

소아에서의 저체온 심폐바이패스후 재가온 종료온도와 후하강

김원곤*·이해원*·임 청*

=Abstract=

End Point Temperature of Rewarming and Afterdrop After Hypothermic Cardiopulmonary Bypass in Pediatric Patients

Won Gon Kim, M.D.*, Hae Won Lee, M.D.*, Cheong Lim, M.D.*

Separating the patient from hypothermic cardiopulmonary bypass(CPB) before achieving adequate rewarming often results in afterdrop, which can predispose to electrolyte disturbances, arrhythmia, hemodynamic alterations, and shivering-induced increase of oxygen consumption. In an attempt to find an adequate end point temperature of rewarming after hypothermic CPB, 50 pediatric cardiac surgical patients were randomly assigned for end point temperature of rewarming of 35.5°C(Group 1) or 37°C(Group 2), rectal temperature. Thereafter the rectal temperature was measured half, one, four, eight, and 16 hour after arrival to the intensive care unit(ICU), with heart rate and blood pressure. Additionally the rectal temperature was compared with esophageal temperature during CPB, and axillary temperature during stay in the ICU. Nonpulsatile perfusion with a roller pump was used in all patients and a membrane or bubble oxygenator was used for oxygenation. Both groups were comparable with respect to age, sex, body surface area, total bypass time, and rewarming time. There was no afterdrop in both groups, and there were no statistical differences in the rectal temperatures between two groups. There were also no statistical differences with respect to the heart rate and blood pressure between two groups. At the end of rewarming the esophageal temperature was higher than the rectal temperature. The axillary temperature measured in ICU was always lower than the rectal temperature. No shivering was noted in all patients. In conclusion, with restoration of rectal temperature above 35.5°C at the end of CPB in pediatric patients, we did not observe an afterdrop.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1996; 30: 125-30)

Key words: 1. Cardiopulmonary bypass
2. Temperature

* 서울대학교병원 흉부외과, 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

† 이 논문은 1994년도 서울대학교병원 지정연구비 지원에 의해 이루어진 것임

논문접수일 : 96년 8월 29일 심사통과일 : 96년 9월 25일

책임저자 : 김원곤, (110-744) 서울시 종로구 연건동 28 Tel. (02) 760-2346, Fax. (02) 764-3664

서 론

심폐바이패스 기법을 이용한 현대적 개념의 심장수술에서는 정도의 차이는 있으나 저체온법(hypothermia)을 보편적으로 사용하고 있다. 저체온 심폐바이패스후 환자를 심폐바이패스로부터 이탈시키기 전에는 환자의 체온을 다시 재가온(rewarming) 시키는 과정이 필요한데, 이때 재가온의 종료 기준 온도 및 적절한 온도 측정 장소에 관해서는 현재도 병원 마다 차이가 많고 같은 병원에서도 해당 외과의사 또는 관류사들의 선호도에 따라 차이를 보이는 경우가 있다. 만일 재가온이 충분히 되지 않은 상태에서 심폐바이패스를 종료시키게 되면 수술 수시간후에 체온이 다시 하강하는 현상 즉 후하강(afterdrop)을 보이게 된다¹⁾. 후하강이 생기면 일부 환자에서는 전율(shivering)에 의한 심근의 산소소비량 증가로 인해 수술 직후 취약한 심근 기능에 중요한 악영향을 미칠 수 있게 된다. 반면 충분한 재가온을 위해 필요 이상으로 재가온 시간을 연장하는 것은 전체 심폐바이패스 시간을 연장시킴으로서 그에 따른 또 다른 부작용을 수반하는 단점이 있다. 따라서 적절한 체온 측정 장소를 통해 적정 재가온 종료온도 수준을 결정하는 것은 효율적이고 안전한 심폐바이패스 운용에 매우 중요한 요인이 된다. 그러나 재가온 및 후하강에 관한 이러한 실용적인 중요성에도 불구하고 현재까지 체계적인 연구 보고가 많지 않은 실정이며 특히 소아의 경우에는 관련 문헌이 매우 드문 실정이다.

본 연구는 이러한 관점에서 서울대학병원 어린이 병원에서 시행한 소아 심장수술환자들을 대상으로 직장 온도를 기준으로 재가온 종료온도 차이에 따른 후하강의 정도 및 관련 활력 증후(vital sign)의 변화를 비교 분석함으로써 소아에서 저체온 심폐바이패스후 적정 재가온 종료온도 기준의 일단을 규명하고자 하는데 연구 목적이 있다.

대상 및 방법

1. 대상 환자

1995년 9월에서 12월까지 4개월 동안 서울대학병원 어린이 병원에서 심폐바이패스를 이용하여 심장수술을 받은 환자중 50명의 환자를 대상으로 시행하였다. 50명의 환자중 남아는 27명이었고 여아는 23명이었다. 평균 연령은 30±33.1 개월(10일~13세)이고 평균 체표면적은 0.51±0.24 M²(0.18~1.24 M²)이었다. 병명은 심실중격결손(20명), 심방중격결손(7명)을 포함하여 비청색성 좌우 단락 병변

이 30명으로 가장 많았고 비청색성 폐쇄성 병변은 대동맥 축착증 1례였다. 청색성 병변은 팔로사정증 9명을 포함하여 19명이었다.

2. 방법

심폐바이패스용 펌프로는 전례에서 롤러펌프(St cker-t-Shiley, USA)를 사용하였고, 산화기로는 막 형(VPCML PLUS, Cobe, USA 또는 MASTERFLO, Dideco, Italy - 44례) 또는 기포형 산화기(Bentley-5, Baxter, USA - 6례)를 사용하였다. 관류냉각에 의한 저체온 심폐바이패스하에 심장수술을 시행한후 미세 기포의 형성을 방지하기 위하여 환자와 관류액(perfusate) 사이의 온도 차가 10℃를 넘지 않도록 하면서 재가온을 시행하였다. 이때 혈장 단백질 손상을 방지하기 위하여 열교환기 내의 물 온도를 42℃ 이하로 유지하였다. 그리고 전체 환자들을 임의 추출에 의하여 직장 온도(rectal temperature)를 기준으로 섭씨 35.5도에서 재가온을 종료한 군(제 1 군)과 섭씨 37도에서 재가온을 종료한 군(제 2 군) 두 실험군으로 나누었다. 관찰 환자수는 제 1 군이 24명 제 2 군은 26명이었다. 각 군에서 재가온 종료후 중환자실에 도착하면서 부터 1/2, 1, 2, 4, 8, 16 시간후에 직장 온도를 측정하여 후하강의 여부를 관찰하였다. 동일한 관찰 시간대에 환자들의 활력 증후 즉 심박수와 수축기 및 확장기 혈압을 측정하였다. 그밖에 또 다른 체온 측정 장소로서 수술시에는 직장 온도와 함께 식도 온도(esophageal temperature)를 그리고 중환자실에서는 직장 온도와 함께 액와 온도(axillary temperature)를 측정하였다. 또한 관찰 시간내에 환자에서 전율의 발생 여부를 기록하도록 하였다.

3. 통 계

두 실험군간 인적 자료(demographic data) 및 심폐바이패스 자료들의 비교는 Chi-square test 및 T-test를 이용하여 분석 검정 하였다. 그리고 두군간에 시간대별로 직장 온도, 심박수, 수축기 및 확장기 혈압들에서 유의한 차이가 있는지의 검정은 반복된 분산분석법(repeated measure of ANOVA)에 의해 시행하였다.

결 과

1. 실험군별 인적 자료 및 심폐바이패스 자료 비교

제 1 군과 제 2 군 환자들 사이에서 연령, 성별, 체표면적, 비청색성/청색성 질환, 막형 또는 기포형 산화기의 사용 빈도, 심폐바이패스 시간, 대동맥차단 시간 간에 유의

Table 1. Comparison of Demographic and Cardiopulmonary Bypass Data Between Group 1 and Group 2.

	Group 1	Group 2	p-value
Age	28 ± 29 months	32 ± 38 months	0.693*
Sex distribut.on(male/female)	16 : 10	11 : 13	0.266*
Body surface area	0.51 ± 0.23m ²	0.51 ± 0.26m ²	0.905*
Acyanotic/Cyanotic	15 : 11	16 : 8	0.514*
Membrane/Bubble OXY	23 : 3	21 : 3	0.917*
CPB time	90.7 ± 52.2 min	95.8 ± 60.6 min	0.754*
ACC time	41.6 ± 28.8 min	47.4 ± 33.7 min	0.521*
Rewarming time	34.8 ± 18.5 min	41.6 ± 21.4 min	0.241*
Transfer time to ICU	75.2 ± 21.1 min	80.6 ± 18.1 min	0.329*

CPB : Cardiopulmonary bypass

ACC : Aortic cross clamping

ICU : Intensive care unit

OXY : oxygenator

* : T-test

** : Chi-square test

한 차이는 발견되지 않았다(Table 1). 재가온에 필요한 시간은 전체적으로는 38 ± 20분(12~103분)이었고 제 1군과 제 2군 사이의 재가온 시간에는 유의한 차이가 없었다. 수술 종료후 중환자실로 이동하기까지의 시간은 전체 평균은 78 ± 20분(46~135분)이었는데 이 역시 제 1군과 제 2군 사이에는 유의한 차이는 없었다. 수술중 최저 직장 온도는 전체적으로는 섭씨 27.4 ± 5.1도였고 제 1군에서는 27.5 ± 5.2도, 그리고 제 2군에서는 27.2 ± 5.1도였다.

2. 체온 변화

제 1군 및 제 2군 모두에서 후하강이 관찰되지 않았다. 그리고 제 1군에서는 오히려 재가온 종료 후 체온이 점진적으로 증가하여 결과적으로는 중환자실에서의 두 군간 체온에서 차이가 발견되지 않았다(Fig. 1). 그리고 두군 모두에서 심폐바이패스중 식도 온도는 직장 온도보다 항상 높게 측정되었다. 즉 재가온을 시작할때 전체 환자들의 평균 직장 온도가 섭씨 28.2 ± 4.4도(11.7~35.0도), 평균 식도 온도가 27.1 ± 4.4도(8.2~34.0도)였으며 재가온 종료시에는 평균 직장 온도가 36.2 ± 1.2도(33.0~37.6도), 평균 식도 온도는 37.4 ± 0.6도(34.4~38.2도)였다(Fig. 2). 중환자실에서 직장 온도와 함께 측정된 맥와 온도는 일정한 차이로 항상 직장 온도 보다 낮게 측정되었다. 중환자실에서 측정한 두군간 심박수와 수축기 및 확장기 혈압에서도 유의한 차이는 발견되지 않았다(Fig. 3, 4, 5). 그리고 관찰 기간중 전체 환자들에서 전율이 관찰된 예는 없었다.

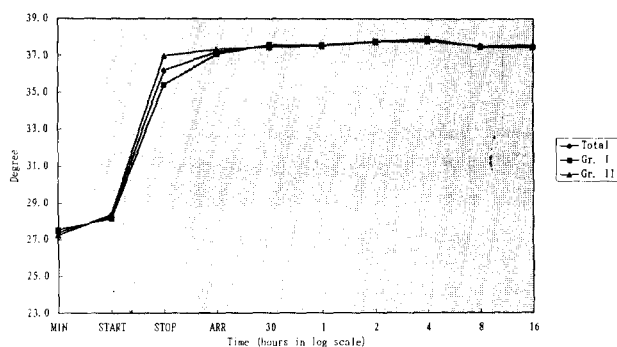


Fig. 1. Changes in Rectal Temperature

Min : Minimal temperature during cardiopulmonary bypass

Start : Starting point of rewarming

Stop : Stop point of rewarming

Arr : Arrival in the intensive care unit

고 찰

오늘날 심장수술을 위한 심폐바이패스시에는 저체온법이 거의 규칙적으로 병용되고 있다. 저체온법의 가장 큰 목적은 신체의 대사율 및 산소 소모량을 감소시키는데에 있다²⁾. 저체온법은 이를 통해 수술시 저속관류(low bypass flow)가 필요한 경우에 대사성 산중의 유발 없이 이를 가능하게 해 주고, 만일 기계장치의 잘못된이나 수술 자체의 필요로 일시적인 순환정지가 불가피한 경우에도 여기에 소요되는 시간을 안전하게 확보해줄 수 있다. 또 저체온법은 심마비액으로 정지된 심장이 비관상동맥 부행혈로(noncoronary collaterals)에 의해 재가온 되는 속도를 감소 시킴으로서 심근을 효율적으로 보호해 주는 역할도 한다. 그러나 저체온법은 이러한 여러가지 유용성과 함께 저체온 상태의 유발에 따른 몇가지 문제점들을 일으킬 수 있는

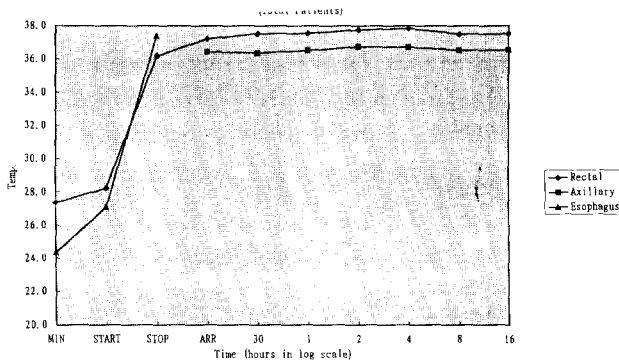


Fig. 2. Changes in Rectal, esophageal & Axillary Temperature(Total Patients)

Min : Minimal temperature during cardiopulmonary bypass
Start : Starting point of rewarming
Stop : Stop point of rewarming
Arr : Arrival in the intensive care unit

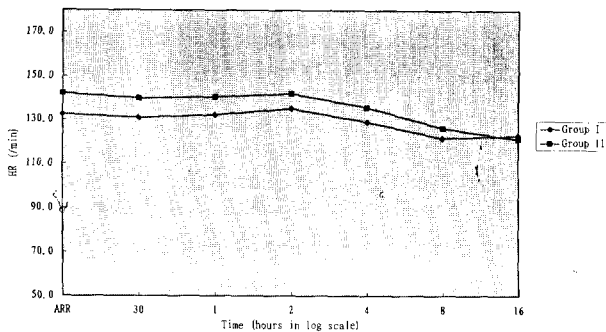


Fig. 3. Changes in Heart Rate According to Rewarming End Point

HR : Heart rate Arr : Arrival in the intensive care unit

데 체온 냉각후 재가온에 따른 문제점도 그중의 하나다. 즉 언제 재가온을 시작하는 것이 좋으며 재가온 종료 기준 온도 및 그 측정 장소는 어느 곳이 좋은가 하는 점들이다. 특히 후자의 경우에는 각 병원 마다 많은 차이가 있고 같은 병원에서도 해당 외과 의사 또는 관류사들의 선호도에 따라 차이를 보이는 경우가 많다. 즉 보고자에 따라 35도 이상의 비인두 온도²⁾, 37도 이상의 직장 온도³⁾, 36.2도 이상의 방광 온도⁴⁾, 30도 이상의 피부 온도⁵⁾ 등 다양한 기준들을 제시하고 있다. 그밖에 최근에는 근육 온도를 기준으로 하는 연구 결과도 보고되고 있다⁶⁾.

저체온 심폐바이패스후 환자가 충분히 재가온 되기 전에 심폐바이패스를 종료하는 경우에는 수술후 중환자실에서 종종 체온 하강을 보이는 이른바 후하강 현상을 보이게 된다. 후하강은 수술후 환자에서 전해질 장애, 부정맥, 혈액학적 불안정을 일으킬 수 있을 뿐 아니라 전율에 의해 산

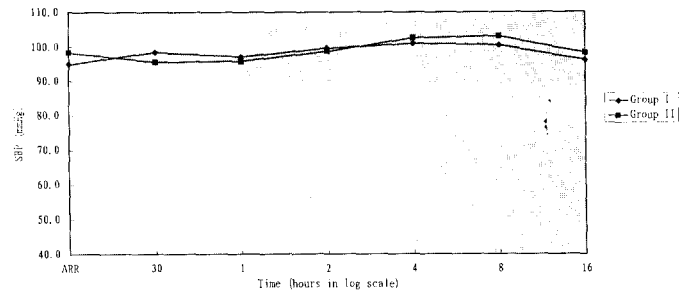


Fig. 4. Changes in Systolic blood Pressure According to Rewarming End Point

SBP : Systolic blood pressure

Arr : Arrival in the intensive care unit

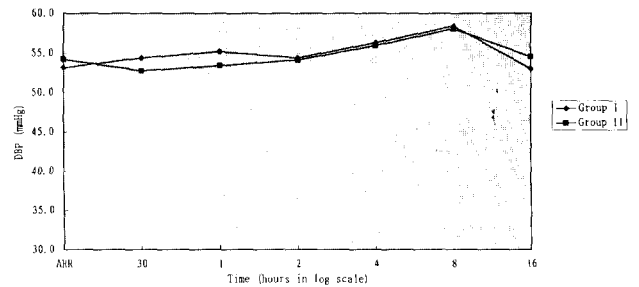


Fig. 5. Changes in Diastolic Blood Pressure According to Rewarming End Point

DBP : Diastolic blood pressure

Arr : Arrival in the intensive care unit

소소모량을 크게 증가시킴으로서 수술 직후 불안정한 심근에 악영향을 미칠 수 있다⁷⁻¹⁰⁾. 혈역학적 문제에는 체혈관저항의 증가와 심박출계수의 감소도 포함된다¹¹⁾. 대부분의 경우에는 이러한 후하강에 의한 장애들은 적절한 치료로 해결되는 경우가 보통이지만 그만큼 수술후 관리에 어려움을 더해줄 수 있고 드물게 일부 환자에서는 이로 인해 전반적인 수술후 경과에 큰 영향을 미칠 수도 있다. 따라서 심폐바이패스 종료전 적정 체온으로 환자를 충분히 재가온 시키는 것은 매우 중요한 문제다. 그러나 이러한 실용적인 중요성에도 불구하고 특히 소아의 경우에는 재가온 종료 온도 및 후하강에 대한 문헌 보고가 드물게 이루어지고 있다¹²⁾. 이런 관점에서 본 연구에서는 현재 서울 대학병원 소아병원에서 재가온 종료온도 측정 장소로 사용하고 있는 직장 온도를 기준으로 35.5도와 37도의 두 실험군으로 나누어 그에 따른 후하강의 여부 및 활력 증후의 변화를 관찰하였다. 이때 원활한 재가온을 위해 일부 연구자들이 제시하고 있는 혈관확장제의 사용¹³⁾, 박동성 관류⁶⁾ 등의 방법은 사용하지 않았다. 관찰 결과 두군 모두에서 후하강은 발견되지 않아 소아에서는 적어도 35.5도 이상의

직장 온도가 유지되면 수술후 후하강이 발생하기 어렵다는 사실을 알 수있었다. 이러한 연구 결과는 성인에서 직장 온도를 기준으로 37도 이상의 재가온 종료온도를 후하강이 일어나지 않는 적정 수준으로 생각하는 일반적인 보고³⁾와는 다소간 차이를 보이는 소견이지만, 소아에서는 성인에서 보다 후하강이 덜 일어 난다는 Huang등의 보고¹¹⁾와는 일치되는 소견으로 생각된다. 후하강의 유무와 함께 측정된 심박수와 수축기 및 확장기 혈압에서도 역시 두 군간에 유의한 차이가 발견되지 않았는데 이들 활력 증후들은 여러 요인들에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에 그 자체로 큰 의미를 갖는다고 보기는 어렵다. 전술 역시 두군 모두에서 한테도 관찰되지 않았다. 이는 복잡심기형 교정 수술후 일반적으로 사용하는 마약성 진통제와 근육이완제 등으로 전율이 일어나기 힘들다는 점과 외부가온으로 쉽게 심부체온을 올릴수 있다는 소아의 특수성으로 설명될 수 있겠다.

심폐바이패스 재가온 중 직장 온도와 함께 측정한 식도 온도는 직장 온도 보다 가온 속도가 빨랐다. 이는 일반적인 연구 보고와 일치하는 소견으로¹⁴⁾, 식도 온도는 비인두 온도, 고막 온도 등과 함께 우리 몸의 혈관 풍부 장기군의 온도를 대표하는 장소로 근육군을 대표하는 직장 온도보다 항상 빨리 냉각되고 가온되는 양상을 보인다^{3, 14)}. 그리고 중환자실에서는 직장 온도와 함께 액와 온도를 같이 측정하였는데 액와 온도는 전체적으로 직장 온도보다 1도 정도 낮게 측정되었다. 이 또한 일반적인 액와 온도와 직장 온도간의 차이와 일치되는 소견이었다¹⁵⁾.

결 론

결론적으로 본 연구 결과는 저체온 심폐바이패스를 이용한 소아 심장수술에서는 재가온 종료시 직장 온도를 기준으로 섭씨 35.5도 이상의 온도가 유지되면 다른 처치가 없어도 후하강이 일어나기 어렵다는 것을 의미하고 있다.

참 고 문 헌

1. Caldwell C, Crawford R, Sinclair I. *Hypothermia after*

- cardiopulmonary bypass in man*. Anesthesiology 1981;55:86-87.
2. Kirklin JW, Barratt-Boyes BG. *Cardiac surgery*. 2nd ed. New York:Churchill Livingstone, 1993.
3. Gravlee GP. *Delayed rewarming during cardiopulmonary bypass*. In: Reves JG, Hall KD. *Common problems in cardiac anesthesia*. Chicago: Year Book Medical Publishers, Inc. 1987;66-74.
4. Muravchick S, Conrad DP, Vargas A. *Peripheral temperature monitoring during cardiopulmonary bypass operation*. Ann Thorac Surg 1980;29:36-41.
5. Ramsay JG, Rally FE, Whally DG, Dellicolli P, Wynands JE. *Site of temperature monitoring and prediction of afterdrop after open heart surgery*. Can Anaesth Soc J 1985;32:607-612.
6. Sheppard S, pierce JM. *Pulsatile flow during cardiopulmonary bypass speeds thermal energy transfer; a possible explanation for the reduced drop*. Perfusion 1995;10:111-114.
7. Moyer JH, Morris G, Debakey ME. *Hypothermia: I. Effect on renal hemodynamics and on excretion of water and electrolytes in dog and man*. Ann Thorac Surg 1957;145:26-31.
8. Black PR, Devanter SV, Cohn LH. *Effects of hypothermia on systemic and organ system metabolism and function*. J Surg Res 1976;20:49-63.
9. Brock L, Skinner JM, Manders JT. *Observations on peripheral and central temperatures with particular reference to the occurrence of vasoconstriction*. Br J Surg 1975;62:589-595.
10. Vandam LD, Burnap TK. *Hypothermia*. N Eng J Med 1959;261:546-553.
11. Czer L, Hamer A, Murphy F, et al. *Transient hemodynamic dysfunction after myocardial revascularization*. J Thorac Cardiovasc Surg 1983;86:226-234.
12. Huang FY, Wang MJ, Huang HH. *Differences in temperature changes between pediatric and adult patients after cardiopulmonary bypass*. J Cardiothorac Vasc Anesth 1993;7:66-68.
13. Noback CR, Tinker JH. *Hypothermia after cardiopulmonary bypass in man: amelioration by nitroprusside-induced vasodilation during rewarming*. Anesthesiology 1980;53:277-280.
14. Davis FM, Parimelazhagan KN, Harris EA. *Thermal balance during cardiopulmonary bypass with moderate hypothermia in man*. Br J Anaesth 1977;49:1127-1132.
15. Michael JR, James DF, Elaine A, et al. *Infrared tympanic thermometry in the pediatric intensive care unit*. Critical Care Medicine 1993; 21(8):1181-5

=국문초록=

저체온 심폐바이패스후에 환자를 적절히 재가온 시키지 못하면 수술직후 중환자실에서 종종 후하강(afterdrop) 현상이 발생할 수있다. 후하강이 생기면 전해질 장애, 부정맥, 혈액학적 불안정을 일으킬 수 있을뿐 아니라 전율에 의해 산소소모량을 크게 증가시킴으로서 수술 직후 불안정한 심근에 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구는 소아 심장수술환자에서 적정 재가온 종료 온도를 찾기 위한 노력의 일환으로 50명의 환자들을 직장 온도를 기준으로 섭씨 35.5도에서 재가온을 종료한 군과 37도에서 재가온을 종료한 군으로 나눈뒤 두 군 사이에 후하강의 발생 여부를 비교 분석하였다. 그리고 후하강의 여부와 함께 심박수, 수축기 및 확장기 혈압 등 활력 증후도 함께 측정하였다. 그밖에 체온 측정 장소에 따른 온도의 차이를 관찰하기 위해 심폐바이패스중에는 직장 온도와 함께 식도 온도를 그리고 중환자실에서는 직장 온도와 함께 액와 온도를 각각 측정하였다. 환자들은 전례에서 롤러펌프에 의한 비박동성 관류를 시행 받았으며 산화기로는 막형 또는 기포형 산화기가 사용되었다. 두군의 환자들은 연령, 성별, 체표면적, 심폐바이패스 시간, 재가온 시간 등에서 유의한 차이가 없었다. 관찰 결과 두군의 환자들에서 모두 회복실에 도착한후 16시간후 까지 측정한 직장 온도에서 후하강은 없었으며 두군간 시간대별 직장 체온의 차이도 관찰되지 않았다. 두군간 심박수와 수축기 및 확장기 혈압에서도 유의한 차이는 발견되지 않았다. 그리고 재가온 종료시 식도 온도는 직장 온도에 비해 높게 측정되었으며 중환자실에서 측정된 액와 온도는 직장 온도 보다 항상 낮게 측정되었다. 전율은 전례에서 관찰되지 않았다. 결론적으로 본 실험 결과는 소아에서는 직장 온도를 기준으로 적어도 섭씨 35.5도 이상에서 재가온을 종료하면 후하강이 일어나기 어렵다는 것을 의미하고 있다.