

개심술에서 냉각 심정지액 주입에 따른 심근 온도의 변화

임승우* · 류한영* · 이정철* · 한승세*

— Abstract —

Changes of Myocardial Temperature Following Infusion of Cold Cardioplegic Solution in Open Heart Surgery

Sung Woo Lim, M.D., Han Yeung Ryu, M.D., Jung Cheul Lee, M.D., Sung Sae Han, M.D.*

The myocardial temperature was monitored in 19 patients of open heart surgery using the Shiley myocardial temperature probe in Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Yeungnam University Hospital.

The myocardial temperature were measured time-wise : initial and 15 minutes following the infusion of the cardioplegic solution into the aortic root and upon reinfusion, which is 30 minutes apart from the initial. The measurements were made in the anterior wall of the right ventricle, the posterior wall of the left ventricle and the interventricular septum.

Immediately after initial infusion, the temperature of the right ventricle($10.7 \pm 4.3^\circ\text{C}$) was the lowest and that of the left ventricle($12.9 \pm 3.9^\circ\text{C}$) the highest in the mean values among all 19 patients. However, no significant differences were noted among the different regions.

At 15 minutes after infusion, the lowest temperature was in the right ventricle($17.5 \pm 5.1^\circ\text{C}$), followed by interventricular septum($17.9 \pm 2.9^\circ\text{C}$), and left ventricle($21.4 \pm 2.5^\circ\text{C}$).

At 30 minutes after infusion, the lowest temperature was measured in the interventricular septum($13.6 \pm 2.7^\circ\text{C}$), followed by right ventricle($13.8 \pm 4.0^\circ\text{C}$) and left ventricle($14.5 \pm 4.5^\circ\text{C}$).

Evaluating changes of myocardial temperature according to postinfusion time, the temperature at 15 minutes after infusion showed significant increase as compared with that immediately after the infusion in all three regions($p < 0.05$) and the temperature at 30 minutes after infusion showed significant decrease as compared with that at 15 minutes after the infusion in the left ventricle and the interventricular septum($p < 0.05$). The left ventricle was rewarmed most rapidly and its temperature the highest in the mean values. Accordingly, the maintenance of optimal hypothermia of the left ventricle indicated a very careful factor in myocardial protection.

*영남대학교 의과대학 흉부외과학교실

*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Yeungnam University Hospital
1991년 4월 12일 접수

심근 저온은 개심술에 있어서의 심근 보호에 중요한 부분이라고 할 수 있다. 경도의 저체온과 더불어 심근의 국소 냉각에 대한 개념은 이미 1957년 Cross¹⁾ 등에 의해 발표된 바 있으며 심근 표면 한랭법의 효과는 1959년 Shumway²⁾ 등에 의해 실험적으로 증명된 바 있다. 그후 임상적 효과에 대한 연구가 많이 보고되었다³⁻⁶⁾.

심근 저온을 달성하기 위한 여러가지 방법들이 연구되어 왔지만 크게 두가지로 대별할 수 있는데 하나는 심근 표면 냉각이고 다른 하나는 관동맥을 통한 심근 전층의 냉각법이다.

심근 표면 냉각법에는 심낭샘에 한랭한 생리 식염수를, 특히 우심실 벽위로 간헐적으로 부어주거나 연속적 방법으로 흘려 보내는 방법이 있고, 또한 심낭샘에다가 생리 식염수를 반열음 상태로 만들어서 투여하는 방법이 있다. 그외 우심실과 좌심실 주위로 냉각용 자켓을 설치하는 방법도 있다.

관동맥을 이용한 심근 저온법에는 대동맥근부 또는 관동맥에 직접 한랭한 혈액 또는 비혈액을 주입하거나 한랭한 혈 심정지액 혹은 비혈 심정지액을 주입하는 방법들이 있다. 하지만 심근의 표면 냉각법은 기술적으로는 간단하지만 심내막까지 만족할 만한 냉각 효과를 얻을 수 없었고 심외막의 냉각 손상과 횡격막 손상 등의 합병증도 보고된 바 있었다⁷⁾.

관동맥을 이용한 심근 저온법도 관동맥 협착증 등이 동반되었을 경우 균등한 심근 저온이 되지 않음으로써 수술 후 심기능 회복에 장애를 초래한다고 보고하였다^{8,9)}.

이에 1979년 Chiu¹⁰⁾ 등은 개심술에 있어서 저온 심근 보호동안 심근 온도를 측정하여 그 중요성을 역설하였으며 1987년 Daily¹¹⁾는 저온 심근 보호의 여러가지 방법을 심근 온도의 측정을 통해서 서로 비교하기도 하였다.

영남대학교 의과대학 흉부외과학교실에서는 1988년 9월부터 1989년 2월까지 19례의 개심술 환자에서 심근 온도를 측정하여 관찰하였으며 우심실, 좌심실, 심실중격의 온도를 각각 측정하여 부위에 따른 저온의 효과를 관찰한 결과를 얻었기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

1988년 9월부터 1989년 2월까지 영남대학교 의과대학 흉부외과에서 개심술을 받은 19례를 대상으로 조사하였다.

이 중 14례는 선천성 심질환으로써 심실중격 결손증이 8례, 심방중격 결손증이 5례, 활로씨 사정증이 1례였다. 나머지 5례는 후천성 심질환으로써 승모판 폐쇄부전증이 3례, 승모판 협착증이 1례였으며 인공판막 기능부전으로 승모판막 재치환술을 받은 예가 1례였다(Table 1). 선천성 심질환 중에서 복잡성 심기형인 경우는 조사에서 제외되었다.

측정방법은 심근 온도 탐침(Shiley, Inc., Irvine, Calif.)(Fig. 1)을 사용하여 심정지액을 대동맥근부로 주입한 직후와 15분후, 그리고 심정지액 재차 투여 직후(첫 주입후 30분)에 각각 우심실 전벽과 좌심실 후

Table 1. Patient Characteristics

Case	Age(yr) /Sex	Diagnosis	Operative procedures
1	13 /M	VSD	Direct closure
2	13 /M	VSD	Direct closure
3	29 /M	VSD AR	Patch repair Valvuloplasty
4	6 /M	ASD	Direct closure
5	52 /F	MS	MVR
6	29 /M	ASD	Direct closure
7	35 /F	VSD	Patch repair
8	8 /F	VSD	Direct closure
9	36 /F	ASD	Pathc repair
10	16 /F	TOF	Total correction
11	20 /F	MR	Annuloplasty
12	13 /M	ASD	Direct closure
13	18 /M	MVR	Redo MVR
14	3 /F	ASD	Direct closure
15	36 /F	MR	MVR
16	3 /M	VSD	Patch repair
17	11 /M	VSD	Direct closure
18	16 /F	VSD	Patch repair
19	52 /F	MR	MVR

VSD, ventricular septal defect ; PDA, patent ductus arteriosus ; AR, aortic regurgitation ; ASD, atrial septal defect ; TOF, tetralogy of Fallot ; MR, mitral regurgitation ; MVR, mitral valve replacement.

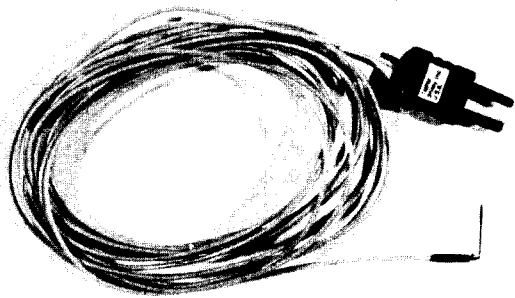


Fig. 1. Shiley Myocardial Temperature Probe

벽, 그리고 심실 중격의 온도를 측정하였다. 심실 중격은 심침에 가까운 부위를 선택하였다.

본 교실에서 시행하는 심근 보호법은 심낭샘에 한랭한 생리 식염수와 반열음을 간헐적으로 투여하는 심장 표면 냉각법과 대동맥근부로 한랭한 심정지액을 처음 15ml/kg로 주입하고 이후 30분마다 초기의 반량을 주입하는 관동맥을 통한 심근 보호법을 병용하고 있다. 본 교실에서 사용하는 심정지액은 Table 2와 같다.

Table 2. Cardioplegic Solution used in Yeungnam University Hospital

Constituent	Concentration
NaCl	84.6 mMol /L
KCl	21.1 mMol /L
CaCl ₂	1.5 mMol /L
NaHCO ₃	35.5 mMol /L
Glucose	4.4 gm /L
Mannitol	4.4 gm /L
Albumin	17.4 gm /L

345 mOsm /Kg of H₂O ; pH=7.39

결 과

심정지액을 대동맥근부로 투여하고 심장 표면으로는 냉각된 식염수나 반열음을 투여한 직후 우심실 전벽과 좌심실 후벽, 그리고 심실 중격의 온도를 측정하였다(Table 3).

그 결과 우심실 온도가 평균 $10.7 \pm 4.3^\circ\text{C}$ 로써 가장 낮았고 그 다음이 심실 중격으로 평균 $11.9 \pm 3.2^\circ\text{C}$ 였으며 가장 높은 곳이 좌심실로 평균 $12.9 \pm 3.9^\circ\text{C}$ 였다(Fig. 2). 우심실에 비해 좌심실의 고온은 통계학적으로

Table 3. Immediate Myocardial Temperature($^\circ\text{C}$) after Cardioplegic Solution Infusion

	RV	LV	IVS
	16.0	16.5	14.5
	9.0	9.5	13.0
	8.8	12.3	13.5
	15.5	14.8	13.5
	21.2	16.1	12.5
	13.8	16.0	13.0
	6.5	13.4	12.5
	12.8	15.5	14.0
	10.2	19.0	14.1
	10.3	14.2	13.0
	5.1	11.4	5.6
	5.4	9.2	5.9
	5.8	8.5	6.7
	11.0	13.2	12.5
	6.2	3.0	13.1
	16.5	19.0	19.5
	12.5	13.2	10.2
	9.2	8.2	8.5
	8.2	12.3	10.8

Mean \pm SD 10.7 ± 4.3 12.9 ± 3.9 11.9 ± 3.2

RV, right ventricle ; LV, left ventricle ; IVS, interventricular septum

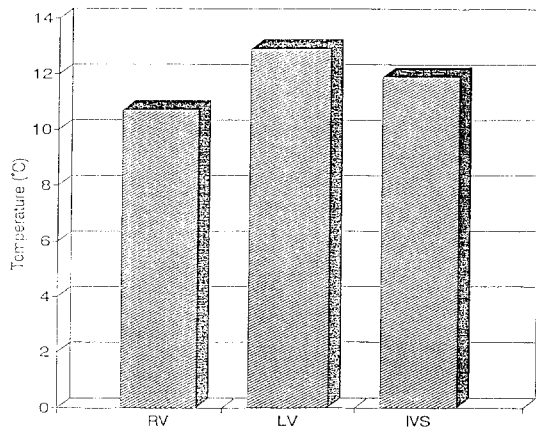


Fig. 2. Immediate Myocardial Temperature after Initial Cardioplegic Solution(CPS) Infusion.

RV, right ventricle ; LV, left ventricle ; IVS, interventricular septum.

로 의의는 없었고 전체 19례 중 12례에서 우심실이 가장 낮았으므로(63%) 심장 표면 냉각의 효과가 큰 것으로 생각하였다.

심정지액 투여후 15분에서의 측정은 총 19례중 6례에서 가능하였다. 이것은 주로 복잡성 심기형은 피하고 비교적 수술 수기가 간단한 예만 선택하여 측정하였기 때문에 그 예수가 적었다(Table 4).

결과를 보면 우심실이 평균 $17.5 \pm 5.1^\circ\text{C}$ 로써 가장 낮았고 그 다음 심실 중격으로 $17.9 \pm 2.9^\circ\text{C}$ 였으며 좌심실이 $21.4 \pm 2.5^\circ\text{C}$ 로써 가장 높았다(Fig. 3). 우심실과 비교해 볼 때 통계학적 의의는 없었으나 6례중 5례에서 좌심실이 가장 높아 83%나 되었고 심실 중격과 좌심실을 비교해 볼 때 6례 모두 좌심실이 높아($p < 0.05$) 좌심실이 가장 재가온이 잘 된다는 것을 시사하였다.

심정지액 투여후 30분(보충 심정지액 투여 직후)에서는 총 19례중 4례에서 측정이 가능하였으며 심실 중격 결손증이 3례, 승모판 협착증이 1례였다(Table 5).

결과는 심실 중격이 $13.6 \pm 2.7^\circ\text{C}$ 로써 가장 낮았고

Table 4. Myocardial Temperature($^\circ\text{C}$) at 15 Minutes after Cardioplegic Solution Infusion

	RV	LV	IVS
	23.0	25.0	22.2
	19.5	20.2	17.2
	13.2	19.2	17.3
	24.2	21.5	21.0
	10.1	24.0	15.0
	15.0	18.2	14.5
Mean \pm SD	17.5 ± 5.1	21.4 ± 2.5	17.9 ± 2.9

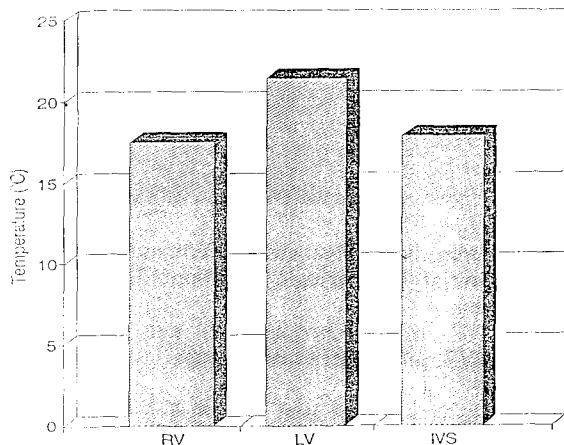


Fig. 3. Myocardial Temperature at 15 Minutes after CPS Infusion.

Table 5. Myocardial Temperature($^\circ\text{C}$) in Booster Infusion at 30 Minutes after Initial Infusion

	RV	LV	IVS
	15.0	22.0	18.1
	18.0	14.0	13.0
	15.0	11.0	12.0
	7.2	11.0	11.2
Mean \pm SD	13.8 ± 4.0	14.5 ± 4.5	13.6 ± 2.7

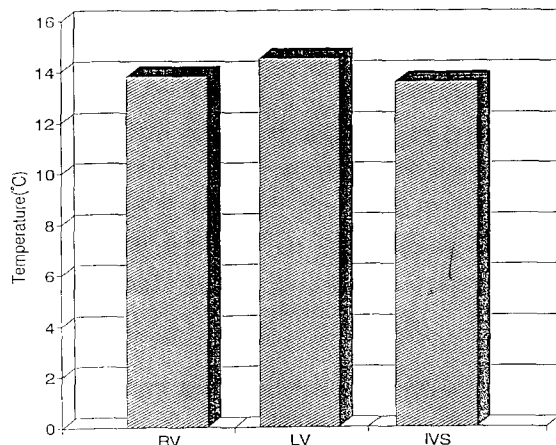


Fig. 4. Myocardial Temperature in Booster Infusion at 30 Minutes after Initial Infusion.

우심실이 $13.8 \pm 4.0^\circ\text{C}$ 였으며 좌심실이 $14.5 \pm 4.5^\circ\text{C}$ 로써 가장 높았으나 통계학적 의의는 없었다(Fig. 4).

심정지액 투여 직후와 15분 후를 비교해 보면 세 부분 모두 의미있는 가온이 되었으며($p < 0.05$), 심정지액 투여 15분 후와 30분 후를 비교할 때 좌심실과 심실 중격은 의미있는 냉각을 보였고($p < 0.05$) 우심실도 상당히 냉각하는 경향이었으나 세 부분 모두 초기 주입 때의 냉각 수준에 미치지 못하였다.

심정지액 투여 후 15분에 좌심실은 심실 중격보다 높았으며($p < 0.05$), 가장 빠르게 또한 가장 높은 온도로 가온된다는 것을 알 수 있었고 이에 비해 우심실은 저온 상태로 가장 잘 유지가 된다는 것을 알 수 있었다(Table 6, Fig. 5). 이 결과를 볼 때 생리 식염수나 반얼음이 우심실 표면 냉각에 더욱 효과가 있는 것으로 생각되었다.

Table 6. Changes of Myocardial Temperature(°C) according to Postinfusion Time

Location \ Time(min)	0	15	30
RV	10.7±4.3	17.5±5.1	13.8±4.0
LV	12.9±3.9	21.4±2.5	14.5±4.5
IVS	11.9±3.2	17.9±2.9	13.6±2.7

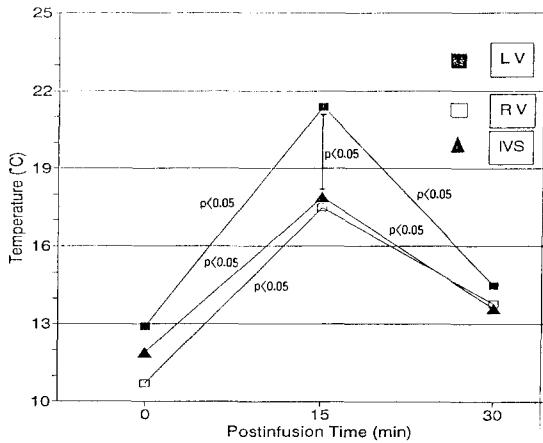


Fig. 5. Changes of Myocardial Temperature according to Postinfusion Time

고 찰

심근 보호를 위한 적당한 심근 온도에 대해 많은 연구가 되어져 왔다. Tyers⁸⁾ 등은 4°C에서 glycogen과 ATP 수준의 항진된 보존 효과를 보였지만 10°C-15°C에서는 더 좋은 기능적, 대사적 회복을 보였다고 보고하였으며 Shragge¹²⁾ 등에 의하면 0.5°C에서 2시간 허혈은 심근 손상없이 기능적, 대사적 회복이 가능하였다고 하였다. 또 Rosenfeldt¹³⁾ 등은 심장을 4°C에서 6시간 동안 두었을 때 심근 세포에 어떠한 미시적인 변화도 없었음을 발견하고 심근 온도는 얼지 않는 한 낮으면 낮을수록 더욱 좋다는 결론을 내렸다.

그러나 심근 보존을 위해 적합한 심근 온도는 4°C-6°C 정도로 매우 낮지만 임상적으로 심장을 15°C 이하로 계속 유지한다는 것은 어려우며 특히 한랭한 생리 식염수나 얼음 조각을 사용하지 않고서는 심근 온도를 10°C 이하로 유지시킨다는 것은 실제로 불가능하다고 하였다. 또한 과도한 심근 온도의 저하는 심근 손상을 유발하여 심기능을 상실하는 등 심각한 부작용

도 초래할 수 있다고 하였다⁷⁾. Speicher⁷⁾ 등은 심장을 한랭한 생리 식염수에 60분 이상 노출시킬 때 심각한 심근 손상을 일으킨다고 하였으며 또한 Scannell¹⁴⁾, McGoon 등은 횡격막 신경마비를 초래할 수도 있다고 하였다. 그래서 1981년 Boncheck¹⁵⁾ 등은 냉각용 자켓을 제작하여 임상에 응용함으로써 횡격막 신경마비의 빈도를 상당히 감소시킬 수 있었다고 하였다.

심근의 온도는 측정 부위가 광범위하고 또한 시간이 경과할수록 온도가 올라가서 매우 불안정하며 일정하지 않은 특징을 가지고 있다¹⁰⁾.

Rosenfeldt와 Watson¹⁶⁻¹⁸⁾ 등은 심근의 저온을 유지하는 데는 심장의 크기와 체정맥 환류가 중요한 역할을 한다고 보고하였으며 특히 심근 온도 상승의 요인으로 4가지를 발표하였는데, 첫째 폐정맥 환류, 둘째 심낭으로부터의 열전도, 셋째 수술방 공기의 대류이며 넷째 수술방의 백열등으로부터의 방사열 등이었다. 특히 우심실의 저온 유지가 어렵다고 강조되어 왔으며¹⁹⁾ Gonzales²⁰⁾ 등에 의하면 부적당한 우심실의 저온은 수술 후 일시적인 우심실 부전을 초래할 수 있다고 하였고, Christakis²¹⁾ 등에 의해 임상적으로 증명이 되었다. 그러나 저자 등의 경우에는 좌심실이 우심실보다 저온 유지가 어려웠고 가장 재가온이 잘 되었었다. 따라서 향후 좌심실에 대한 저온 방법과 저온 유지에 대하여 더욱 많은 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

이 결과는 통계학적인 의의는 없었으나 탐침으로 심근 온도를 측정하는 이 방법은 간단하며 신속한 측정이 가능하였으므로 임상에 사용하여 수술 동안 심근 온도의 변화에 관심을 집중할 수 있는 이점이 있다고 생각되었다.

Dailey¹¹⁾ 등은 적당한 심근의 저온을 계속 유지하기 위해 다음과 같은 5가지 방법을 제시하였다. 첫째 우심방과 우심실로의 체정맥 환류를 방지하기 위해 상대정맥과 하대정맥으로 각각 정맥 카테터를 주입하는 분리형 정맥 환류법을 시도하고, 둘째 과도한 폐정맥 환류를 방지하기 위해 좌심방에 도관을 넣어 혈액을 제거시키고, 셋째 냉각된 심정지액을 대동맥근부로 주입시키며, 넷째 냉각용 자켓을 사용하여 심근의 저온을 유지시켜야 한다고 하였다. 마지막으로 우심실과 좌심실의 심내막과 외막의 온도를 측정하여 저온 상태를 확인하여야 한다고 하였다.

이 심근 온도의 측정은 이미 1979년 Chiu¹⁰⁾ 등에 의해 그 중요성이 역설된 바 있으며 심근 보호를 위해

냉각 심정지액을 주입한다든가 혹은 냉각된 생리 식염수나 반얼음을 심장 표면 위로 뿌려서 저온을 유지해야 한다고 강조하였다.

현재 대부분의 개심술에 있어서 심근 보호를 위하여 위와 같은 방법을 사용하고 있으며 본 교실에서도 동일한 방법을 사용하고 있다.

결 론

본 영남의대 부속병원 흉부외과학 교실에서는 1988년 9월부터 1989년 2월까지 개심술을 받은 19례의 환자를 대상으로 우심실 전벽, 좌심실 후벽 그리고 심실 중격등의 심근 온도를 측정하여 심근의 저온 상태를 관찰하였다.

우심실, 좌심실 및 심실 중격에서 측정한 심근 온도는 심정지액 투여 15분 후에서 투여 직후보다 유의한 증가를 보였다. 그리고 투여 30분 후에는 투여 직후에 비해 다소 상승한 경향을 보였으나 투여 15분 후보다는 좌심실 및 심실 중격에서 유의한 감소를 보였고 우심실도 상당히 감소한 경향을 보였다.

심정지액 투여 직후, 투여 15분 후, 투여 30분 후(재투여 직후) 등에서 우심실은 좌심실보다 항상 낮게 유지되는 경향을 보였다.

이 결과는 표면 냉각의 효과가 우심실에서 더욱 두드러짐을 나타내었고 좌심실 쪽은 체온의 전달이 빠른 표면 냉각의 효과가 낮음을 보아 향후 다른 방법을 모색하여 좌심실의 저온 유지에 관심을 가져야 할 것으로 생각되었다.

또한 개심술시 탐침으로 심근 온도를 측정하는 것은 간단하고 안전한 방법이며 심근 보호에 유용할 것으로 판단되었다.

REFERENCES

1. Cross FS, Jones RD, Berne RM : *Localized cardiac hypothermia as an adjunct to elective cardiac arrest. Surg Forum 8 : 355-9, 1957*
2. Shumway NE, Lower RR, Stofer RC : *Selective hypothermia of the heart in anoxic cardiac arrest. Surg Gynecol Obstet 109 : 750-4, 1959*
3. Hurley EJ, Lower RR, Dong E Jr, Pillsbury RC, Shumway NE : *Clinical experience with local hypothermia in elective cardiac arrest. J Thorac Cardiovasc Surg 47 : 50-65, 1964*
4. Griep RB, Stinson EB, Shumway NE : *Profound local hypothermia for myocardial protection during open-heart surgery. J Thorac Cardiovasc Surg 66 : 731-40, 1973*
5. Pupello DF, Blank RH, Connar RG, Bessone LN, Sbar S, Stevenson A : *Fifty-two consecutive aortic valve replacements employing local deep hypothermia. Ann Thorac Surg 19 : 487-93, 1975*
6. Cohn LH, Collins JJ Jr : *Local cardiac hypothermia for myocardial protection. Ann Thorac Surg 17 : 135-40, 1974*
7. Speicher CE, Ferrigan L, Wolfson SK Jr, Yalav FH, Rawson AF : *Cold injury of myocardium and pericardium in cardiac hypothermia. Surg Gynecol Obstet 114 : 659-65, 1962*
8. Tyers GFO, Williams EH, Hughes HC, Todd GJ : *Effect of perfusate temperature on myocardial protection from ischemia. J Thorac Cardiovasc Surg 73 : 766-71, 1977*
9. Daggett WM, Jacocks AJ, Coleman WS, Johnson RG, Lowenstein E, Vandersalm TJ : *Myocardial temperature mapping. J Thorac Cardiovasc Surg 73 : 766, 1977*
10. Chiu RCJ, Blundell PE, Scott HJ, Cain S : *The importance of monitoring intramyocardial temperature during hypothermic myocardial protection. Ann Thorac Surg 28 : 317-22, 1979*
11. Daily PO, Pfeffer TA, Wisniewski JB : *Clinical comparisons of methods of myocardial protection. J Thorac Cardiovasc Surg 93 : 324-36, 1987*
12. Shrage BW, Digerness SB, Blackstone EH : *Complete recovery of the heart following exposure to profound hypothermia. J Thorac Cardiovasc Surg 81 : 455-8, 1981*
13. Rosenfeldt FL : *The relationship between myocardial temperature and recovery after experimental cardioplegic arrest. J Thorac Cardiovasc Surg 84 : 656-66, 1982*
14. Scannell JG, Discussion, McGoan DC, Mankin HT, Kirklin JW : *Results of open-heart operation for acquired aortic valve disease. J Thorac Cardiovasc Surg 45 : 64, 1963*
15. Bonchek LI, Olinger GN : *An improved method of topical cardiac hypothermia. J Thorac Cardiovasc Surg 82 : 878-82, 1981*
16. Rosenfeldt FL, Watson DA. III : *Local cardiac*

- hypothermia, experimental comparison of Shumway's technique and perfusion cooling. Ann Thorac Surg 27 : 17-23, 1979*
17. Rosenfeldt FL, Watson DA. II : *Interference with local myocardial cooling by heat gain during aortic cross clamping. Ann Thorac Surg 27 : 13-6, 1979*
 18. Rosenfeldt FL, Watson DA. I : *Development of an in vitro model of myocardial cooling : a study of the effect of cardiac size on cooling rate. Ann Thorac Surg 27 : 7-12, 1979*
 19. Fisk RL, Ghaswalla D, Guilbeau EJ : *Asymmetrical myocardial hypothermia during hypothermic cardioplegia. Ann Thorac Surg 34 : 318-23, 1982*
 20. Gonzalez AC, Brandon TA, Fortune RL, et al : *Acute right ventricular failure is caused by inadequate right ventricular hypothermia. J Thorac Cardiovasc Surg 89 : 386-99, 1985*
 21. Christakis GT, Fremes SE, Weisel RD, et al : *Right ventricular dysfunction following cold potassium cardioplegia. J Thorac Cardiovasc Surg 90 : 243-50, 1985*