

체외순환에 따른 혈소판 수의 변화에 관한 임상적 연구

김 영 진* · 고 영 호* · 김 용 한* · 고 태 환*
손 동 섭* · 조 대 윤* · 양 기 민*

—Abstract—

A Clinical Study on Change of Platelet Count Associated with Extracorporeal Circulation

Y. J. Kim, M.D., Y.H. Kim, M.D., T. W. Koh, M.D.,
D. S. Sohn, M.D., D. Y. Cho, M.D., K. M. Yang, M.D.*

The effects of extracorporeal circulation on platelet count were studied in 120 patients. We measured platelet count before, during, after extracorporeal circulation, and postoperative 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11th days to evaluate the effects of total extracorporeal circulation time and types of oxygenator on changes of platelet count.

The patients were classified into group I (extracorporeal circulation time < 100 minutes, 45 patients), II (100 ≤ extracorporeal circulation time < 200 minutes, 48 patients), III (extracorporeal circulation time ≥ 200 minutes, 27 patients), and also all patients were classified into group B (bubble oxygenator, 84 patients) and group M (membrane oxygenator, 36 patients). The group I, II, III were subclassified into IB, IM, IIB, IIM, IIIB and IIIM according to the types of oxygenator.

The results were as follows :

1. The platelet counts were reduced throughout extracorporeal circulation and in the early postoperative periods upto postoperative third day.
2. The platelet counts after postoperative 9th to 11th day increased significantly compared with those of preoperative levels.
3. After extracorporeal circulation, the platelet recovered gradually in all groups, especially faster in group I compared with those of group II and III.
4. The effect of the type of oxygenator on the recovery of platelet count was not significant.

In conclusion, extracorporeal circulation time influenced the change of platelet count. Therefore, in order to prevent of decrease of platelet count associated with extracorporeal circulation time, the extracorporeal circulation time should be shortened.

*중앙대학교 의과대학 흉부외과학교실

*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Chung Ang University

* 본 논문은 1991년도 중앙대학교 의료원 임상교수 연구비로 이루어 졌음

서 론

인공 심폐기를 이용하여 1953년 개심술을 처음으로 성공한 이후 지속적인 발전을 거듭하여 현재 개심술 및 체외순환의 방법, 기술, 재료, 기계 등이 인체의 생리학적, 혈액학적 기능에 근접하게 되었다. 그러나 체외순환시 저체온 상태하에서 혈액은 마취가스, 대기, 합성수지의 고체 표면에 노출되므로 혈액성분에 손상을 입어 혈액의 외상, 혈구의 변화, 혈액 응고기전의 변화 및 혈액학적 변화를^{1,2)} 초래하여 수술후 출혈을 야기시키며 또한 다양한 생화학적 반응을 일으키게 된다. 이러한 문제점들은 아직까지도 해결해야 할 중요한 과제로 남아있다.

이에 본 논문은 혈액의 여러 구성성분 중에서 출혈에 가장 큰 영향을 미치는 혈소판의 양적 변화를 체외순환 전, 도중, 그리고 체외순환후 11일 까지 추적하고 인공심폐기의 작동 시간 및 산화기의 종류와 혈소판의 양적 변화에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 조사하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

중앙대학교 흉부외과에서는 1987년 5월부터 1990년 4월까지 선천성 및 후천성 심장질환으로 개심술을 시행받은 환자 140명중 관찰이 가능했던 120명을 연구대상으로 하였다. 재수술을 받았거나 혈액이나 다른 장기의 이상이 있는 환자들은 본 연구 대상에서 제외하였다.

본 연구의 목적상 대상군을 체외순환 시간과 산화기의 종류 등에 따라 나누었다(표 1,2,3).

Table 1. Group by extracorporeal circulation time

Group	Extracorporeal Circulation Time	Number
I	T<100	45
II	100≤T<200	48
III	200≤T	27

T : Extracorporeal circulation time(minute)

Table 2. Group by the type of oxygenator

Group	Type of Oxygenator	Number
B	bubble oxygenator	84
M	membrane oxygenator	36

체외순환 시간에 따라 100분 미만인 경우를 I군, 100분 이상 200분 미만인 경우를 II군, 200분 이상인 경우를 III군으로 분류하였고, 또한 전체군을 다시 사용한 산화기의 종류에 따라 기포형 산화기를 사용한 군을 B군, 막형 산화기를 사용한 군을 M군으로 분류하였으며 다시 I, II, III군을 사용한 산화기에 따라 I B, I M, II B, II M, III B, III M군으로 분류하였다.

2. 체외순환 방법

각 환자에 대한 마취전 투약으로 성인 및 소아에서 Tridol 2-4mg/kg, Nubain 0.2mg/kg, Atropine 0.01mg/kg를 수술 1시간 전에 근육주사 하였다.

마취 유도는 100% 산소를 마스크로 흡입시키면서 Atropine 0.01mg/kg, Thiopental 3-5mg/kg, Succinylcholine 1mg/kg를 서서히 정맥주사하여 의식을 소실시킨후 기관 내 삽관을 실시하였다. 마취 유지는 Halothane 1.0-1.5%와 N₂O : O₂=1 : 1로 하였으며 근 이완제는 Pancuronium 또는 Vecuronium 으로 하였다. 체외순환중 마취유지는 Morphine, Fentanyl, Diazepam을 주로 사용하였다.

체외순환 회로는 인공심폐기(Cobe, Lakewood,

Table 3. Group by extracorporeal circulation time and type of oxygenator

Group	Extracorporeal Circulation Time	Oxygenator	Number
I B	T<100	bubble	40
I M	T<100	membrane	5
II B	100≤T<200	bubble	36
II M	100≤T<200	membrane	12
III B	T≥200	bubble	8
III M	T≥200	membrane	19

USA)에 열교환장치(Hemotherm, Cincinnati, USA), 기포 제거기(Bubble trap), 혈액 저장기(Blood reservoir), 산화기(Oxygenatory) 등을 Tygon tube로 연결하여 조립하였다.

산화기는 소아에서는 체중에 따라 기포형 산화기인 Bentley 5(Lakewood, USA)와 Bentley Bio(Lakewood, USA)를 선택하여 사용하였고, 성인에서는 Shiley S-100A(Lakewood, USA)를 사용하였으며 막형산화기로는 소아에서 Cobe VPCML(Lakewood, USA)을 주로 사용하였고 성인에서는 Cobe CML EXCEL(Lakewood, USA)을 사용하였다. 심폐기내 충전액은 주로 Ringer's lactate 용액과 전혈을 이용한 혈액희석 충전법을 사용하였으며 경우에 따라 알부민 등을 추가하였다.

산화기의 산소는 체외순환 초기에는 체외순환 관류량의 1.5배(3-5L/min)로 투여하였고, 그후 주로 1.8-3.6L/min 범위에서 최소 0.3L/min 에서 최고 5.0L/min의 투여속도로 산화 상태를 유지하였다.

체외순환 관류량은 체외순환 초기에는 1.8-2.0L/min/m²로 시작하였고 그후 1.4-2.4L/min/m²로 유지하였으며 관류압은 30mmHg에서 100mmHg로 평균 50-60mmHg로 유지하였다. 체외순환시 올수있는 혈액응고를 방지하기 위하여 흉골절개후 3mg/kg의 Heparin을 정맥주사 하였고 체외순환이 끝난후 Heparin의 중화는 Protamine sulfate를 1:1로 비율로 평균 동맥압을 60-80mmHg로 유지하면서 정맥내로 서서히 투여하였다. 체외순환 시작후 심폐기내의 열교환기를 이용하여 환자의 체온을 서서히 하강시키고 심실세동이 나타나면 대동맥을 혈관 감자로 잡은후 4℃ 심정지 용액(St. Thomas 용액, 중외제약, 표 4) 10ml/kg 용량으로 대동맥기시부에 주입하였으며, 30분마다 초기 투여량의 1/2을 추가하였고 동시에 0℃의 생리식염수와 얼음 절편을 심낭내에 넣어 심근을 냉각상태로 지속시켰으며 투여된 심정지액은 우

심방을 절개한후 일반흡입기로 제거하였다. 심장수술이 끝날무렵 체온을 가온하여 활력징후(vital signs)가 안정된 후 부분 체외순환을 정지하였다.

3. 혈소판 수의 측정

혈소판 수는 EDTA가 함유된 CBC bottle에 전혈 3cc를 채혈하여 Coulter Counter(Coulter S Plus, USA)를 이용하여 측정 하였으며 체외순환전, 체외순환 시작후 30분, 체외순환이 끝난후, 수술 당일, 수술 후 1,3,5,7,9,11일까지 측정 하였다.

4. 통계 처리

개심술을 시행받은 환자 120명을 대상으로 체외순환전을 기준으로 하여 체외순환 도중과 체외순환후의 혈소판 수치를 백분율로 표시하였다.

통계처리는 dBASE plus(Ashton-Tate, USA)로 data 입력후 ABSTAT program(Anderson-Bell Co. USA)를 이용하여 t-test로 통계처리를 하여 P<0.05인 경우를 유의하다고 하였다. 체외순환 도중과 후의 변화의 유의성은 체외순환전의 혈소판의 수치를 기준으로 비교하였으며 각 군간의 비교는 동일 시점의 각 군의 수치를 비교하였다.

결 과

전체 환자 및 각 군들의 혈소판 수의 변화는 표 5,6, 7,8과 그림 1,2,3과 같다.

혈소판 수는 체외순환 시작후 30분에는 수술전 수치

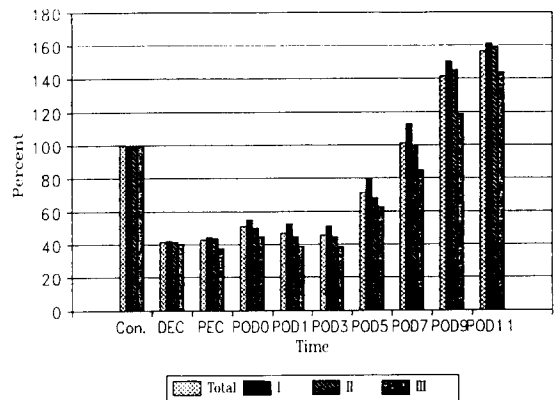


Fig. 1. Changes of platelet count of group I, II, III & total patient

Table 4. Composition of cardioplegic solution

Composition	Amount(gram /L)
Nacl	6.430gram
Kcl	1.193gram
Cacl ₂	0.176gram
Mgcl ₂	3.253gram
Distilled water	adequate amount

Table 5. Changes of platelet count of total patient

Time	Result
Con,	100
DEC	41.5±2.5
PEC	42.9±1.7
POD 0	50.7±1.5
POD 1	46.5±1.4
POD 3	45.5±1.7
POD 5	71.3±2.9
POD 7	101.0±3.8
POD 9	141.2±5.2
POD 11	156.4±4.3

Values ; mean±standard error of mean

Con. ; platelet count of pre-extracorporeal circulation(control)

DEC ; during extracorporeal circulation

PEC ; post-extracorporeal circulation

POD ; postoperative day

Table 6. Changes of platelet count of group I, II, III

Time	I	II	III
Con.	100	100	100
DEC	42.0±3.6	41.4±4.2	40.3±6.0
PEC	44.4±3.0	43.4±2.5	37.7±2.9
POD 0	55.1±2.5	50.0±2.3	44.6±2.8
POD 1	52.8±2.3	44.9±2.1	38.8±2.5
POD 3	51.0±2.3	44.5±3.3	38.3±2.5
POD 5	80.0±4.5	68.1±4.9	62.7±5.6
POD 7	112.7±6.4	99.3±6.3	84.7±6.0
POD 9	150.4±9.6	145.1±7.8	118.7±8.2
POD 11	161.3±7.6	159.1±6.4	143.5±8.5

Values ; mean±standard error of mean

Con. ; platelet count of pre-extracorporeal circulation(control)

DEC ; during extracorporeal circulation

PEC ; post-extracorporeal circulation

POD ; postoperative day

의 41.5±2.5%까지 감소하였으며(P<0.001), 이런 감소는 수술후 3일까지 계속되다가 수술후 5일부터 회복하기 시작하여 수술후 7일에는 수술전 수준으로 회복하였으며, 수술후 9일과 11일에는 오히려 수술전보다 유의한 수준의 증가된 수치를 나타내었다(P<0.001).

각 군의 혈소판 수의 변화는 그림 1,2,3과 같다.

혈소판 수의 변화를 I, II, III군으로 나누어 보면(그림 1), I군은 II군에 비해 수술후 1일에서 수술후 3

Table 7. Changes of platelet count of group B and M

Time	B	M
Con,	100	100
DEC	44.3±3.1	32.1±2.2
PEC	42.2±2.0	45.3±2.7
POD 0	50.3±1.8	51.5±2.6
POD 1	47.7±1.8	43.6±2.0
POD 3	46.1±2.1	44.1±2.8
POD 5	73.0±3.6	67.4±5.0
POD 7	103.5±4.7	95.2±6.5
POD 9	145.2±6.6	131.7±7.6
POD 11	157.2±5.3	154.5±7.3

Values ; mean±standard error of mean

Con ; platelet count of pre-extracorporeal circulation(control)

DEC ; during extracorporeal circulation

PEC ; post-extracorporeal circulation

POD ; postoperative day

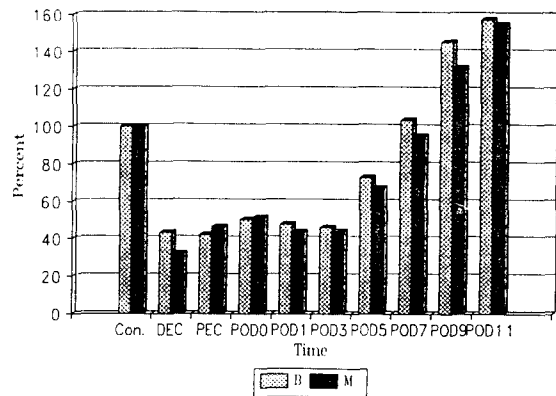


Fig. 2. Changes of platelet count of group B & M Percent Time

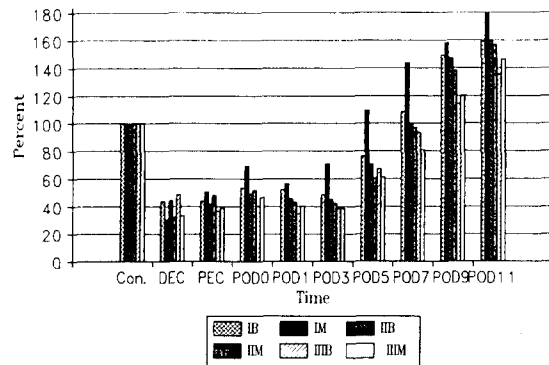


Fig. 3. Changes of platelet count of group I, B, M, II, B, M, III, B & III M

Table 8. Changes of platelet count of group I B, I M, II B, II M, III B & III M

Time	I B	I M	II B	I M	III B	III M
Con.	100	100	100	00	100	100
DEC	43.5± 3.9	30.3± 4.1	44.3±5.4	32.2± 3.0	48.4±11.4	33.1±4.7
PEC	43.6± 3.3	50.3± 8.6	42.0±3.0	48.1± 3.7	36.3± 4.9	39.0±3.5
POD 0	53.3± 2.5	69.5± 8.0	49.3±2.9	52.0± 3.2	40.2± 5.0	46.5±3.4
POD 1	52.3± 2.6	56.5± 2.3	45.5±2.6	43.0± 3.1	34.7± 4.9	40.5±2.9
POD 3	48.5± 2.0	70.7± 9.9	45.2±4.3	42.3± 2.6	38.2± 4.6	38.3±3.1
POD 5	76.3± 4.7	109.5±10.2	70.6±6.3	60.4± 4.8	67.2± 9.4	60.8±7.0
POD 7	108.8± 6.7	143.9±17.2	99.9±7.7	91.3±11.3	93.5±12.7	81.0±6.8
POD 9	149.9±10.6	158.2±15.0	147.4±9.5	138.2±12.7	114.2±10.7	120.6±9.9
POD 11	159.0± 8.3	179.0±16.7	159.9±8.0	156.9±10.0	136.5± 9.6	146.4±9.5

Values : mean ± standard error of mean
 Con. : platelet count of pre-extracorporeal circulation(Control)

DEC : during extracorporeal circulation
 PEC : post-extracorporeal circulation
 POD : postoperative day

일까지 유의하게 증가하였고(P<0.05), III군에 비해서는 수술 당일부터 수술후 9일까지 유의한 증가(P<0.05)를 나타내었다. II군은 III군에 비해 수술후 3일과 9일에 유의하게 증가되어(P<0.05) 있음을 보였다.

기포형 산화기를 사용한 B군과 막형 산화기를 사용한 M군 간에서 체외순환 시작후부터 수술후 11일까지 사이에 변화한 혈소판 수는 통계적으로 유의성이 없었다(P>0.09)(그림 2).

그러나 I, II, III군을 사용한 산화기에 따라 관찰하면(그림 3), II군과 III군에서는 사용한 산화기에 의한 혈소판 수의 변화가 영향을 받지 않았으나(P>0.1), I군에서는 막형 산화기를 사용한 IM군이 기포형 산화기를 사용한 IB군보다 수술 당일과 수술후 3일에서 7일 사이에 유의한 증가를 보였으며(P<0.05), 수술전 수치로 회복되는 것도 IB군은 수술후 7일에 되었으나 IM군은 수술후 5일에 되었다.

고 찰

체외순환을 이용한 개심술에서 혈액은 직접적인 혈액에 대한 외상³⁾, 충전액, 수술중의 대량 수혈, Heparin과 Protamine에 의한 중화등에 의해 변성을 일으켜 수술후 출혈성경향을 흔히 나타내며, 그 원인으로 혈소판 수의 감소와 기능의 저하등이 중요한 인자로 인식되어 있다. 따라서 많은 사람들이 체외순환에 따른 혈소판의 변화에 관하여 연구를 거듭해 왔다³⁾. 혈소판은 모세혈관 손상시 출혈을 막는 일차적 역할을

담당하므로 혈소판 수의 감소는 출혈을 초래한다. 체외순환중에는 혈소판의 감소가 초래되는데⁵⁾ 체외순환에 의한 혈소판 수의 감소는 체외순환 시작 후 30분내에 체외순환전의 60%~70%정도까지 감소하는 것으로 보고되어 있으며⁶⁾, 최등⁷⁾의 경우 52.3%, de Leval 등⁸⁾은 60%~70%의 혈소판 감소를 보고하였다. 본 논문의 경우에서는 체외순환 시작후 30내에 체외순환전의 41.5%로 혈소판 수가 감소하였다. 이러한 혈소판 수의 감소는 충전액에 의한 희석, 체외순환 회로 중의 산화기, tube, 여과기 등에 흡착되거나 gauze, 혈액흡인기, 혈액 외상에 의한 파괴, 체내에서 긴장으로의 이동⁹⁾ 등에 의해 이루어진다고 보고있다. 따라서 체외순환중 혈소판 수의 감소는 수술전 혈소판 수의 높고 낮음에 관계없이 감소되며 본 논문의 경우에서도 같은 결과를 얻었으며 최 등⁷⁾, 윤 등¹⁰⁾에서도 유사한 결과를 보고하였다. 최 등⁷⁾에 의하면 혈소판 숫자의 감소는 체외순환이 끝난후 1시간까지 지속되다가 2시간후부터 서서히 정상으로 회복되며 윤 등¹⁰⁾에 의하면 체외순환종료 90분후에는 체외순환 종료 30분후 보다 기포형 산화기는 11.5%, 막형 산화기 사용시에는 11.9%가 증가되어 시간의 경과에 따라 혈소판수는 의의있는 증가를 보였으며 del Leval 등⁸⁾도 체외순환 종료 2시간 후에는 혈소판 수가 상당한 정도 증가됨을 발견하고 이의 원인을 알기위해 혈소판에 동위 원소를 부착하여 혈소판의 이동을 추적한 결과 체외순환중에 순환 혈액에서 사라진 상당수의 혈소판은 간장에 이동되어 있다가 체외순환 종료후에 순환혈액내로 돌아오미 밝

혀졌다. 그러나 Gralnick 등⁹⁾은 체외순환 종료후 12시간 내지 24시간까지 혈소판수가 감소된 상태를 지속하였다고 보고하였다. 대부분의 보고가 체외순환 도중과 직후 몇시간의 관찰결과이므로 본 논문의 결과와 비교하기가 힘들지만, 본 논문의 경우 혈소판 수는 체외순환 직후에도 감소되었고 수 시간후에는 약간의 증가를 보였으나, 수술후 3일까지는 계속 감소된 상태로 나타났다. 다만 막형 산화기를 사용하고 체외순환시간이 100분 이내인 경우에 5일, 그밖의 경우 7일 이후에 수술전의 혈소판 수로 회복되었으며 그 이후에는 오히려 혈소판 숫자의 증가가 관찰되었다. Yoshimasa와 Katsumi는¹¹⁾ 수술후 7일에 수술전의 혈소판 수로 회복되었으며 수술후 14일에는 약 70%의 혈소판 증가를 보고하였다. 이와 같은 결과는 시간 간격과 관찰 기간을 변화하여 계속 연구할 필요가 있다고 생각하며, 또한 심폐기 가동 기술에 대한 연구도 필요할 것 이라고 사료된다.

이상에서 나타나듯이 체외순환에 의한 혈소판 숫자의 감소는 피할수 없으며 이러한 영향을 줄이기 위해 학자들은 많은 연구와 실험이 있어 왔다. Peterson 등¹²⁾과 Oeveren등⁴⁾은 막형 산화기가 기포형 산화기보다 혈소판의 숫자 감소를 최소화 하는데 우수하다고 보고 하였으며, 최 등⁷⁾, 윤 등¹⁰⁾도 이와 유사한 보고를 하였다. 반면에 Friedenbergle등¹³⁾과 Edmunds등¹⁴⁾은 산화기의 종류는 혈소판 숫자 변화에 영향이 없다고 보고하였다. 본 논문의 경우, 산화기종류에 의한 혈소판 수의 변화에는 큰 영향이 없었으나 단지 체외순환 시간이 짧은 경우에만 막형 산화기를 사용한 군에서 혈소판 수의 회복이 빨랐다.

Kalter등¹⁵⁾과 McKenna등¹⁶⁾은 체외순환 기간과 혈소판 숫자의 감소정도는 관계가 없다고 하였는데 본 논문의 경우에는 언제나 유의한 차이를 나타내지는 않았으나, 대체로 체외순환 기간이 짧을수록 회복하는 시간이 빨랐으며 특히 I군과 III군 사이에는 유의한 차이를 나타내었다. 그외에 혈소판 수에 영향을 미치는 인자로 Edmunds등¹⁴⁾과 Boonstra등¹⁷⁾은 수술시 흡입기의 사용방법과 흡입되는 혈액의 양이 혈소판 숫자 변화에 영향을 줄수 있다고 발표하였으며 Simon등¹⁸⁾은 체외순환을 실시한 모든 환자에게 수술후 혈소판 농축제제를 투여하였으나 특별한 효과를 얻지 못하였나.

체외순환 후 장시간 추적조사한 본 연구의 결과, 현

재 임상적으로 사용중인 기포성 산화기와 막형 산화기는 혈액학적 변화면에서 유의한 차이가 없었다. 또한 본 논문은 혈소판의 양적 변화를 관찰한 결과이나, 향후 혈소판 기능의 변화에 대한 관찰이 추가되어야 하며, 체외순환과 더불어 나타나는 혈소판의 변화를 줄이고 회복을 촉진시키기 위해 체외순환 시간을 단축시키는 연구가 계속되어야 하겠다.

결 론

중앙대학교 부속병원 흉부외과에서는 체외순환에 따른 혈소판 숫자의 변화를 고찰하여 보다 효과적인 수술후 출혈방지와 치료를 위하여 산화기 종류(기포형 산화기, 막형산화기)및 체외순환 시간에 따라 120명의 환자를 대상으로 체외순환 시간이 100분 미만인 경우를 I군, 100분 이상 200분 미만인 경우를 II군, 200분 이상인 경우를 III군으로 분류하였고, 전체군을 다시 사용한 산화기의 종류에 따라 기포형 산화기를 사용한 군을 B군, 막형 산화기를 사용한 군을 M군으로 분류하였으며 다시 I, II, III군을 사용한 산화기에 따라 IB, IM, II B, II M, III B, III M군으로 분류하여 임상연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 체외순환에 의해 혈소판의 수는 체외순환 개시 30분부터 수술후 3일까지 감소하였다.
2. 체외순환 종료후 9일내지 11일이 지나면서 혈소판의 수는 체외순환전의 수보다 증가 하였다.
3. 체외순환으로 감소되었던 혈소판 수는 시간이 경과함에 따라 점차 회복되었으며 이러한 현상은 II, III군에서보다 I군에서 뚜렷한 추세를 보였다.
4. 산화기 종류는 I군을 제외하고 혈소판 수의 변화에 영향이 없었다.

이상의 결과 체외순환 시간은 혈소판 수의 변화에 영향을 주므로, 체외순환후 나타나는 혈소판 수의 변화를 감소시키기 위하여는 체외순환 시간을 줄여야 하겠다.

REFERENCES

1. Cooper KE : *Circulation in hypothermia. Br Med Bull* 17 : 48, 1961
2. Henderson AR : *Induced hypothermia is not "Artificial Hibernation."* JAMA 18 ; 148, 1966
3. Berstein E, Indeglis R, Shea M, et al : *Sub-*

- lethal to the red blood cell from pumping. *Circulation* 35 : 226, 1967
4. Oeveren W, Kazatchkine MD, Latscha BD, et al : *Deliterious effects of cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg* 89 : 888, 1985
 5. Salzman EW : *Blood platelet and extracorporeal circulation. Transfusion* 3 : 274, 1963
 6. Mohr R, Golan M, Mantinowitz U, et al : *Effect of cardiac operation on platelet. J Thorac Cardiovasc Surg* 92 : 434, 1986
 7. 최준영, 서경필 : 체외순환이 혈소판에 미치는 영향. 대한 흉부외과 학회지 21 : 1, 1983
 8. de Leval M, Hill JD, Mieke CH, et al : *Platelet kinetics during extracorporeal circulation. Trans An Soc Artif Internal Organs* 18 : 355, 1972
 9. Gralnick HR, Fischer RD : *The hemostatic response to open heart operation. J Thorac Cardiovasc Surg* 61 : 909, 1971
 10. 윤문한, 김홍대 : 개심술시 체외순환에 따른 혈소판수와 혈장섬유소원치의 변화. 대한 마취과 학회지 21 : 5, 1988
 11. Yoshimasa Miyauchi, Katsumi Isomura : *Quantitative and functional changes in platelets and their preservation during extracorporeal circulation. J Thorac Cardiovasc Surg* 23 : 383, 1982
 12. Peterson KA, Dewaujec MK, Kaye MP, et al : *Fate of indium labeled platelet during cardiopulmonary bypass performed with membrane and bubble oxygenators. J Thorac Cardiovasc Surg* 84 : 39, 1982
 13. Friedenbergr WR, Myers WO, Plotka ED, et al : *Platelet dysfunction associated with cardiopulmonary bypass. Ann Thorac Surg* 25 : 298, 1978
 14. Edmunds LH, Ellison N, Colman RW, et al : *Platelet function during cardiac operation : comparison of membrane and bubble oxygenator. J Thorac Cardiovasc Surg* 83 : 805, 1982
 15. Kalter RD, Saul CM, Wetstein L, et al : *Cardiopulmonary bypass : associated hemostatic abnormalities. J Thorac Cardiovasc Surg* 77 : 427, 1979
 16. McKenna R, Bachmann F, Whittaker B, et al : *The hemostatic mechanism after open heart surgery. J Thorac Cardiovasc Surg* 70 : 298, 1975
 17. Boonstra PW, Imhoff GW, Eysmon L, et al : *Reduced platelet activation and improved hemostasis after controlled cardiomy suction during clinical membrane oxygenator perfusion. J Thorac Cardiovasc Surg* 89 : 900, 1985
 18. Simon TL, AKI BF, Murphy W : *Controlled trial of routine administration of platelet concentrates in cardiopulmonary bypass surgery. Ann Thorac Surg* 37 : 359, 1984