

## 단순초저체온법에 의한 개심수술

- 3례 보고 -

조범구\* · 장병철\* · 김은기\* · 강면식\* · 오홍근\*\*

-Abstract-

### Repair of Intracardiac Defect under Simple Deep Hypothermia in Infancy without Cardiopulmonary Bypass (Report of 3 Cases)

Bum-Koo Cho, M.D.\* , Byung-Chul Chang, M.D.\* , Eun-Ki Kim, M.D.\* ,  
Meyun-Shick Kang, M.D.\* and Hung-Kun Oh, M.D.\*\*

Although the conventional methods of cardiopulmonary bypass for open heart surgery have been employed, it has been usual method to repair of congenital heart disease in infancy using deep hypothermia and circulatory arrest technique.

In 1980, we reported total correction of congenital heart disease using surface induced hypothermia-total circulatory arrest and rewarming with limited cardiopulmonary bypass.

In 1981, three patients below 10 kilogram, who had ASD and PDA, and two of VSD with pulmonary hypertension were operated on using simple deep hypothermia without cardiopulmonary bypass. During surface cooling, there were no ventricular fibrillation and arrhythmia. There were no difficulty to resuscitate the heart.

Postoperative respiratory and neurologic complication were not occurred. Follow up examination for two to three years gave no evidence of cerebral damage due to circulatory arret.

### 서 론

초저체온법에 의한 영아기 개심수술은 최근 약 20년간의 많은 연구에 따라 이 방법의 안전성이 확립되고 수술의 결과가 좋아 보편화되었다<sup>1-11)</sup>.

초저체온에 이르는 방법에는 몇가지가 있으나 그중

체표냉각에 의한 초저체온법은 인체 대사에 미치는 영향뿐 아니라 수술시야가 좋은 장점에 의하여 근래 많이 이용되고 있다<sup>2-7, 9, 12)</sup>.

대부분의 영아기 개심수술은 중등도 체표냉각후 단시간의 체외순환 후에 초저체온하 개심수술을 하고, 재가온시에는 체외순환에 의존하여 심소생을 유도하고 재가온을 한다. 1963년 Horiuchi 등은<sup>2)</sup> 영아기 심실중격결손증 환자들에서 인공심폐기의 도움없이 개심수술을 하여 좋은 결과를 발표하였다. 1979년 Wakusawa 등<sup>9)</sup>은 체외순환을 하지 않고 체표냉각에 의한 초저체온하 완전순환차단을 하여 개심수술을 하고 심소생액(Resuscitation solution or cocktail)을 이용하여 심소생을 유도하고 체표가온에 의해 재가온을 시키는 단순초저체온법으로 1000례 이상의 환자를 수술

\* 연세대학교 의과대학 흉부외과

\* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Yonsei University, College of Medicine.

\*\* 연세대학교 의과대학 마취과

\*\* Department of Anesthesiology, Yonsei University, College of Medicine.

좋은 결과를 보고하였다.

연세의료원에서는 1980년<sup>12,13)</sup> 초저체온법에 의한 완전순환차단하에 영·유아의 선천성 심기형을 수술하고, 제한된 체외순환으로 가온하여 좋은 결과를 발표한 바가 있다. 1981년에는 3례의 영·유아에서 인공심폐기를 사용하지 않는 단순초저체온법을 이용하여 개심수술을 하고 1984년까지 2~3년간 원격관찰을 한 결과 모두에서 좋은 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

### 증 례 1

김 ○ ○, 6개월, 여아

병력: 환아는 3일간의 호흡곤란 및 발열을 주소로 입원하였다. 생후 2개월에 장중첩증에 의해 본원에 입원한 적이 있다. 당시 선천성 심장질환이 발견되었으나 특별한 치료는 받지 않았다. 생후 5개월에 호흡곤란이 심해지기 시작하여 모병원에 입원, 폐렴이라는 진단하에 치료를 받았다. 그후 지속적이고 완고한 상기도 감염으로 1980년 12월 25일 본원에 입원하였다. 과거력상 출생시 체중은 3.5 kg으로 개인병원에서 정상 분만하였다. 생후 2개월에 장중첩증으로 본원에서 바리움 환원정복술을 받았다.

이학적 소견: 입원시 체중은 7.5 kg으로 50 퍼센트

(percentile)에 속하였다. 혈압: 110/70 mmHg, 맥박수: 150/분, 호흡수: 60/분으로 맥박 및 호흡이 매우 빨랐다. 발육상태는 비교적 양호하였고, 구순에 청색증은 없었으며 전흉부의 돌출이 있었다. 청진시 전폐부에 호기천명(wheezing)이 있었고, 섬세한 폐포음이 양측 폐하부에서 청진되었다. 우심실의 Heaving과 수축기 진전을 흉골좌연에서 촉진할 수 있었다. 흉골좌연 및 제3 늑간부에서 정도 3/6의 범수축기 잡음이 들렸다. 간장이 우측늑골좌연에서 3 cm가량 만저졌다.

검사소견: 상용검사 결과는 정상 소견이었다. 단순흉부촬영상 심흉비율이 60%로써 심비대가 심하였고, 좌·우심실의 확장 및 폐동맥의 돌출이 있었다. 우측하폐부의 울혈 및 폐침윤의 소견이 있었다. 심전도 검사 결과 동운동으로 전기축은 +90°였고, 우심실 및 좌심실의 비대소견이 있었다. 초음파심음향도 검사 결과 좌심방 및 좌심실의 확장이 있었다. 심도자검사 결과(도표: 2) 주폐동맥에서 산소포화도가 90.9%로 우심실 유출구의 68.0%에 비하여 의의있는 상승치를 보여 주었다. 폐동맥압은 80/50 mmHg로 폐동맥 고혈압이 심하였다. 심도자는 좌폐동맥에서 하행대동맥으로 들어가 동맥관 개존증을 진단할 수 있었다. 좌심실조영술 결과 심실중격결손증이 있는 것으로 진단되었다. 상기한 검사 결과 심실중격결손증, 동맥관 개존증, 개방성 난혈공 및 폐동맥 고혈압의 진단하에 1981년 1월 23일 수술을 하였다.

### 증 례 2

김 ○ ○, 2년 7개월, 남아

병력: 환아는 생후 잦은 상기도 감염으로 생후 7개월에 개인병원에서 진찰을 받은 결과 선천성 심장질환으로 진단되었다. 특별한 치료를 받지 않고 치내다가 발육이 늦고 상기도 감염이 잦아 1981년 1월 25

Table 1. Cases of simple deep hypothermia.

Case	Age (Month)	Sex	Body Weight (Kg)	Diagnosis
1	6	F	7.5	VSD, PDA & PH
2	31	M	8.0	VSD & PH
3	18	M	9.5	VSD & PH

Legend; ASD: Atrial Septal Defect, PDA: Patent Ductus Arteriosus, PH: Pulmonary Hypertension, VSD: Ventricular Septal Defect.

Table II. Preoperative Cardiac Catheterization Data.

Case	PAP (torr)	RVR (torr)	RAP (torr)	Aorta (torr)	Qp/Qs	Rp/Rs
1	80/55(65)	80/0	(3)	100/60(75)	6.5	0.13
2	85/50(72)	85/0	(4)	96/72(85)	2.0	0.39
3	80/30(57)	80/0	(-)	100/65(85)	3.0	0.21

Legend; PAP: Pulmonary Artery Pressure, RVP: Right Ventricular Pressure, RAP: Right Atrial Pressure.

일 본원에 입원하였다. 과거력상 정상 분만하였고, 잦은 상기도 감염으로 예방접종은 한번도 받지 못하였다.

이학적 소견 : 입원시 체중이 8kg으로 3퍼센트(percentile) 미만에 속하여 발육 및 영양상태가 매우 불량하였다. 혈압 : 120/80mmHg, 맥박수 : 108/분, 호흡수 : 24/분으로 정상적이었다. 구순에 청색증은 없었고 흉부의 외부 소견상 전흉부의 돌출이 매우 심하였으며, 호흡음은 깨끗하였다. 우심실 heaving이 있었으며, 좌측 흉골연에서 수축기 진전을 촉진할 수 있었다. 제 2심음이 매우 증가되어 있었으며, 좌측 흉골하연에서 정도 4/6의 범수축기 잡음이 있었다. 간장 및 비장은 촉진되지 않았다.

검사소견 : 입원시 혈액소 : 7.9 gm/dl, 헤마토크릿 : 28.6%로 빈혈이 있었고 백혈구수 : 13800/mm<sup>3</sup>로 증가되어 있었다. 입원후 충전적혈구(packed RBC) 80 ml 를 수혈하여 혈액소는 10.8 gm/dl로 증가되었다. 단순흉부촬영소견은 심흉비율이 62.5%로 좌심실 및 우심실의 확장이 있었고 폐동맥이 돌출되어 있었으며, 폐혈관 음영이 증가되어 있었다. 심전도검사 결과 동률동으로 전기축은 +90°이었고, 좌·우심실의 비대가 있었다. 심도자검사 결과 우심실의 의의있는 산소포화도의 상승이 있었다. 폐동맥압이 85/50mmHg로써 폐동맥 고혈압이 있었고, 폐혈관저항이 체혈관저항에 비하여 38%로 매우 증가되어 있었다. 즉 심실중격결손증 및 폐동맥 고혈압의 진단하에 1981년 1월 29일

수술을 하였다.

### 증 례 3

조 ○ ○, 1년8개월, 남아

병력 : 환아는 생후 4개월에 설사로 인하여 개인병원에서 진찰받은 결과 선천성 심장질환이 있다는 것을 알았다. 생후 6개월에는 폐렴에 의하여 모병원에 입원 치료를 받은 적이 있었다. 그후에도 상기도 감염이 잦았으며, 입원 20일 전 부터는 호흡곤란이 발생하여 1981년 2월 3일 본원에 입원하였다. 과거력상 정상 분만하였으며, 특별한 질환을 앓은 적이 없었다.

이학적 소견 : 입원시 체중이 10kg으로 50퍼센트(percentile)에 속하였다. 혈압, 맥박수는 정상적이었으나 호흡수가 36/분으로 빨랐다. 안면 및 상부 안검에 약간의 부종이 있었다. 흉부 외관상 호흡곤란이 다소 심하여 보였고 전흉부 돌출이 심하였다. 호흡음은 전폐부에서 매우 거칠게 들렸고 호기시 천명이 있었다. 좌측 흉골연을 따라 수축기 진전을 촉진할 수 있었고 좌측 흉골연을 따라 정도 3/6의 범수축기 잡음이 들렸다. 제 2심음이 매우 증가되어 있었다. 간장이 우측 늑골하연에서 3cm가량 촉진되었다.

검사소견 : 상용검사는 정상적인 소견이었다. 단순흉부촬영 소견은 심흉비율이 64.5%로써 우심실 및 좌심실 비대가 심하였다. 폐동맥이 매우 돌출되어 있었



Fig. 1. Surface cooling with hypothermic chamber.

으며 폐음영이 증가되었고 우측 폐부의 상단에 폐침윤이 있었다. 심진도 검사 결과 동률동으로 전기축은 중앙(intermediate)에 있었다. 좌심방의 확장 및 좌·우심실의 비대소견을 보여 주었다. 초음파심음향도 검사 결과 좌심방 및 좌심실의 확장이 있었다. 심도자 검사 결과 폐동맥압이 80/30mmHg로 고혈압이 심하였고, 심실중격결손증이 진단되어 1981년 2월 17일 수술하였다.

#### 마취관리 및 수술조건

마취전 투약은 소정온제(Minor tranquilizer)인 클로로디아제폭사이드(Chlorodiazepoxide)와 세코바비탈(Secobarbital), 소량의 페세딘(Pethidine)과 하이드로옥세딘(Hydroxydine), 그리고 트리푸루프로마진(Triflupromazine)등을 마취 유도전 2시간 30분부터 30분까지 4회에 걸쳐 혈압 및 맥박수의 감시하에 분할 투여하였다.

2.5% 티오펜탈 쓰디움(Thiopental Sodium)과 썬셀콜린(Succinylcholine)을 투여하여 마취유도를 하였고 기관내 삽관하에 완전폐쇄순환식으로 에테르(Ether) 1~1.5 ml/kg을 흡입시켜 급속히 제3기에 도달하게 하고 일단 에테르의 흡입을 중단시켰다.

그후 자기호흡이 나타난 후에 서서히 에테르를 흡입시켜 약 1ml/kg의 에테르가 흡입되고, 순환동태가 안정된 후 자율신경 차단제인 트리푸루프로마진 3ml/kg를 서서히 정주한 후 체표냉각을 시작하였다.

체표냉각은 얼음물을 넣은 특별히 고안된 물탱크의 물위에 비닐을 깔고 그 위에 환자를 눕혔으며, 그 비닐로 환자를 덮고 안면 진홍부 및 상복부를 제외한 곳에 얼음 조각을 놓아 냉각이 균등하게 잘 되도록 하였다. 직장체온이 30℃가 될때 에테르를 2ml/kg, 25℃ 이하에서 2.5~3.5ml/kg가 흡입되도록 하였다<sup>9)</sup>.

체온저하에 따른 혈액점도(viscosity)의 증가 및 혈액저류를 예방하기 위하여 체온이 하강되는 동안 저

분자량 덱스트린(Low Molecular Weight Dextran) 15ml/kg 및 링거씨액(Ringer's solution) 10ml/kg를 정맥주사하였으며<sup>3,11,12)</sup>, 직장체온이 30℃에서 헤파린(Heparin sulfate) 1mg/kg를 정주하였다. 또한 직장체온이 30℃에서 갈라민(Gallamine) 2mg/kg를 정주한 후에 조절호흡을 실시하면서 계속 체표냉각을 하였다.

직장체온이 25℃일때 정중홍골절개술로 개흉하였다. 증례 3에서 직장체온이 25℃일때 일시적인 저혈압(혈압: 58/25 → 36/18mmHg)이 있어서 CaCl<sub>2</sub> 100mg을 정맥주사한 결과 혈압은 상승하고 혈액학이 안정되었다.

육안적으로 전례에서 우심실의 확장이 심하였고, 주폐동맥은 팽창되어 있었다. 증례 1에서 개방성 동맥관을 심낭의 내측에서 2중 결찰하였다.

직장체온이 25℃에서 수술준비후 개흉하는 동안 체온은 약 20℃로 하강되었다. 상대정맥, 하대정맥, 폐동맥 및 상행대동맥을 순서대로 혈류를 차단하여 완전순환차단을 실시하였다. 영씨 심정지액(Young's solution: 0.3% Potassium citrate, 2.46% Magnesium sulfate, 0.001% Neostigmine)을 대동맥기시부를 통하여 관상동맥으로 주입되도록 하여 심근을 완전히 이완시켜 심정지를 시킨후 우심실을 절개하였다. 증례 1에서는 심실중격결손이 없었고 개방성 난원공이 있어서 직접 봉합하였다. 증례 2에서는 심실중격결손이 Kirklin분류 제 2형으로 크기가 약 1.2cm × 0.6cm의 장방형으로 결손 주위 변연에 섬유화가 잘 되어 있어서 3개의 Pledget를 이용한 석상봉합을 하였다.

Table III. Composition of Resuscitation Solution

(10ml contains)	
Glucose	1000 mg
Calcium Chloride	100 mg
Norepinephrine	0.5 mg
	0.5

Table IV. Required time for surface-cooling and rewarming.

Case	Cooling Time (minute)	Lowest Temperature (C)		Arrest Time (minute)	Warming Time (minute)
		Rectum	Esophagus		
1	122	16.0	22.0	25	88
2	110	18.0	20.0	21	65
3	110	16.4	21.0	38	70

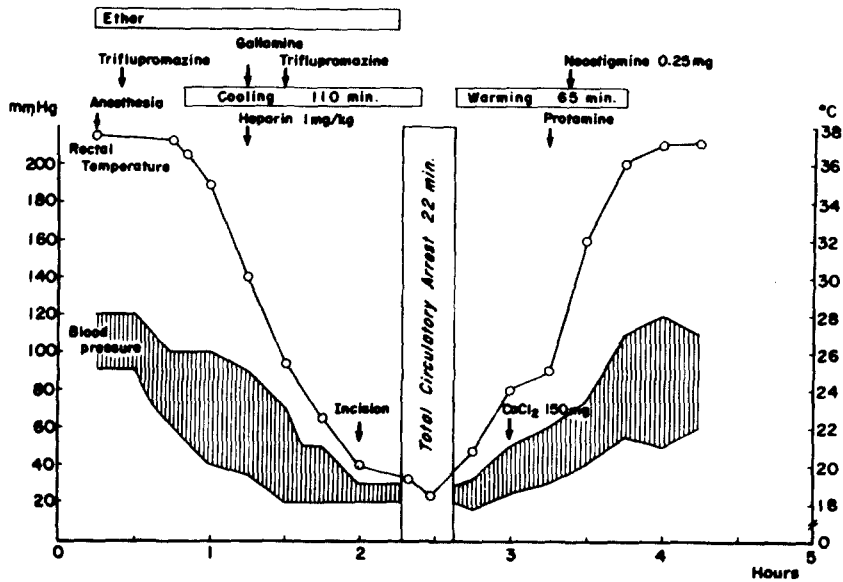


Fig. 2. Record of simple deep hypothermia in a case 2 of the ventricular septal defect (31-month-old male weighing 8.0 kilograms).

증례 3은 심실중격결손이 Kirklin 분류 제 2형으로 크기는 약  $1.0 \times 1.0$  cm여서 Woven Dacron Patch를 이용 교정하였다. 심근융합과 더불어 심장내 공기를 제거하고 상행대동맥기시부를 통하여 관상동맥으로 준비된 심소생제 (도표: 3 Resuscitation solution 또는 cocktail)<sup>9)</sup> 10~20ml를 주입하였다. 동시에 초저체온법을 위한 물탱크내의 물을 가온하면서 체표가온을 시작하고, 가온된 생리식염수를 심근에 도포하였다. 내심장막사지를 하여 5분 이내에 심박동은 돌아왔으며, 체온의 상승과 더불어 동맥동으로 되었다.

수술후 호흡관리는 먼저 인공호흡기 (Bourn's respirator)를 이용하여 조절호흡을 하였다. 의식상태가 명료해지고 자기호흡이 가능하다고 생각될 때 지속적 양압호흡 (CPAP)을 시행하고 증례 1 및 2는 수술후 8시간 후에, 증례 3은 4시간후에 기관내관을 제거하였다.

증례 3에서 술후 1일에 일시적 강직성 경련이 있었으나 저혈당 (serum glucose : 38 mg/dl)에 기인한 것으로 사료되었고 그후 신경손상의 증상이나 징후는 없었다. 모든 환자들에서 술후 심장음은 소실되고 견강한 상태로 합병증 없이 퇴원하였다.

## 고 안

영아기 개심수술은 성인에서의 개심수술과는 달리 수술의 사망률 및 유병률이 높다<sup>2-4,6-9,11-14)</sup>. 이유는 여러가지가 있겠으나 ① 체외순환에 따른 여러 합병증, ② 체액-전해질 불균형에 빠지기 쉬운 점, ③ 복합심기형의 수술수기의 난점 등이 주요한 문제점들일 것이다. 이들중 특히 체외순환시 발생할 수 있는 과다한 수혈, 정맥관 및 동맥관 삽관에 따른 수술시야의 방해는 수술성적에 직접적인 영향을 미치게 된다. 이러한 체외순환의 단점을 해결하기 위하여 근래 초저체온법에 의한 완전순환차단법이 도입되어 영아 개심수술의 주된 방법으로 이용되고 있다<sup>2-13)</sup>.

초저체온하 완전순환차단법은 기술적으로 크게 4가지로 나눌 수 있다.

1. 체표냉각후 완전순환차단 및 체표가온 (단순초저체온법)<sup>2,9)</sup>.
2. 체표냉각후 완전순환차단 및 가온 (Core warming)<sup>7,12,13)</sup>.
3. 체표냉각 및 심냉각 (Core cooling)후 완전순환차단 및 심가온<sup>6,11)</sup>.
4. 심냉각후 완전순환차단 및 심가온에 의한 방법 등이다<sup>15)</sup>.

이러한 영아기 개심수술의 방법들은 각각의 방법마다 장·단점이 있어서 각 기관마다 적용방법이 다르다. 완전순환차단을 위한 초저체온법의 기술은 초기 깊은 에테르(Ether) 마취하에 체표냉각에 의한 체온하강을 시도하여 좋은 성적을 발표하였다<sup>1-3)</sup>. 복미의 대부분 기관에서는 체표냉각시 동반될 수 있는 심실세동 및 부정맥의 문제점에 부딪혀 일정한 온도까지는 체표냉각에 의존하고 그 이하는 심냉각(Core cooling)을 하거나<sup>6-8, 11)</sup>, 초저체온법을 이용하지 않고 관례적 체외순환을<sup>14, 15)</sup> 하여 수술을 하고 있다. 초저체온법에 의한 완전순환차단 후 개심수술이 완료된 후 가온 및 심근소생술은 주로 인공심폐기에 의한 체외순환에 의존하고 있다<sup>6, 7, 11-13, 15)</sup>.

체표냉각에만 의존하는 초저체온법은 체외순환에 따른 심냉각과는 달리 인체의 말초에서부터 냉각을 함으로써 주요 장기의 대사가 비교적 늦게까지 유지될 수 있어 대사성 산증을 예방할 수 있다. 즉 심냉각에 의존하는 냉각법은 주요 장기의 대사가 초기에 감소하고, 혈행의 단락(shunt)에 따른 체온구배가 많아져서 대사성 산증을 유발시키게 된다<sup>4, 7, 11, 12, 17)</sup>. 초저체온법에 의한 개심수술후 가온은 대부분의 기관에서는 인공심폐기에 의한 심가온법(Core warming)을 이용한다. 즉 심가온을 함으로써 간장, 신장 등 주요 장기가 빨리 가온되어 초기에 체내 대사가 이루어지고, 심소생술이 안전하고 쉽게될 수 있는 장점이 있기 때문에 영아기 초저체온하 개심술의 대부분이 이 방법에 의존한다. 1979년 Mohri 등<sup>16)</sup>은 체외순환에 따른 문제점들을 완전히 배제하기 위하여 체표냉각에 의한 초저체온법과 항응혈관(Athrombogenic tube)을 이용한 좌심체외순환법을 실험하여 보고하였다. 즉 좌심부 분체외순환에 의한 가온을 함으로써 인공폐의 사용에 따른 혈액손상을 방지할 수 있을 뿐 아니라 중진액의 양을 극소화함으로써 수술의 합병증을 감소하고, 심소생을 초기에 유도할 수 있다고 하였다. 이는 동물실험에 적용하였으나 더욱 연구를 하여 인체에 적용할 경우 이상적인 초저체온법의 방법중 하나가 될 수 있을 것이다.

상기한 초저체온법은 일부의 체외순환이 필요하지만 단순초저체온법을 이용하는 경우 체외순환의 문제점들을 완전히 배제할 수 있다. 단순초저체온법은 일본의 이와테(Iwate) 의과대학의 Wakusawa 등<sup>9)</sup>이 체중 10 kg 미만의 영아기 개심수술시 많이 이용하고 있다.

이 방법의 장점으로서는 수술시 수혈량이 많이 감소될 수 있고, 수술시야가 혈액이 없어 좋으며, 심장내 삼관등 수술전 조작이 불필요하며 심폐기를 사용하지 않음으로 경제적이라고 할 수 있다. 그러나 체표냉각과 순환차단시 일어날 수 있는 요소들 즉 심실세동의 위험, 순환차단 시간의 제약 및 심장소생에 대한 우려등이 문제시되고 있다.

체표냉각에 의한 초저체온법의 마취제는 몇 가지가 있다. 근래 초기부터 사용하던 에테르(Ether)에 의한 완전순환체외법을 주제로 하고 자용신경차단제인 트리플루프로마진(Triflupromazine) 및 저분자량 덱스트란(Dextran)을 사용하는 방법이 안전한 방법으로 확립되어 있다<sup>4, 9)</sup>. 즉 에테르는 강력한 마취작용, 경미한 독성, 고농도의 산소투여가 가능하고, 안전역이 넓다. 또한 심근억제가 비교적 경미하고 말초혈관 확장 작용이 있어 저체온하에서도 말초혈류를 잘 유지시키는 장점때문에 저체온 마취의 약제로 많이 사용되고 있다<sup>2, 9, 12, 13)</sup>. 반면에 에테르는 마취도입시간이 길고 폭발성 및 기도 자극에 의한 분비물의 과다 발생등 단점이 있다. 이러한 이유로 Barratt-Boyes 등<sup>7)</sup>은 할로텐(Halothane) 흡입마취제를 이용하여 체표냉각을 하고 좋은 결과를 보고하였다<sup>6, 7)</sup>. 그러나 할로텐은 심근억제작용 뿐 아니라 초저체온하 완전순환차단을 30 분간 하여도 신경손상의 가능성이 있다고 한다. 또한 말초혈류의 저류에 따른 저혈압의 빈도가 높고 이에 따라 가온시간이 더욱 길어지는 단점이 있다<sup>10)</sup>. 물론 깊은 에테르 마취하에서의 단순초저체온법에 따른 문제점으로 술후 출혈성 경향, 재가온 쇼크 및 에테르의 폭발 위험성을 앞에서 기술한 바가 있다. 그러나 Wakusawa 등<sup>9)</sup>은 수술시 철저한 지혈, 적절한 체표냉각 및 가온 그리고 완전순환체외식 마취법으로 상기한 위험을 완전히 예방할 수 있다고 한다.

체온하강시 동반되는 호흡억제는 체온이 30~28 °C에서 보조 또는 조절호흡을 하고 근이완제를 사용하여 호흡관리를 함으로써 해결될 수 있겠다. 호흡관리로써 호흡성 알카리혈증을 유발시켜 심근의 심실세동에 대한 역치(threshold)를 증가시킬 수 있고, 또한 체표가온시 발생할 수 있는 대사성 산혈증을 예방할 수 있겠다<sup>3)</sup>. Belsey 등<sup>5)</sup>과 Stewart 등<sup>11)</sup>은 체표냉각시 동맥혈 이산화탄소 분압을 40 mmHg로 유지하여 심실세동을 예방할 수 있고 뇌혈류량의 감소를

예방할 수 있다고 하였다. 그러나 Mohri 등<sup>10)</sup>은 깊은 에테르 마취하에서는 호흡성 알카리혈증이 있어도 뇌혈관의 수축이 일어나지 않고 술후 뇌손상의 징후가 없는 것을 실험적으로 증명하였다. 오히려 이산화탄소를 흡입시켜 동맥혈 이산화탄소 분압을 정상으로 유지시킬 때 심실세동의 빈도가 더욱 높을 수 있다고 한다<sup>3)</sup>.

초저체온하 완전순환차단 시간의 안전역은 저자들에게<sup>4-8,9,18)</sup> 따라 차이가 있으나, 체온이 20℃ 이하일 때 약 45분이라고 할 수 있다. 1983년 Treasure 등의 동물실험에 따르면 체온이 18~19℃에서 뇌세포의 생화학적 변화를 관찰한 결과 약 30분의 뇌혈류 차단시 ATP (Adenosine triphosphate)의 현저한 감소가 일어나고, 약 45분간의 뇌혈류 차단시 낙산(lactate)이 위험한 수준까지 상승하였다. 즉 45분 이상 뇌혈류를 차단하면 뇌손상의 가능성이 있고, 60분 이상되면 뇌손상을 피할 수 있다고 한다<sup>19,20)</sup>. 만약 복합 심기형 수술시 완전순환차단 시간이 45분 이상 되는 경우 약 10분간의 체외순환을 하고 다시 완전순환차단을 하는 것이 안전할 것이다<sup>18)</sup>. 일반적으로 완전순환차단이 60분 이상을 필요로 하는 경우는 흔치 않으나 술전 장시간의 수술시간이 예측될 때에는 단순초저체온법보다는 일시적 체외순환을 사용한 초저체온법이 안전할 것이라 생각된다.

영아기 초저체온하 완전순환차단술후 정신측정학적인 면에서의 원격 성적은 장기간의 관찰이 요구되고 적절한 대조군이 없기 때문에 예측하기 어렵다. 1976년 Barratt-Boyes 등은 영아기 초저체온법을 이용한 개심수술을 받은 환자에서 술후 3~4년간 추적조사를 한 결과 뇌손상의 징후를 발견할 수 없었다고 한다. Wells 등<sup>18)</sup>은 초저체온하 완전순환차단술로 개심수술을 받은 환자 31명을 5년간 관찰한 결과 완전순환차단이 직접적으로 정신운동의 발달에 영향을 미치고 지능지수를 측정한 결과 대조군보다 지능지수가 낮았다고 한다. 그러나 완전순환차단 시간이 50분 이내일 때는 경미하다고 하였다. 반면 Dickinson 등<sup>21)</sup>은 체온이 20℃이하에서 60분 이내의 완전순환차단 시간과 수술시 환자의 체중은 술후 추적조사시 지능지수의 증감과는 관계가 없다고 하였다. 즉 초저체온하 완전순환차단술시 혈류 차단시간의 안전역이 정립되어 있지 않지만 45분을 초과하지 않는 것이 안전할 것이라고 생각된다. 복합심기형등 수술시간이 많이 소요될 것이

예측될 때에는 단순초저체온법보다는 체표냉각에 따른 완전순환차단법과 체외순환에 의한 심가온법이 안전할 것이다.

## 결 론

1981년 3례의 선천성 심장질환을 가진 체중 10 kg 이하의 영·유아를 체외순환을 하지 않고 단순초저체온법하에 개심수술을 시행하였다.

체표냉각에 따른 심실세동이나 부정맥은 없었고 완전순환차단하에서 쉽게 개심수술을 할 수 있었으며, 체표가온과 더불어 어려움없이 심소생을 유도할 수 있었다.

수술후 합병증은 없었고 술후 2~3년간 원격 관찰을 한 결과 뇌손상의 징후는 없었다.

## REFERENCE

1. Swan H, Virtue RW, Blount SG, Kircher LT: *Hypothermia in Surgery, Analysis of 100 Clinical Cases. Ann Surg* 142:382-399, 1955.
2. Horiuchi T, Koyamada K, Matano I, Mohri H, Komatsu T, Honda T, Abe T, Sagawa Y, Ishitoya T, Matsuzawa K, Matsumura M, Tsuda T, Ishizawa E, Ishikawa S, Suzuki H, Satio Y: *Radical Operation for Ventricular Septal Defect in Infancy. T Thorac Cardiovasc Surg* 46:180, 1963.
3. Mohri H, Hessel EA, Nelson RJ, Matano I, Anderson HN, Dillard DH, Merendino KA: *Use of Rheomacrodex and Hyperventilation in Prolonged Circulatory Arrest under Seep Hypothermia Induced by Surface Cooling. Am J Surg* 112:241-250, 1966.
4. Mohri H, Barnes RW, Winterscheid LC, Dillard DH, Merendino KA: *Challenge of Prolonged Suspended Animation: A Method of Surface-Induced Deep Hypothermia. Ann Surg* 168:779-787, 1968.
5. Belsey RH, Dowlatshai K, Keen G, Skinner DB: *Profound Hypothermia in Cardiac Surgery. J. Thorac Cardiovasc Surg* 56:497-509, 1968.
6. Mori A, Muraoka R, Yakota Y, Okamoto Y, Ando f, Fukumasu H, Oku H, Ikeda M, Shirotani H, Hikasa Y: *Deep hypothermia combined with cardiopulmonary bypass for cardiac surgery in neonates and infants. J Thorac Cardiovasc Surg* 64:422-429,

- 1972.
7. Barratt-Boyes BG, Neutze JM, Clarkson P, Shardey GC, Brandt PWT: *Repair of Ventricular Septal Defect in the First Two Years of Life Using Profound Hypothermia-circulatory Arrest Techniques.* *Ann Surg* 184:376-390, 1976.
  8. McNicholas KW, Bowman FO, Hayes CJ, Edis RN, Malm JR: *Surgical management of ventricular septal defect in infants.* *J. Thorac Cardiovasc Surg* 75:346-353, 1978.
  9. Wakusawa R, Shibata S, Okada K: *Simple Deep Hypothermia For Heart Surgery In Infancy.* *Canad Anaesth Soc J* 24:491-504, 1977.
  10. Mohri H, Dillard DH, Merendino KA: *Hypothermia; Halothane anesthesia and the safe period of total circulatory arrest.* *Surgery* 72:345-351, 1972.
  11. Stewart DJ, Sloan IA, Johnston AE: *Anesthetic Management of Infants Undergoing Profound Hypothermia for Surgical Correction of Congenital Heart Defects.* *Canad Anaesth Soc J* 21:15-22, 1974.
  12. 윤덕미, 오홍근, 장병철, 조범구: 초저체온마취하에서 시행한 Fallot 사정후 근치술. 대한마취과학회지, 13: 16-22, 1980.
  13. 조범구, 장병철, 장명, 강면식, 이철주, 윤덕미, 오홍근, 이승규: 초저체온법을 이용한 선천성 심장질환의 개심술. 대한의학협회지, 23: 591-603, 1980.
  14. Starr A, Bonchek LI, Sunderland CO: *Total Correction of Tetralogy of Fallot in Infancy.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 65:45-57, 1973.
  15. 성숙환, 염옥, 김용진, 서경필: 2세이하 유아기의 개심술. 대한흉부외과학회지 15: 373 - 380, 1982.
  16. Mohri H, Ishitoya T, Hessel EA, Schmer G, Dillard DH, Merendino KA: *Use of Athrombogenic Tubing for Perfusion Rewarming following Surface-Induced Deep Hypothermia.* *J. Thorac Cardiovasc Surg* 77:277-282, 1979.
  17. Wolfson SK, Yalav E, Eisenstat S: *An Isothermic Technique for Profound Hypothermia and its Effect on Metabolic Acidosis.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 45:466-475, 1963.
  18. Wells FC, Coghill S, Caplan HL, Lincoln C, Kirklin JW: *duration of circulatory arrest does influence the psychological development of children after arrest does influence the psychological development of children after cardiac operation in early life.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 86:823-831, 1983.
  19. Treasure T, Naftel DC, Conger KA, Garcia JH, Kirklin JW, Blackstone EH: *The effect of hypothermic circulatory arrest time on cerebral function, morphology, and biochemistry; An Experimental Study.* *J. Thorac Cardiovasc Surg* 86:761-770, 1983.
  20. Kramer RS, Sanders AP, Lesage AM, Woohda 11 B, Sealy WC: *The effect of profound hypothermia on preservation of cerebral ATP content during circulatory arrest.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 56:699-709, 1968.
  21. Dickinson DF, Sambrooks JE: *Intellectual performance in children after circulatory arrest with profound hypothermia in infancy.* *Arch Dis Child* 54:1-6, 1979.