

5. 体外循環中の心筋保護

—わが国における心筋保護法の発展と現況—

川上 敏 晃*

はじめに

術中心筋保護効果の良否は、心臓疾患の手術成績に直接影響を及ぼすことから、外科成績向上の重要因子として有効な保護法に関する研究が活発に行われている。

欧米各国はもとより、わが国においても、この10年来、新しい保護手技が臨床応用され心臓手術成績向上に大きく貢献してきた。

現在、広く普及している術中心筋保護法はカルジオプレジアとして総括されているが実験的研究と臨床応用成績の検討から改良工夫が行われた結果、数時間に及ぶ長時間の心筋保護も可能になっている。

わが国での過去10年間の術中心筋保護法の変遷・発展の経緯と現況の概要についてまとめるとともに、今後の検討課題について考察を加えて報告する。

1. 心筋保護法の変遷と発展

従来、心臓手術における術中の心筋保護は超低体温麻酔法あるいは体外循環法の手技の中で検討されていた。体外循環中の心筋保護手技は心拍動あるいは細動法併用の違いはあるが、心臓の活動性を維持するための血液冠灌流法（持続的または間欠的）であった。これが、この10年間で大きく変わり、保護手技の主体が、虚血心停止の状態下心臓を冷却して代謝を抑制し、更に特殊組成の心

筋保護液で冠灌流を行い保護効果を高める方法に転換してきたのである。心臓局所冷却法が注目され始めた昭和49年以降の日本外科学会と日本胸部外科学会の総会における心筋保護に関する報告をみると図1のとおりで「心筋保護」に関する発表演題が急速に増加してきたことがわかる。術中の補助手段として、とくに「心筋保護」という語句を使用した報告は比較的耳新しいものであった。その後の報告でも、「保護」あるいは「庇護」という二通りの表現が使用されてきたが、最近は、「保護」が一般的になったようである。演題数の増加は直ちに研究と臨床応用の発展を反映したもので術中補助手段として心筋保護法がとくに重視され積極的な検討が行われていることを示している。

同時に手技の主体は大動脈遮断下のカルジオプレジア法に変わっており、なかでも、従来の血液冠灌流法とは本質的に異なる cardioplegic solutionによる冠灌流心筋冷却法（以下、灌流冷却とする）を基本手技としたものが多くなった。心臓表面からの局所冷却法は補助的手技となってきた。さらに、心筋保護効果の期待される薬剤の研究報告も増加している（図1）。

日本胸部外科学会総会では、昭和50年以降、心筋保護のセッションを設けており、52、53、56の総会でシンポジウムとして取り上げるまでになった。52年からは別に「心筋保護研究会」も開催されている。

著者らは以前からカルジオプレジア法が、もっとも有望な術中心筋保護法であることに着目して

*北海道大学医学部附属病院救急部・第二外科

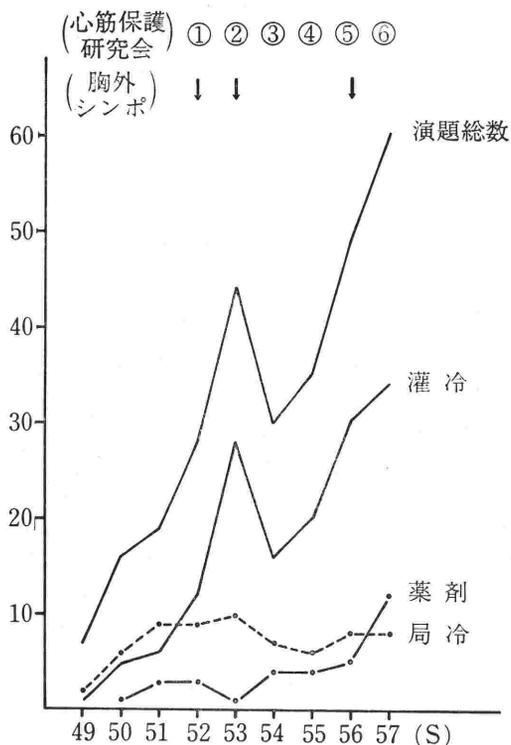


図 1. 術中心筋保護法
(外科・胸部外科総会演題数)

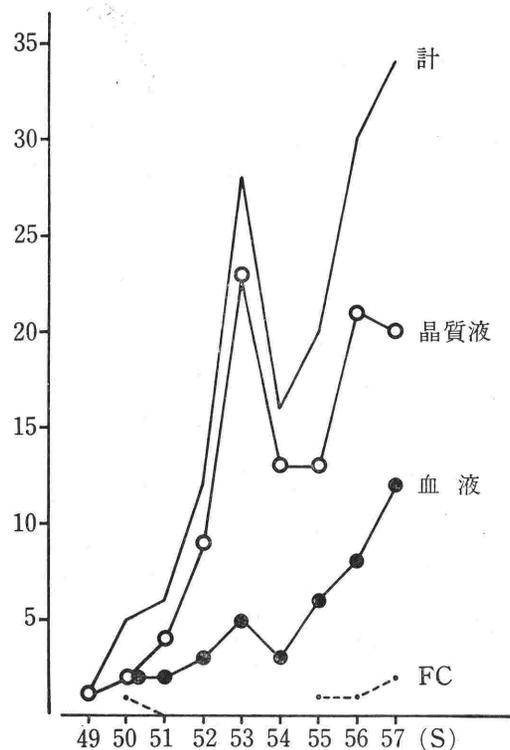


図 2. 灌流冷却法
(外科・胸部外科総会)

いたが、最初の研究報告¹⁾を行ったのが昭和49年の胸部外科総会であり、現在の新しい心筋保護法に関する学会報告としては、ごく初期のもので、cardioplegic solution (以下、保護液とする)の研究がすすみ、臨床応用成績が検討されるとともに、より長時間の有効な保護を意図した cold blood cardioplegia への先駆的な役割を果たした。また、新たな傾向として代用血液(フロロカーボン)の検討も行われ始めたことが注目される(図 2)。

新しい術中心筋保護法の応用により、心臓手術での手術野はきわめて良好となった。このため従来著しく困難とされていた手術手技自体も著しく容易化され、複雑かつデリケートな手技に取り組むことができ、術中の適確な心筋 viability 温存の効果とともに術後成績の飛躍的な向上に結びつく結果となった。最近の心筋保護研究の動向としては、保護液組成に関するものが多いが、これは、各種保護液の保護効果の優劣を証明している北村の研究²⁾からも当然のことといえる。心筋の保護効果は単に急速冷却を行うことによるのみえら

れるものではなく、合理的組成の保護液の灌流でかなりの程度 modify されてくるからである。現在、臨床応用されている保護液の組成は、種々であり、いずれが至適組成に近いものであるかは必ずしも明確ではないがしかし、臨床応用が普及してきた現在、単純な組成である GIK 液では長時間の保護では満足すべき効果が得がたいこと、血液との混合液で保護効果の改善すること明らかにされたが、効果改善因子が単に血液自体の効果によるものか、あるいは、血液を添加した結果、液の電解質バランス、浸透圧(晶質および膠質)などがより適切なものになったことによるものか、は不明であり今後の検討で解明すべき課題である。おそらく、後者による効果が大きいと推定されるが、今後の保護液組成の研究とも関連あり興味がある。

保護液組成に関しほぼ異論のない点は、K 濃度である。これは、迅速な心停止と維持効果をもたらす高濃度とされている。ただ、その濃度自体は一定しておらず 10~40mEq/L とかなり幅が広い。他の組成に関しては、ほとんど明確な解明がない

ままた、欧米諸国の代表的溶液の組成を踏襲しているものが多い。液組成に関する基礎的研究を十分行うことでより合理的な保護液の開発も可能になると考えている。現在、賞用される傾向の血液使用の high potassium blood は保護液組成の理想とすべきものではない。その使用にあたっては、適切な希釈を行い、また、冷却温度も15℃以下としない方法を厳守しない限り期待どおりの結果はえられないと考えられるし、実施手技と良好な術野確保に難点がある³⁾。

2. 灌流冷却心筋保護法の手技の要点

現在のカルジオプレジア法の基本手技は、保護液による灌流冷却である。この実施の要点を述べると次のとおりである。

1) 大動脈遮断、急速心停止と急速冷却、心筋冷却の維持

バイパスの血液温を下げ中等度低体温とする。遮断後、迅速に完全心停止とでかつ急速に冷却する。ヤング液、キルシュ液をとくに心停止剤として使用することもあるが⁴⁾ 高K濃度の保護液による灌流冷却のみでもよい。心筋温の維持は持続的あるいは間欠的な灌流冷却法を行い局所冷却（冷水 ice-slush, 冷却マウトなど）も補助的に併用している。大動脈非切開例では、大動脈基部注入法（落差圧、加圧）が一般に普及している。（Antegrade 法）大動脈切開例では選択的冠灌流法が普通に行われているが、著者は冠静脈洞からの逆行性灌流法がもっとも良い方法であることを提唱し（Retrgrade 法）⁵⁾、他施設でも検討されている^{8~11)}。

2) 保護液使用量と処理

体外循環の制約下での灌流冷却では使用液量とその処理法が実地上最大の問題となる。

原則として使用液量は可及的に節減し必要最少量とすべきである。灌流後の液は回路内に回収する方が種々の観点から有利である。

液量節減のためには持続的よりも一定間隔での間欠的灌流を行う方が合理的であるが、臨床的な指標として有用なものに心筋温の持続的モニターがあり、著者は所定レベルの温度を維持することを目標に灌流をコントロールしている。液回収量の目安として、回路血の希釈率が通常使用されており、著者は30%以内の希釈率となるまで回収可

能としている。必要あれば cell saver も利用するが、一度、リザーバーに回収した液を人工肺レベル維持の補充液として使用するがもっとも実際的な方法である。術中の補液量を制限し、十分な利尿を維持するバイパス手技を行えば、回収許容量も増加してほとんど全量回収の可能な例も多い。間欠的灌流において間隔を30分あるいは60分としている報告もあるが、信頼すべき指標で灌流間隔は決定されねばならない。著者の心筋温による方法は簡易であるが PmCO₂、心筋 pH、心筋細胞内 PO₂⁶⁾、Redoximeter⁷⁾ など将来臨床応用が可能となることを期待したい有力な指標も報告されている。

3. 学会と研究会の報告から

第1回の研究会で有効薬剤として betamethasone, propranolol mannitol の保護効果が明らかにされている。従来、主要な手技であった局所冷却法からカルジオプレジアの中心は保護液による灌流冷却法に変わりつつあった。この会では液組成の重要性を指摘した報告があった²⁾。

第2回研究会では術中心筋保護法の実地臨床上の具体的手技と問題点が討議された。

第3回研究会では乳幼児症例の保護法についての主題を中心にバイパス冷却、循環停止などに併用して high potassium cold blood cardioplegia の有用性が強調された。有効薬剤として verapamil, dilazep, B-blocker, CoQ 10 の検討があった。

第4回研究会では Bentall 手術における心筋保護法という非常に具体的な主題で、長時間の保護法が討議された。これは大動脈の切開が行われ長時間の心筋保護を必要とするものであり、現在の心筋保護法の利点を明示強調するには絶好の機会が提供された会となった。ここで、単純な組成の晶質液としては代表的な GIK 液の時間的限界が2時間前後であり、血液の混合液の利点が報告され、保護液の組成の問題が再び臨床経験からも明らかになった。選択的冠灌流手技により手術を行っている施設が依然として多く、その冠灌流のために余計な苦勞を強いられ、手術手技をますます困難なものにしている印象であった。著者の提唱する Retrograde 法はこのような症例に最適な灌

流手技であり¹²⁾、東北大学の阿部ら¹¹⁾により実証されている。

CoQ 10, nitropruside, dilazep, aprotinin, ステロイドホルモンなどの実験的、臨床的報告もあり有効薬剤に関する研究の発展と臨床応用効果が明らかになった。

興味ある基礎的な研究では、再灌流時の Ca⁺⁺ 濃度¹³⁾、電解質濃度と膜電位¹⁴⁾、血液灌流における心筋代謝¹⁵⁾が注目された。

第5回研究会でも保護の時間的許容限界が討議されたが、現段階における保護液組成として血液配合で長時間の効果あり、cold blood cardioplegia が有利とされた。

Blood cardioplegiaでの有効な保護のためには液の Ht 値、温度に十分な考慮を加えるべきであるとの見解も示された^{3,16)}。

新しい研究手段として興味のある電子スピン共鳴法 (ESR)、核磁気共鳴法 (NMR)、redoximeter は心筋の虚血傷害の発生機序を解明するうえで有力な方法であり、心筋保護に有効な種々の薬剤も scavengerとして役立っていることが明快に示された。

これらの基礎的検討により臨床的に問題となり重視される reperfusion injury 防止策が具体化し、より適切な方法が明らかになってきた^{7,17)}。

同時に虚血変化を、その第1期以上に進行させ

ないような保護法の実施がもっとも重要であると考えられた (表 1)。

さて、昭和57年の外科と胸部外科の総会では、外科で21、胸部外科で32の計53の発表があり、最近の心筋保護に寄せられる関心の大きいことがとくに、痛感された。発表内容では既に述べてきた心筋保護研究会のそれと重複するものが多いが、保護液組成に関しては、単純組成の晶質液 (GIK) と血液 (K加) の効果を比較し後者の優利なことを報告する傾向が目立つ。すなわち、K添加希釈血液 (Ht 10~20%, K 10~30mEq/L) による低温 (10~20℃) 低圧、低流量での灌流冷却で、良い成績がえられている¹⁸⁾。保護液の酸素供給能を高める目的のみを考慮すれば、フロロカーボン血液よりも酸素利用率がよく、冷却時の粘稠度も低いとする報告もみられた¹⁹⁾。有効薬剤に関しては CoQ 10, betamethasone, propranolol, mannitol, verapamil, dilazep, diltiazem, ATP-MgCl₂ の使用法、有効量、効果判定法などについての検討も積極的に行われている。

以上の動向から、術中心筋保護法に関する研究と臨床応用の現況を考察して、その問題点を列挙すれば以下のとおりである。

1) 灌流冷却手技

Antegrade法はすでに定着した標準手技となった。今後の検討課題は、間欠灌流における時間間

表 1. Reperfusion injury

虚血STAGE		再灌流障害助長因子
第I期	虚血による CO ₂ と乳酸の蓄積 ↓ acidosis → 血管拡張膜透過性亢進	高濃度グルコース 高圧灌流
1相	O ₂ 欠乏によるピルビン酸酸化障害 ピルビン酸→乳酸に還元, NADHの酸化→ NAD産生	過剰グルコース負荷
第II期	2相	相対的酸素供給過剰 →過酸化 (抗酸化剤が有効)
3相	原形質の電子がミトコンドリアに入り 難い →ミトコンドリアの電子不足	酸素供給過剰の増強 →不完全還元作用→活性酸素の生成→ 過酸化脂質の生成→膜破壊
	ミトコンドリアの電子伝達系の異常 →electron leakage →ミトコンドリアの電子の著減	
		↓ Thiobarbituric acid reactive substance の増加 遊離基 Scavenger 消費減少 (superperoxide dismutase Catalase glutathione peroxide)

(西岡孝純 ほか: Cardioplegia, 1981, p. 98 による.)

隔を一定の指標によって決定すべきである。30分あるいは60分ごとの灌流では本来の保護液灌流の目的を十分に達成できない。

大動脈切開例での選択的冠灌流手技は不利であり retrograde 法の有効性が実証されている現在、この方法に変更すべきである。

2) K添加希釈血液

臨床成績からみて、単純組成の品質液よりも明らかに優れた保護液である。ただし、その保護効果発現因子について、実験的研究により、明らかにする必要がある。この研究は直ちに品質液をベースとした保護液組成の改良に役立つ。完全な心筋の弛緩と無血術野のえられることが本来、cardioplegia による心筋保護法の理想像とすれば、血液を使用することは最善の方法とは思われない。

3) 有効薬剤

薬理作用と有効量を明確にしたうえで、術前、術中、術後の適切な使用法を決定すべきである。保護液組成としても検討したい。

4) 至適組成の保護液の開発

電解質濃度、浸透圧(晶質、膠質)、pH 基質、添加薬剤などについての基礎的研究を必要とする。輸送と長期間保存が可能で、いずれの施設でも常時使用できる保護液の開発が望まれる。

4. 著者の心筋保護法の手技と成績

手技の詳細は別に報告したとおりである^{20,21)}。昭和49年10月 antegrade 法を、昭和50年9月 retrograde 法を初めて臨床で使用した。現在は k25mEq/L とした new modified krebs 液(KAWAKAMI)に変更で、また酸素加する方法とした。

Antegrade 法も落差圧持続灌流から、用手(またはバッグ)加圧間欠(15分ごと)注入法に変えた。Retrograde 法は持続的落差灌流を原則とし流量を適宜コントロールする。保護中左室心尖部中隔の心筋温をモニターし20℃前後で維持することを灌流冷却手技の唯一の指標としている。これによって保護液使用量も可及的に節減するように努めている。灌流液の処理法も当初の全量排除では脱血傾向となり勝ちで体液バランスをくずす不利なことが明らかとなり、可能な限り回路内に回収する方法に変更し好結果がえられるようになった。

た。

大動脈遮断前、食道温はバイパス冷却で30℃前後まで下げ、遮断後は27~8℃に維持し良好な条件で利尿のある体外循環を行うことを原則としている。急速冷却による大動脈遮断前の心室細動の発生を嚴重に回避することも著者の方針である。左心ベントは必ず使用している。大動脈遮断は一過性に電気誘発細動とした直後行い灌流冷却を直ちに開始し、同時に通電電極を除去する方法としている。遮断解除予定15分前に灌流を終了しバイパス加温を開始し、血液温を30~32℃まで上昇しておく。十分な脱気を行いつつ、大動脈基部穿刺針を開放とし一段ずつゆっくり時間をかけながら鉗子を緩めてゆくと、冠動脈への空気塞栓も発生しない。この方法で再灌流初期に危惧される reperfusion injury の発生因子は有効に排除できたと考えており、低圧、低流量で血液と心筋の温度較差も自然に解消される。この点、一気に鉗子を除去することを厳に戒めている。

表2には当科の保護手技の経時変遷を示した。

表2. 北大第二外科心筋保護手技の変遷

S49.10.25	第1例(Ante法)30歳, ♂, ASD
"50.5.21	保護液の回路内回収開始(#18)
"50.9.3	Retro法開始(#20)45歳, ♀, AR
"52.10.26	New Modified Krebs 液(K25mEq/c)に変更(#35)
"53.4.7	用手加圧注入Ante法(15分毎)に変更(#46)
"55.4.16	Cell Saver を利用した液回収法開始(#94)
"55.6.11	Retro 用新型バルーン・カテーテル(Clini-C型)使用開始(#98)
"55.10.8	保護液の酸素加開始(#107)

昭和57年12月末現在、185例の症例を経験したが antegrade 法が157、retrograde 法が28となっている(表3)。

100分以上の保護症例26例(ante法16, retro法10)の検討で保護不良がLOSの要因となつたものは灌流手技に問題のあった retro 法の1例(死)のみでretro法の220分の例(2週後脳障害で死亡)、ante法の150分の例(全治退院)の最長保護例を含め除細動は容易で術後の心機能に問題のあったものはまれである。手術手技に問題がない限り、保護時間の長短にかかわらず、術後管

表 3. 北大第二外科灌流冷却心筋保護症例 (57年12月末現在)

1)	185例	Ante 法 157例 Retro法 28例
2)	大動脈遮断100分以上の症例	
①	26例	Ante 法 16例 (死亡8中保護不良0) Retro法 10例 (死亡4中保護不良1)
②	虚血時間	
(i)	最長時間	○220分(C. S. OX)脳障害 (Retro) 2W後死亡 ○150分(C. S. OX)生存 (Ante) 全治退院
(ii)	平均 (m±SD)	
	n=16	Ante法 118.3±19.0分 (C. S. 0.56±0.86回)
	n=10	Retro法132.7±30.8分 (C. S. 1.55±1.17回)※ ※頻回の1例を除外

理も容易な症例が大半を占めている。以上を総括して、当科における保護法の安全限界は臨床データからみる限り、3時間以上と推定されるが、犬正常心の実験では4時間保護後、きわめて良好な心機能の発現を確認している。

当科の保護法については一応満足すべきものとしているが、主として灌流手技の面で改善すべき余地を見出している。表4にはこれまでの臨床応用例から液使用量と保護中の心筋温の維持状態をまとめて示した。

表 4a. 保護使用量 (S57年11月20日)
ml/大動脈遮断時間(分)
(M±SD) n: 症例数

	Ante	Retro	回収 目標量
乳児・小児 (4歳以下)	15.48±7.8 (n=50)		500ml/60分
中 人 (5~15歳)	21.06±9.0 (n=34)	30, 15	1000ml/60分
成 人	27.8±13.1 (n=41)	23.1±7.2 (n=20)	2000ml/60分

表 4b. 大動脈遮断中の心筋温の変動
°C (M±SD)

	Ante	Retro	目 標
15'	20.92±3.97 (n=127)	20.72±3.57 (n=18)	20°C
30'	21.75±3.69 (n=108)	21.06±2.30 (n=18)	20~23°C
60'	22.79±3.28 (n=68)	21.08±2.23 (n=13)	20~23°C

液使用量は回収目標量を越えることも少なからずあり、余剰分は回路外に排除したり、混入血の多い場合は cell saver を使用せざるをえない。今後、人工肺を小型化し無血充填法を目標にしていることもあり、使用量節減を更に検討する必要がある。心筋温も、必ずしも理想的なレベルに維持されていないが、バイパス冷却による血液温を25°C前後に低下する方法を検討実施中である。

Ante 法は大動脈非切開例に retro 法は大動脈切開例に使用してきたが、液使用量の節減と温度レベルの維持容易なことから、後者に利点の多いことを知った(表 5)。

表 5. Ante 法と Retro 法の比較 (現法)

	Ante	Retro	判 定
実施手技	易	やや難	A>R
専従要員	要	不要	A<R ○
手技合併症	まれ	なし	A<R
A R 例	無効	有効	A<R ○
人為的 A R	有効灌流↓	なし	A<R ○
灌流分布	均等	L V ≥ R V	A ≥ R
灌流法	間欠的	間欠・持続 いずれも可	A<R
初期冷却速度	迅速	やや遅延	A>R
所定温維持	難	易	A<R ○
液量節減	現状	可能性あり	A<R ○

3 : 7

当初問題と考えていた冷却効果も適当なバルーン・カテーテルを使用して以来、きわめて良好となり、保護中の心筋温維持の容易なこととも考え合わせると将来は、先天奇形の特殊症例を除き全例に retro 法を使用した方がよいとも考えている。

New modified krebs 液については、現時点で臨床的には長時間保護例でも有効な成績をえているが、これに満足せず、より適切な組成と至適濃度の実験的研究を行っている。

近い将来、より効果的な保護液を開発し臨床応用する予定である。

ま と め

術中心筋保護法の発展の経緯と現況について、わが国における約10年間の学会と研究会での報告を概括して述べた。

著者らの教室のルチーンの保護法の手技の要点

と臨床成績についても紹介した。

体外循環中の心筋保護法の現況について、若干の私見を加え、問題点を列挙し、今後の検討すべき課題としてまとめた。

文 献

- 1) 川上敏晃, 石坂昌則, 高橋順一郎, 黄 書成, 竹内克彦, 松山陸奥彦, 松倉裕美, 本間伏价, 片岡和夫, 笹 尚, 田村正秀, 黒島振重郎, 杉江三郎: 心臓灌流冷却法による心筋保護の研究 (第1報). 日胸外会誌 22 (臨時増刊号): 63, 1974.
- 2) 北村信夫: 各種心筋保護法の比較. Cardioplegia 1977, p. 16.
- 3) 菊池佑二, 小山富康, 川上敏晃: 血液流動性の温度変化——低温血液の微小孔 (5 $\mu\phi$) 通過性の検討——. Cardioplegia 1981, p. 67.
- 4) 加藤逸夫: Kirsh 液と HES 冠灌流. Cardioplegia 1977, p. 48.
- 5) 石坂昌則, 川上敏晃, 高橋順一郎, 竹内克彦, 松山陸奥彦, 松倉裕美, 本間伏价, 片岡和夫, 笹 尚, 田村正秀, 黒島振重郎, 杉江三郎: 心臓冷却灌流による心筋保護法の研究 (第3報)——冠静脈洞よりの逆行性冷却灌流を中心に——. 日胸外会誌 23 (臨時増刊号): 33, 1975.
- 6) 田村正秀, 高木 勇, 竹内章三, 竹内克彦, 鮫島夏樹, 酒井圭輔: 心筋細胞内酸素濃度から見た K⁺ Cardioplegia の検討, とくに保護液酸素化の有用性と再灌流時心筋障害防止の工夫. Cardioplegia 1A, 1981, p. 47.
- 7) 西岡孝純, 阜 弘志, 片山 治, 佐賀俊彦, 城谷均: Reperfusion injury を如何に予防するか——Free radical attack による lipid peroxidase の生成について. Cardioplegia 1981, p. 98.
- 8) 川上敏晃, 立木利一, 渡辺不二夫, 松浦正盛, 高橋順一郎, 田辺達三: 逆行性心筋保護法の臨床応用手技と実験的保護効果の検討. 日胸外会誌 30 (臨時増刊号): 1622, 1982.
- 9) 栗林良正, 今井 督, 八木葉子, 五味春人, 西丸 功: 逆行性冠灌流法を利用した Cardioplegia——方法および臨床成績——. 日胸外会誌 80 (臨時増刊号): 380, 1979.
- 10) 阿部忠昭, 贄田茂雄: 逆行性冠灌流法 (RCSP) の臨床経験. 日胸外会誌 26 (臨時増刊号): 10, 1978.
- 11) 阿部康之, 小泉誠二, 浜田幸男, 横山和則, 東郷孝男, 小野寺博則, 渡辺 孝, 香川 謙, 堀内藤吾: Bentall 手術の心筋保護. Cardioplegia A 1980, p. 6.
- 12) 川上敏晃: 逆行性冷却灌流による心筋保護法. 臨床胸部外科 2: 46, 1982.
- 13) 神田好雄, 富永隆治, 吉利用和, 川内義人, 徳永皓一: 再液流時 Ca イオン濃度の虚血後心機能に及ぼす影響. Cardioplegia A 1980, p. 68.
- 14) 渡辺高久, 前田知行, 池田識道, 高橋優三, 浅妻茂生, 金 偉雄: 心筋保護と膜電位. Cardioplegia A 1980, p. 74.
- 15) 白石義定, 千葉幸夫, 龍田憲和, 日笠頼則: Cold Blood Cardioplegia 法による心筋保護の実験的研究——代謝を中心として——. Cardioplegia 1980, p. 86.
- 16) 丸古臣苗, 有川和宏, 村田和武, 浜田義臣, 平明: Blood potassium Cardioplegia による再手術症例の検討. Cardioplegia 1981, p. 64.
- 17) 上野安孝, 神田好雄, 富永隆治, 安藤広美, 中野英一, 末永国宏, 窪山 泉, 徳永皓一: Reperfusion Injury 防止策——その動物実験と臨床応用——. Cardioplegia 1981, p. 111.
- 18) 森下靖雄, 帖田佐信行, 宮崎俊明, 豊平均, 山下正文, 湯田敏行, 有川和宏, 丸古臣苗, 平明: Cold Blood Cardioplegia: 弁手術における長時間大動脈遮断症例での心筋保護効果. 日胸外会誌 30 (臨時増刊号): 163, 1982.
- 19) 田村謙二, 広瀬 一, 松田 暉, 中埜 爾, 賀来克彦, 安達盛次, 大谷正勝, 高 義昭, 金香充範, 大竹重彰, 村田紘章, 川島康生: 人工血液 Perfluorochemical を用いた低温停止心における心筋酸素消費量の検討. 日胸外会誌 30 (臨時増刊号): 163, 1982.
- 20) 川上敏晃, 伊集 真, 清野隆吉, 杉江三郎: 体外循環下心筋保護法, 体外循環の発展と応用 (人工臓器学会), 1978, p. 49.
- 21) 田辺達三, 川上敏晃, 高橋順一郎, 渡辺不二夫, 松浦正盛: 心筋保護の現況と問題点, 体外循環 (日本人工臓器学会, 卒後教育セミナー), 1981, p. 116.