冷却が十分に行なったかなどで微妙な差はあるが, 最低直腸温が23℃前後での HCA の安全許容時間は30分以内であると思われた。

冠動脈再建術における HCA 群と対照群の術中, 術後の出血量の検討では有意差はなかった。この事は, 最低直腸温が23℃の低体温では臨床的には出血傾向は出現しないことを意味する。しかしながら, 20℃以下の超低体温では消耗性凝固障害や復温での抗トロンピン作用や線溶系の亢進により出血傾向を誘発する事があり⁴⁾¹⁰⁾, 慎重なプロタミンによるヘパリンの拮抗, 血小板や凝固因子の補充が必要と報告されている。さらに, 急激な体温の変動は塞栓ガスの生成や不均一な体温分布とともに血液凝固線溶障害も助長するため⁴⁾, 体温較差をなるべく小さく管理することが肝要である。

HCA 後の死亡率は, 基礎疾患や手術術式により一定した報告はない。最近の5年間の成人の HCA を用いた開心術の成績では, 周術期死亡率は15%で, 最低直腸温, 体外循環時間, 灌流圧に相関するが, 術式には影響しないと報告している¹⁾。今回の1例は体外循環前の手術操作による肺梗塞が原因であり, 2例とも体外循環パラメータと相関する因子はなかった。術後死亡はなかったが HCA の周術期死亡の原因は, 心不全による体外循環離脱不能よりもむしろ HCA 後の心, 肺, 腎, 肝臓を含めた多臓器不全や中枢神経障害などが直接関与することが多いため, 今後も注意深い術後観察が必要と思われる。

近年, 著明な上行大動脈石灰化のため通常の大動脈遮断, 心筋保護液使用による冠動脈再建術では上行大動脈遮断や中枢側吻合により大動脈の損傷を来して術後脳合併症を招くリスクの高い症例が増加している¹¹⁾。最近, このような症例に対して, 上行大動脈に手術操作を加えず大腿動脈送血, 右房脱血で体外循環し血流冷却で低体温後, 心室細動もしくは HCA 下に遠位側吻合する aortic no-touch 法¹²⁾を選択することがある。しかしながら, 本法を含めた HCA を用いた冠動脈再建術の周術期管理に関して, 統一した見解は今得られていない。特に心室細動や循環停止による心筋保護に関する臨床的検討は上行大動脈に関するものが多く, 冠動脈再建術に関する報告は少ない。最近の報告では心筋保護液を使用しない Aortic no touch であっても, その安全性を認める趨勢にある¹³⁾。今回は術後の心機能を測定していないが, 心筋逸脱酵素の変動, 心電図及び核

医学検査で周術期心筋梗塞の所見がないこと、気管内挿管時間、CCU 滞在日数、入院日数の結果は、最近の成績を裏づける根拠になると思われた。

結論として、HCA は先天性心疾患や胸部大血管手術だけでなく、種々の手術手技を容易にする補助手段として今後さらに応用させられると思われる。その安全性は低体温の程度、体外循環時間、周術期の安定した循環動態の維持などが重要な因子であるが、さらに HCA の病態生理学的な解明を行なえれば、安全限界と延長が期待される。

結 語

1. 過去 4 年間に虎の門病院手術室で HCA を補助手段に用いた成人手術 20 名について、麻酔科的に retrospective な検討を行なった
2. 術後中枢神経障害は 3 名で循環停止時間がいずれも 30 分以上であった。周術期死亡は体外循環離脱不能による術中死が 2 名であり、術後の院内死亡はなかった。
3. 冠動脈再建術について HCA と通常の方法を比較すると、脳保護、出血、心機能などに関して有意差はなかった。

文 献

- 1) Davis E A, Gillinov A M, Cameron D E, et al : Hypothermic circulatory arrest as a surgical adjunct: A 5-year experience with 60 adult patients. *Ann Thorac Surg* **53** : 402-407, 1992
- 2) Drew C E, Keen G, Benazon D B : Profound hypothermia. *Lancet* **1** : 745-747, 1959
- 3) Crawford E S, Snyder D M : Treatment of aneurysms of the aortic arch ; a progress report. *J Thorac Cardiovasc Surg* **85** : 237-246, 1983
- 4) Crepps T J, Allmendinger P, Ellison L, et al : Hypothermic circulatory arrest in the treatment of thoracic aortic lesions: *Ann Thorac Surg* **43** : 644-647, 1987
- 5) Williams M D, Rainer W G, Fieger H G, et al : Cardiopulmonary bypass, profound hypothermia, and circulatory arrest for neurosurgery. *Ann Thorac Surg* **52** : 1069-1075, 1991
- 6) Marshall F F, Dietrick D D, Baumgartner W A, et al : Surgical management of renal cell carcinoma with intracaval neoplastic extension above the hepatic veins. *J Urol* **139** : 1166-1172, 1988
- 7) Chaney M A : Profound hypothermic circulatory arrest for noncardiac surgery via the closed-chest technique. *Anesth Analg* **76** : 892-897, 1993
- 8) Stanley T : Deep hypothermic circulatory arrest: A review of pathophysiology and clinical experience as a basis for anesthetic management. *J Cardiothorac Anesth* **1** : 137-155, 1987
- 9) Rung G W, Wickey G S, Salus J E, et al : Thiopental as an adjunct to hypothermia for EEG suppression in infants prior to circulatory arrest. *J Cardiothorac Vasc Anesth* **4** : 337-342, 1991
- 10) Spiess B D : The contribution of fibrinolysis to post-bypass bleeding. *J Cardiothorac Vasc Anesth* **5** (Suppl 1) : 13-17, 1991
- 11) Landymore R, Kinley C E : Classification and management of the diseased ascending aorta during cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* **85** : 639-645, 1984
- 12) Akins C W : Noncardioplegic myocardial preservation for coronary revascularization. *J Thorac Cardiovasc Surg* **88** : 174-181, 1984
- 13) Holland D L, Hieb R E : Revascularization without embolization: Coronary bypass in the presence of a calcified aorta. *Ann Thorac Surg* **40** : 308-310, 1985