

혈액희석 체외순환법에 관한 임상적 관찰*

—상은하, Rygg-Kyvsgaard 산화기 및 Sigmamotor Pump 사용예를 중심으로—

손 광 현** · 양 기 민** · 채 범 석*** · 김 종 환**
서 경 필** · 고 광 옥**** · 이 영 균**

= Abstract =

Studies on the Hemodilution Perfusion with Rygg-Kyvsgaard Oxygenator

Kwang Hyun Sohn, ** M. D., Ki Min Yang, ** M. D., Bum Suk Tchai, *** M. D.
Chong Whan Kim, ** M. D., Kyung Phill Suh, ** M. D., Kwang Wook Ko, **** M. D.
and Yung-Kyoon Lee, ** M. D.

Clinical perfusion data on 16 cases of cardiopulmonary bypass using Sigmamotor pump and Rygg-Kyvsgaard Oxygenator which performed at Seoul National University Hospital during the period of Aug. 1968 to Aug. 1970 was analyzed. All cases were hemodiluted and the perfusion was carried out under the normothermic condition.

The age of the patients ranged between 6 and 43 years. The body weight varied between 18.3 and 54.0 kg and the body surface area between 0.78 and 1.59M².

The priming solution was consisted with fresh ACD blood, Hartmann solution and Mannitol. The average amount of priming was approximately 2242 ml. The average hemodilution rate was 17%.

The flow rate ranged from 1.7L to 3.5L/Min/M² and averaged 2.4L/Min/M² or 78ml/Min/kg. The duration of perfusion varied from 22 to 110 min with average of 56.9 minutes.

Some hemodynamic responses were observed. The arterial pressure dropped immediately after the initiation of partial perfusion and was more marked after the total perfusion followed by gradual increase to the safety level. The central venous pressure reflected the reduced blood volume especially in the cases of prolonged perfusion which lasted over 60 min.

In most of the cases, red blood cell count decreased and white blood cell count increased after the perfusion. Hemoglobin level was decreased, averaging of 12.5mg%, Hct 3.3% and platelets count of 18% post-operatively. Plasma hemoglobin increased mildly, from pre-perfusion average value of 4.06mg% to post-perfusion value of 22.5mg%. Serum potassium was 4.4mEq/L pre-operatively and was decreased to

* 본 논문의 요지는 1970년 10월 30일 대한외과학회 제22차학술대회에서 발표하였음.

본 논문은 서울대학교 의과대학 부속병원 1970년도 임상연구비의 보조에 의한 것임.

** 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

*** 서울대학교 의과대학 임상병리학교실

**** 서울대학교 의과대학 소아과학교실

** Department of Thoracic Surgery,

*** Department of Clinical Pathology and

**** Department of Pediatrics, College of Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea

3.7mEq/L post-operatively. Five cases showed definite hypopotassemia immediately after the operation. Sodium and chloride decreased mildly. These electrolyte changes are thought to be related with hemodilution, diuretics and reduced blood volume during and after the perfusion.

Arterial blood pH value revealed minimal to moderate elevation from preperfusion average value of 7.376 to 7.461 during perfusion and then 7.365 after perfusion.

The pCO₂ and bicarbonate showed minimal to moderately lowered values. The total CO₂ was decreased. Buffer base decreased during perfusion (Av. 42.6mEq/L) and further decreased after the perfusion (Av. 40.8mEq/L). These arterial blood acid base changes suggested that the metabolic acidosis was accompanied by respiratory alkalosis during and immediately after the perfusion.

Authors believed that the acidosis could more effectively be corrected with the more additional dose of bicarbonate than we used by this study.

The chest tube drainage during the first 24 hours following operation was 1158 ml in average. One case (Case No. 15) showed definite bleeding tendency and it was believed that the cause might be due to the defect of heparin and protamine titration.

The average urinary out put during 24 hours post-perfusion was 1291ml. One case (Case No. 1) showed definite post perfusion oliguria.

As conclusion, hemodilution using fresh ACD blood, Hartmann and Mannitol solution added with Bivon and high flow rate under normothermia, was thought to ameliorate the severity of metabolic acidosis during and after perfusion with relatively satisfactory effect on the diuresis and bleeding tendency.

민율만한 심폐기와 안전한 전신관류법을 사용하여 개심수술을 적절히 실시하면 환자의 수술결과를 훨씬더 호전시킬수 있다. 이것은 수술전 환자의 심폐기능의 보유양과 수술로 교정된 병변의 회복정도와 함께 환자의 예후를 크게 좌우하는 요소가 됨은 주지의 사실이다.

실제로 체외순환자체에 의한 이환율은 관류중 순환부전에 의한 조직대사의 부적절 또는 대사성산증에서부터 혈액성분의 파괴 및 이로인한 슬후출혈경향, 혈관내 응고와 공기전체, 관류후의 울혈성무기폐, 신부전증 및 산소중독증등에 이르기까지 광범위하게 발생하고 있음을 알수있다. 이러한 합병증의 경감 또는 제거를 위한 심폐기자체의 개량과 관류방법의 개선은 미국 및 구라파의 학자들에 의하여 방대하게 그리고 꾸준히 노력되어 왔으나 우리나라에서는 李(1962)³¹, 李(1962)³², 李(1963)³³, 洪(1963)¹⁹(1965)²⁰, 金(1967)²⁶, 朴(1967)⁴⁰, 김(1969)²⁷등에 의한 수개의 실험적연구와 수개의 임상적 경험에 보고되어있을 뿐이다.

본대학 흉부의과학교실에서는 인공심폐기가 처음 도입되었던 초창기에는 Lillehei 식 Occlusive Multiple Finger Pump 와 중형 또는 소형의 낭형 기포형산화기를 사용하여 체외순환을 실시하였으며 그후 헬릭스(Helix) 또는 2중헬릭스 산화기를 사용하여 저온법, 혈액회석법을 각각 또는 병용하여 실험적연구와 임상적 개심수술을 실시하여왔고 근년에는 Rygg-Kyvsgaard 산

화기를 사용하여 그 관류효과를 관찰한바 혈액의 산화능력 및 제거포(Debubblization) 능력이 양호하며 disposable 형이어서 세척소독이 필요 없으며 조작이 간편한 이점이 있는 것으로 보아 1968년 이래 임상적 개심수술에 이것을 즐겨사용하고 있다.

또한 우리는 그간 저온법하에서의 체외순환과 정상온하에서의 체외순환을 임의로 선택하여 실시하고 있는바 이번 중예분석에서는 저온법을 병용하지 않고 전신관류하여 그효과면에 있어서 어떤 결과가 나타나는지를 관찰코저 하였으며 또한 실제관류에 사용된 심폐기총진액의 혈액회석도와 평균관류량 및 관류시간을 알아보고 이러한 방법에 의한 관류효과 즉 혈액학적, 혈액화학적, 혈액생화학적 변화와 임상상태에 관하여 관찰코저 같은 심폐기 및 같은 조건하에서 전신관류한 예를 모아 검토하여 보았다.

대상 및 방법

I. 대 상

서울대학교 의과대학 흉부의과학교실에서 1968년 8월 1일부터 1970년 8월 30일까지 2년 1개월간에 걸쳐 실시된 심폐기 사용 개심수술예중에서 Rygg-Kyvsgaard 산화기, Sigmamotor Multiple Finger Pump 및 혈액회석법을 사용하여 상온하에서 전신관류한 16예에 대하여 심폐기관류상태, 관류전후 혈액학적변화, 전해질검사소견

및 산염기평형과 뇨량 및 출혈량을 관찰하고 검토하였으며 환자의 임상경과를 추월관찰하였다.

16예를 질환별로 구분하면 선천성심장질환이 6예로서 심방중격결손증 2예, 심실중격결손증 3예 및 폐동맥판막협착증 1예이고 후천성 심장질환은 10예로서 승모판막협착증 6예 승모판막폐쇄부전증 2예 및 대동맥판막폐쇄부전 및 승모판막협착증의 합병증이 2예였다. (제 1 표 참조)

Table 1. -Number of Patient by Disease

| Diagnosis | No. Cases |
|--|-----------|
| Congenital Heart Disease : | |
| Atrial Septal Defect | 2 |
| Ventricular Spetal Defect..... | 3 |
| Pulmonary Stenosis | 1 |
| Acquired Heart Disease : | |
| Mitral Stenosis | 6 |
| Mitral Insufficiency | 2 |
| Aortic Insufficiency c̄ Mitral Stenosis..... | 2 |
| Total..... | 16 |

남녀비는 남자가 9예, 여자가 7예이고 연령분포는 최소 6세, 최고 48세이며, 체중은 최저 18.3kg에서 최고

Table 2. -Patient Data & Diagnosis

| Case No. | Chart No. | Name | Age (yr) | Sex | Body Weight (Kg) | B. S. A. (M ²) | Dx. | Remark (Date, Op) |
|----------|-----------|-------|----------|-----|------------------|----------------------------|--------|-------------------|
| 1 | 573073 | H J K | 23 | M | 47.0 | 1.42 | A I—MS | 6. 22, '70 |
| 2 | 545935 | W S N | 23 | F | 44.0 | 1.43 | M I | 1. 26, '70 |
| 3 | 433430 | K Y K | 25 | M | 49.0 | 1.50 | MS | 11. 10, '69 |
| 4 | 533355 | S M S | 11 | F | 23.0 | 1.00 | A S D | 11. 3, '69 |
| 5 | 532012 | K H T | 8 | M | 21.5 | 0.83 | V S D | 10. 20, '69 |
| 6 | 500797 | L N H | 48 | M | 36.5 | 1.25 | A I—MS | 6. 4, '69 |
| 7 | 388833 | L S Y | 33 | M | 54.0 | 1.59 | MS | 5. 5, '69 |
| 8 | 488262 | K S Z | 41 | F | 38.0 | 1.28 | MS | 3. 19, '69 |
| 9 | 480454 | N K A | 15 | F | 40.6 | 1.30 | V S D | 2. 5, '69 |
| 10 | 476532 | L O I | 28 | F | 40.0 | 1.27 | M I | 1. 22, '69 |
| 11 | 480096 | Y S C | 33 | M | 44.0 | 1.40 | MS | 1. 8, '69 |
| 12 | 476746 | K B S | 24 | F | 47.0 | 1.43 | P S | 12. 16, '68 |
| 13 | 180306 | L K H | 6 | M | 18.3 | 0.78 | V S D | 9. 9, '68 |
| 14 | 454576 | M B I | 23 | F | 44.0 | 1.42 | A S D | 8. 9, '68 |
| 15 | 418549 | B S B | 39 | M | 48.0 | 1.47 | MS | 8. 3, '70 |
| 16 | 574605 | K M S | 43 | M | 48.0 | 1.50 | MS | 8. 10, '70 |
| Average | | | | | 40.5 | 1.30 | | |

54.0kg 이며 평균 40.5kg였다. 체표면적은 최소 0.78M² 최고 1.59M²이고 평균 1.3M²였다. 전예에 대하여 수술 후 3개월 내지 2년 3개월까지 Follow up 되고 있다. (제 2 표 참조)

II. 방 법

A) 관류방법

전신관류방법은 상용되는 방법에 따라 펌프, 산화기 및 circuit를 set up 한후 5% 포도당액을 사용하여 펌프의 각 gauze 별로 분당 박출량을 결정(calibration)한 후 심폐기충진을 다음과 같이 실시했다. 충전액은 신선 ACD혈액과 Hartmann용액 또는 1/6M sodium lactate 용액, 10-25% Mannitol용액을 혼합하여 사용하였으며 여기에 7.5% 중조수(Birvon)를 25ml 내지 50ml 첨가하였다. 이때 사용된 전혈은 충전전에 매 unit당 heparin 30mg 및 CaCl₂ 7ml를 첨가 사용하였다. 이때 사용된 충전액의 평균량은 전혈 1131ml, Hartmann 용액 또는 1/6M sodium lactate 용액 406ml, Mannitol 용액 421ml, Bivon 45ml였으며 관류중 추가충진 전혈량은 평균 238ml였고 총충진량은 평균 2241ml였다.

이러한 충전액을 사용하여 전신관류하였을 때의 혈액 희석비율은 체중 매 kg 당 70ml로 계산한 환자의 총혈량과 충전액총량의 화에 대한 비전혈용액의 백분비로 계산하면 평균 17%이고 최소 6% 최고 26%의 혈액희석비율이 된다. (제 3 표 참조)

Table 3. -Priming & Hemodilution

| Case No. | Initial Priming Solution & Amount | | | | W/B Adding during perfusion (ml) | Total priming (ml) | Per cent Hemodilution |
|----------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------|------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------|
| | W/B (ml) | Hartmen or 1/6M. Sod. lact (ml) | Mannitol(ml) | Bivon (ml) | | | |
| 1 | 1000 | 500 | 500 | 50 | 500 | 2550 | 18 |
| 2 | 500 | 500 | 250 | 50 | 500 | 1800 | 14 |
| 3 | 1500 | 250 | 250 | 50 | 500 | 2550 | 11 |
| 4 | 1100 | 250 | 250 | 25 | — | 1625 | 14 |
| 5 | 1000 | 500 | 300 | 25 | — | 1825 | 24 |
| 6 | 500 | 500 | 500 | 50 | — | 1550 | 26 |
| 7 | 500 | 700 | 500 | — | 500 | 2200 | 20 |
| 8 | 600 | 500 | 500 | 50 | — | 1650 | 19 |
| 9 | 1200 | 500 | 500 | 50 | — | 2250 | 21 |
| 10 | 1200 | 500 | 500 | 50 | — | 2250 | 21 |
| 11 | 1200 | 500 | 500 | 50 | — | 2250 | 18 |
| 12 | 1200 | 300 | 500 | 50 | 1200 | 3250 | 12 |
| 13 | 2600 | — | 200 | 25 | — | 2825 | 6 |
| 14 | 3000 | — | 500 | 50 | — | 3550 | 8 |
| 15 | 500 | 500 | 500 | 70 | 500 | 2070 | 17 |
| 16 | 500 | 500 | 500 | 70 | 100 | 1670 | 21 |
| Average | 1131 | 464 | 421 | 48 | 543 | 2242 | 17 |

Table 4. -Flow Rate & Duration of Perfusion

| Case No. | Cannula Size(No) (F. A.) | Average Flow Rate | | Perfusion Duration (Min) | | | Remark |
|----------|-----------------------------|----------------------|-----------|--------------------------|--------------|---------|--------|
| | | L/Min/M ² | ml/Min/Kg | Partial bypass | Total bypass | Total | |
| 1 | 20 | 2.46 | 75 | 4 | 70 | 74 | |
| 2 | 16 | 2.8 | 90 | 5 | 82 | 87 | |
| 3 | 16 | 2.8 | 85 | 2 | 23 | 25 | |
| 4 | 14 | 3.2 | 115 | 4 | 34 | 38 | |
| 5 | 14 | 3.5 | 135 | 2 | 63 | 65 | |
| 6 | 16 | 1.9 | 60 | 14 | 46 | 60 | |
| 7 | 16 | 2.2 | 70 | 4 | 59 | 63 | |
| 8 | 16 | 2.0 | 73 | 2 | 20 | 22 | |
| 9 | 14 | 2.2 | 73 | 5 | 42 | 47 | |
| 10 | 14 | 2.3 | 50 | 5 | 105 | 110 | |
| 11 | 16 | 2.4 | 80 | 6 | 90 | 96 | |
| 12 | 18 | 1.7 | 65 | 2 | 33 | 35 | |
| 13 | 12 | 2.6 | 90 | 4 | 46 | 50 | |
| 14 | 18 | 2.1 | 50 | 2 | 38 | 40 | |
| 15 | 16 | 2.1 | 65 | 15 | 43 | 58 | |
| 16 | 20 | 2.3 | 75 | 11 | 29 | 40 | |
| AU. | | 2.4L | 78ml | 5.4min | 51.4min | 56.9min | |

심폐기 가동은 수술팀의 삼관술이 끝나는데로 시작하였으
며 체외순환 환로는 상하공정맥 및 vent로 부터 흡

러나오는 정맥혈이 siphon drainage로 산화기의 산화동
으로 인도되어 여기서 100% 산소로 산화된후 debubb-

ulize 된 다음 reservoir 를 거쳐 펌프로 인도되어 환자의 고동맥으로 주입되도록 하였다. 이때 사용된 케늘은 Bardic catheter #12 내지 #20이다. 동시에 Cardiotomy sucker 에서 흡인된 혈액은 sucker well 을 거쳐서 별도의 pump 로 박출되어 산화기로 인도되었다.

심폐기가동과 함께 체외순환이 시작되었으며 이때 혈류관류량은 저자들의 경우 high flow rate 를 채택하였으며 평균관류량은 체중 kg 당, 1분간에 78ml, 체표면당 2.4L/Min 로 관류되었다. (제 4 표 참조)

고동맥삽관전 Heparinization 에 사용된 Heparin sodium 의 용량은 체중 kg 당 3mg 이었고 관류후 환원에 사용된 Protamin sulfate 와의 비율은 1:1.5로 하였다.

관류시간은 부분관류시간이 최단 2분, 최장 15분, 평균 5.4분이었고 완전관류시간은 최단 20분, 최장 105분, 평균 51.4분이었으며 총관류시간은 최단 22분, 최장 115분 평균 56.9분이었다.

B) 관류중 생체현상 감시방법

심폐기 가동전에 미리 장치된 감시장치(Monitoring)에 의하여 전신관류전 심전도, 동맥압, 정맥압, 체온의 대조치를 측정하였다. 이때 사용된 감시장치는 주로 Twin Viso recorder, Telethermometer 정맥압 Manometer 이다.

동시에 술전, 관류전, 관류중, 관류후, 수술후 및 회복실에서의 혈액검사, 전해질검사 및 혈액 Gas 분석을 위한 혈액채취를 실시하였다. 산염기상태의 결정은 Astrup 법을 사용하였으며 pH는 pH meter 로, PCO₂ standard bicarbonate, Actual bicarbonate, Buffer base 및 Base excess 는 Siggaard-Andersen normogram 을 사용하였고 Total CO₂ Content 는 Henderson-Hasselbach equation 으로 계산하였다.

관류중 및 관류후의 노량은 노관 캐테터 및 측정병에 배설된 노를 검사하였고, 출혈량은 흉관을 통하여 나온 혈양을 측정하였다.

결 과

I. 혈액학적 변화

A) 동맥압

심폐기가동과 함께 각시점에서 나타내는 Twin-viso recorder 상의 동맥혈압을 중예마다 관찰하여 그 수축기압, 확장기압 및 중앙동맥압(Mean arterial pressure) 을 계산하고 이것을 각 시점에서 16예의 평균치를 내어 체외순환에 따른 동맥압의 변화경향을 보았으며 제 1 도와 같다. (제 1 도 참조)

이때 중앙동맥압은 (확장기압)+(1/3맥압)으로 계산

하였다.

각시점 즉 수술전, 마취중, 관류 10분전, 심폐기 가동시점, 완전관류 시작하는 시점 및 그후 매 10분 간격의 시점에서 관류가 끝날때까지, 그리고 관류후 10분, 30분, 60분후의 동맥압의 변화는 체외순환에 의한 전신관류가 조직관류를 혈액학적인 면에서 얼마만큼 효과적으로 계속 유지해주는가를 잘 나타내었다.

즉 동맥압은 심폐기 가동 시작 및 부분관류와 함께 급격히 하강하고 이것은 또 다시 완전관류후에 더욱 하강하여 평균수축기압은 58mmHg, 확장기압은 30mmHg, 중앙동맥압은 40mmHg 를 나타냄을 볼수 있다. 이러한 관류초기 저혈압은 중예별로 차이는 많으나 그평균치로 관찰하면 관류후 20분 내지 30분까지 계속되었다가 차츰 상승하여 비교적 안전한 혈압을 유지해가는 경향을 보이고 있다. 즉 이때의 혈압은 실제로 관류중의 체온하강으로 조직대사의 요구량이 감소하는 것을 감안하면 안전하다고 보는 것이다.

B) 중심정맥압

관류중 중심 정맥압의 변화도 동맥압의 경우와 같이 평균치를 계산하여 도시하였다. (제 2 도 참조) 중예별차이는 있으나 대체로 관류시간이 40분이상 경과되는 예에서 차츰 하강함을 보였으며 이것은 circuit 나 관류장해의 요소가 별로 뚜렷하게 나타나 있지 않은한 대개의 경우 두가지 원인에 의한 것으로 본다. 즉 시간경과에 따른 수술시야에서의 실험과, 정맥계 특히 splanchnic venous system 의 정맥혈 pooling 에 인한다. 60분이상 관류예에서 하강했던 정맥압은 펌프 off 와 함께 차츰 정상화함을 보였고(제 2 도 참조) 전신혈양의 부족으로 정맥압이 정상화하지 못한예에서는 산화기의 혈액을 적당히 펌프를 통하여 수혈해줌으로서 혈액학적교정도도모할 수 있었다.

II. 체온의 변화

관류중 식도 및 직장온도를 Telethermometer 로 수시로 측정하였으며 술전, 관류중 최저온도, 관류후 및 회복실에서 관찰한 체온변화는 제 4 도에서 관찰할수 있는 바와 같다. 즉 관류중 최저온도의 16예의 평균치는 관류전의 Core temperature 인 36°7'C 에서 보다 3°7'C 가 낮은 33°7'C 이다(직장은 33°9'C, 식도는 33°5'C). 관류가 끝나면서 체온은 점차 상승하여 회복실에 와서는 35°6'C 로 되었다가 차츰 정상온이상으로 발열과정으로 이르게 됨을 보았다. 체온이 38°C 이상으로 상승하면 알콜 또는 어름 bath, 또는 그밖의 Cooling 조작을 실시하였다. (제 5 표 및 제 3 도 참조)

III. 혈액학적 변화

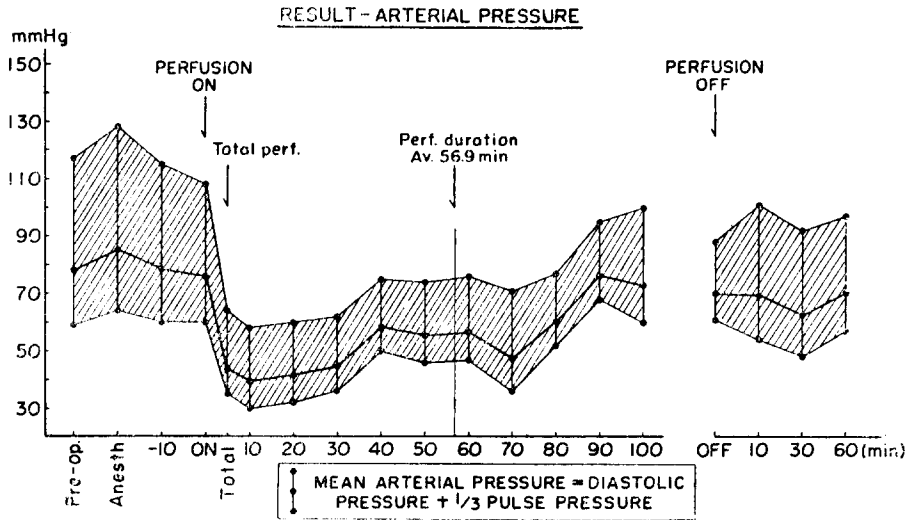


Fig. 1.

A) 적혈구 및 백혈구

수술 또는 전신관류전 적혈구의 평균치는 398만/mm³ 이던 것이 32만/mm³ 또는 8%가 희석되었다고 보는 366만/mm³로 감소함을 보았고 백혈구는 술전의 6731/mm³에서 관류후 또는 수술후에는 7690/mm³ 또는 114%

가 증가한 14421/mm³로 상승치를 보였다. (제 6 표참조)

B) Hemoglobin 치, Hematocrit 치 및 혈소판치

관류전 혈색소치의 16%평균치는 12.8gm%에서 수술 후에는 1.6gm% 또는 12.5%가 감소한 11.2gm%를 나타냈고, Hematocrit 치는 관류전의 37.9%에서 3.3%가

Table 5. -Body Temperature

| Case No. | Name | Pre-perf. | | During perf. | | Post-perf. | | P A R (R) |
|----------|-------|-----------|------|--------------|------|------------|------|-----------|
| | | (R) | (E) | (R) | (E) | (R) | (E) | |
| 1 | H J K | 36.5 | 36.0 | 33 | 32.5 | 33 | 33.5 | 36 |
| 2 | W S N | 36.8 | 37.0 | 34 | 33 | 34 | 33.5 | 36 |
| 3 | K Y K | 36.0 | 36 | 34.5 | 34 | 33 | 33.2 | 34 |
| 4 | S M S | 37 | 36.5 | 34 | 33.5 | 35 | 34.5 | 36 |
| 5 | K H T | 36 | 35.8 | 32.4 | 32.2 | 33 | 33.5 | 34 |
| 6 | L N H | 37 | 36.5 | 34.5 | 34 | 36 | 36 | 36.2 |
| 7 | L S Y | 37 | 36 | 35 | 34.5 | 34 | 34.5 | 36 |
| 8 | K S Z | 37.2 | 37 | 35 | 34.5 | 35.2 | 35.8 | 36 |
| 9 | N K A | 37.2 | 37.2 | 34.5 | 34 | 35.5 | 36 | 37 |
| 10 | L O I | 38.2 | 37 | 35 | 34.5 | 35 | 34.5 | 36 |
| 11 | Y S C | 37.5 | 36.5 | 34 | 33.5 | 34.5 | 34 | 35 |
| 12 | K B S | 37.2 | 37 | 32 | 31.5 | 34.5 | 34 | 35.5 |
| 13 | L K H | 38.5 | 37.8 | 34 | 33.5 | 32.5 | 33 | 34 |
| 14 | M B I | 36 | 36 | 35 | 34.5 | 34.5 | 35 | 36 |
| 15 | B S B | 36.5 | 37 | 34 | 34 | 35 | 35 | 36 |
| 16 | K M S | 36 | 36.2 | 34.5 | 35 | 34.2 | 35 | 36 |
| Average | | 36.9 | 36.6 | 33.9 | 33.5 | 34.3 | 34.4 | 35.6 |
| Core T. | | 36.75 | | 33.7 | | 34.35 | | |

RESULT - CENTRAL VENOUS PRESSURE

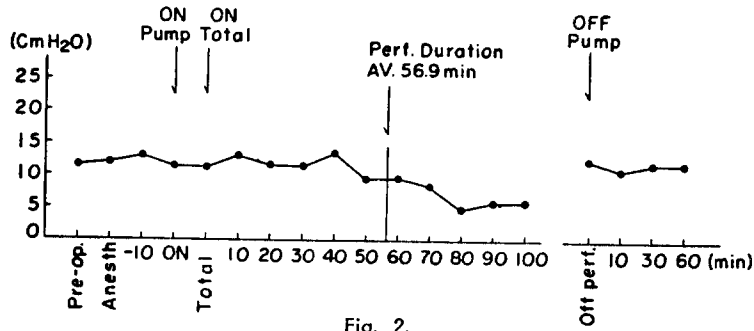


Fig. 2.

RESULT - BODY CORE TEMPERATURE (C°)

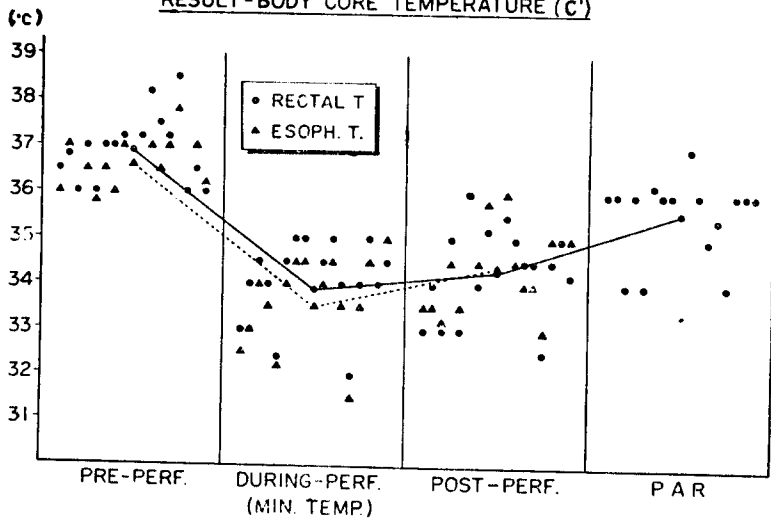


Fig. 3.

감소한 34.6%를 나타내고 있다. 혈소판치도 관류전의 131.308/mm³에서 관류후에는 23.708/mm³가 감소한 107.600/mm³로, 즉 18%의 감소를 나타내고 있다.

C) 혈장혈색소치

관류전 혈장혈색소치는 평균 4.06mg%이던 것이 관류후에는 1예를 제외한 15예의 평균치는 22.5mg%로 증가함을 보였다. 1예는 관류후 혈장혈색소치가 395mg%의 이상 증가를 나타냈으며 육안적 혈요를 보였으며 수술후 6시간에는 193mg%로, 제 2 일에는 2.4mg%로 돌아옴을 볼수있었다.

D) 혈액응고시간 및 Prothrombin time

관류전 응혈시간의 평균치는 11분 29초이었고 이것은 관류후에 11분 25초로 무시될만한 정도의 감소를 보였다. 응혈시간은 증예별로보면 관류후에 연장된다.(제 7

표 참조)

Prothrombin Time 은 관류전에 14분 9초 또는 74%이던 것이 관류후에는 16분 또는 70.3%로 연장됨을 보였다.

E) 혈액화학적검사치

관류전 Blood urea nitrogen 은 14예평균치가 14.2mg/100ml 이던 것이 관류후에는 18.0mg/100ml 로 3.8mg/100ml 의 증가를 보였고 혈청 Creatinine 치는 관류전 평균치가 0.98mg/100ml 이던 것이 관류후 0.05가 증가한 1.03mg/100ml 로 변화함을 보였고 혈청단백질은 관류전 평균치 7.2gm/100ml(Albumin 3.9/Globulin 3.3gm/100ml)가 관류후에는 6.63(3.8/2.8)로 0.57(0.1/0.5) gm/100ml 가 감소함을 보였다.

IV. 전해질변화

전에서 술전 또는 관류전 및 관류후 또는 수술후

Table 6. -Result-Hemogram

| Case No. | RBC(m/mm ³) | | WBC(/mm ³) | | Hb(gm%) | | Hct(%) | | Plasma Hb(mg%) | |
|----------|-------------------------|---------|------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------------|---------|
| | pre-op | post-op | pre-op | post-op | pre-op | post-op | pre-op | post-op | pre-op | post-op |
| 1 | 380 | — | 6000 | 12400 | 11.8 | 11.7 | 34 | 35 | 0 | 2.4 |
| 2 | — | — | 5300 | 15800 | 12.6 | 10.2 | 33 | 34 | 0.5 | 61.2 |
| 3 | 386 | 350 | 6200 | 5700 | 12.0 | 11.8 | 37 | 36 | — | — |
| 4 | 410 | 382 | 5650 | 18350 | 11.5 | 11.2 | 35 | 35 | 11.2 | 395.0* |
| 5 | — | — | 6400 | 15100 | 12.5 | 9.6 | 37 | 30 | 0 | 11.5 |
| 6 | 405 | 392 | 5500 | 12200 | 11.6 | 8.8 | 35 | 34 | — | — |
| 7 | 538 | — | 9800 | 14150 | 17.1 | 14 | 51 | 43 | 0 | 12.0 |
| 8 | 383 | 340 | 5850 | 13650 | 12.3 | 10.5 | 38 | 34 | — | — |
| 9 | 300 | 344 | 5000 | 8600 | 11.5 | 10.8 | 35 | 34 | 0 | 24 |
| 10 | 416 | — | 6950 | 9100 | 13.5 | 10.5 | 42 | 34 | 0 | 31.2 |
| 11 | 463 | 400 | 7400 | 13200 | 14.2 | 12.4 | 45 | 38 | 0 | 7.3 |
| 12 | 300 | 350 | 5400 | 21000 | 8.3 | 10.3 | 29 | 34 | 0 | 10.8 |
| 13 | 419 | 371 | 9650 | 28400 | 13.7 | 11.3 | 36 | 33 | 0 | 9.9 |
| 14 | 387 | 392 | 6000 | 13500 | 12.3 | 14 | 38 | 42 | 0.5 | 52.0 |
| 15 | 391 | 340 | 10600 | 21400 | 14.8 | 12.5 | 40 | 37 | 0 | 26.4 |
| 16 | — | — | 6000 | 8200 | 13.6 | 9.0 | 42 | 28 | 0 | 20.5 |
| Av. | 398 | 366 | 6731 | 14421 | 12.8 | 11.2 | 37.9 | 34.6 | 4.06 | ** |

** 22.5mg %
except case No. 4

Table 7. -Platelet, Coagulation Time, Prothrombin Time

| Case No. | Platelets(/mm ³) | | Coag. time | | Proth. T. | |
|----------|------------------------------|---------|------------|---------|------------|----------|
| | pre-op | post-op | pre-op | post-op | pre-op | post-op |
| 1 | 146,000 | — | 11'20" | — | 15"—100(%) | — |
| 2 | 76,000 | — | 22'6" | — | 13"—100 | — |
| 3 | 134,000 | — | 20'15" | — | 13"—100 | — |
| 4 | 200,000 | 170,000 | 12'13" | 19'30" | 16"—63 | 14"—90 |
| 5 | 46,000 | 263,000 | 14'00" | 10'49" | 16"—63 | — |
| 6 | 228,000 | — | 9'20" | — | 13.5"—95 | — |
| 7 | — | 124,000 | — | — | — | 17"—50 |
| 8 | 100,000 | 70,000 | 6'25" | 10'45" | 15"—74 | — |
| 9 | — | 82,000 | 14'2" | — | 14"—80 | — |
| 10 | 90,000 | — | — | 11'48" | — | 14"—90 |
| 11 | 42,000 | 16,000 | 7' | 12'18" | 14"—90 | 15"—70 |
| 12 | 134,000 | 90,000 | 9' | 10'53" | 14"—90 | 18"—64 |
| 13 | 268,000 | 104,000 | 9'39" | 7'17" | 15"—75 | 16"—62 |
| 14 | — | 102,000 | 5'34" | 6' | 16"—73 | 14"—82 |
| 15 | 124,000 | — | 10'10" | — | 17"—73 | — |
| 16 | 120,000 | 54,000 | 9,49" | 16'10" | 18"—60 | 20"—55 |
| Av. | 131,308 | 107,600 | 11'29" | 11'25" | 14.9"—74 | 16"—70.3 |

Sodium, Potassium 및 Chlorides 치를 검사하였고 수에서 Calcium 치를 검사하였다(제8표 참조).

Na⁺은 수술전 평균 139.8mEq/L에서 수술후 133.6mEq/L로 즉 6.2mEq/L의 중등도 감소를 보였고, K⁺은 수술전 4.4mEq/L에서 수술후 3.7mEq/L로 0.7mEq/L의 경한 감소를 보였다. Cl⁻는 수술전치 105mEq/L에서 수술후에 97mEq/L로 감소함을 보였다. Ca⁺는 의의 있는 변화를 보이지 않았으며 이것은 ACD 혈액 사용전에 calcose 추가가 적절하였던 것으로 본다. Na⁺ 및 Cl⁻치의 감소는 수술후 회복기에 이르면서 곧 정상치로 회복됨을 보였다. K⁺치의 감소는 관류중 호흡성 Alkalosis와 관계되는 것 같다(제4도 참조).

Table 8. Result; Serum Electrolytes

| Case No. | K(mEq/L) | | Na(mEq/L) | | Cl(mEq/L) | |
|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | Pre-op. | post-op. | pre-op. | post-op. | pre-op. | post-op. |
| 1 | 4.3 | 3.6 | 142 | 140 | 102 | 95 |
| 2 | 4.3 | 4.1 | 141 | 138 | 103 | 98 |
| 3 | 5.1 | 3.6 | 143 | 143 | 111 | 105 |
| 4 | 4.4 | 4.0 | 146 | 141 | 109 | 105 |
| 5 | 4.5 | 3.9 | 144 | 137 | 107 | 97 |
| 6 | 4.8 | 3.0 | 134 | 125 | 102 | 85 |
| 7 | 3.6 | 5.0 | 135 | 135 | 100 | 97 |
| 8 | 3.6 | 4.4 | 138 | 130 | 105 | 95 |
| 9 | 4.4 | 3.8 | 140 | 137 | 110 | 110 |
| 10 | 4.5 | 3.6 | 142 | 135 | 104 | 98 |
| 11 | 4.6 | 4.2 | 140 | 122 | 110 | 90 |
| 12 | 4.6 | 2.5 | 135 | 135 | 106 | 94 |
| 13 | 3.8 | 2.8 | 136 | 128 | 106 | 101 |
| 14 | 4.7 | 3.0 | 140 | 134 | 111 | 102 |
| 15 | 4.6 | 3.5 | 140 | 126 | 101 | 89 |
| 16 | 4.5 | 4.5 | 142 | 132 | 100 | 92 |
| Av. | 4.4 | 3.7 | 139.8 | 133.6 | 105 | 97 |

V. 산염기평형상태

A) 동맥혈 pH

관류전 동맥혈 pH는 중예별로 보면 이미 pH가 7.35미만의 산성범위에 있었던 예가 11예중 5예 있었고 pH 7.45이상의 염기성범위에 있었던 예가 1예 있었으며 평

RESULT - ELECTROLYTES (K, Na, Cl)

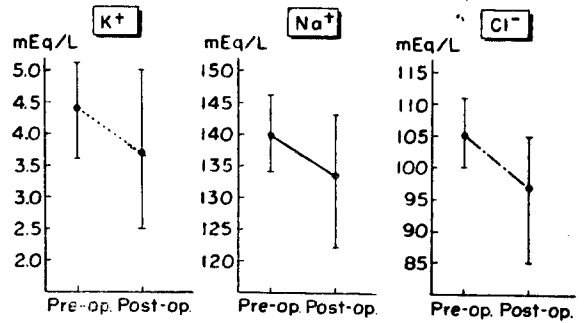


Fig. 4.

균치는 7.376unit, 범위는 7,276~7,561이었다.

관류중 pH는 평균 7.461이어서 산성에 가까운 1예(7,368)를 제외하고는 정상범위내의 pH를 유지하고 있으나 관류시간이 경과한 관류후의 검사치를 보면 정상 의 하한 내지 경한 산중의 경향을 나타내고 있으며 중예별로는 6예가 산중상태에 놓여있음을 보았다(제9 및 10표 참조).

B) pCO₂

RESULT - ARTERIAL BLOOD ACID-BASE BALANCE

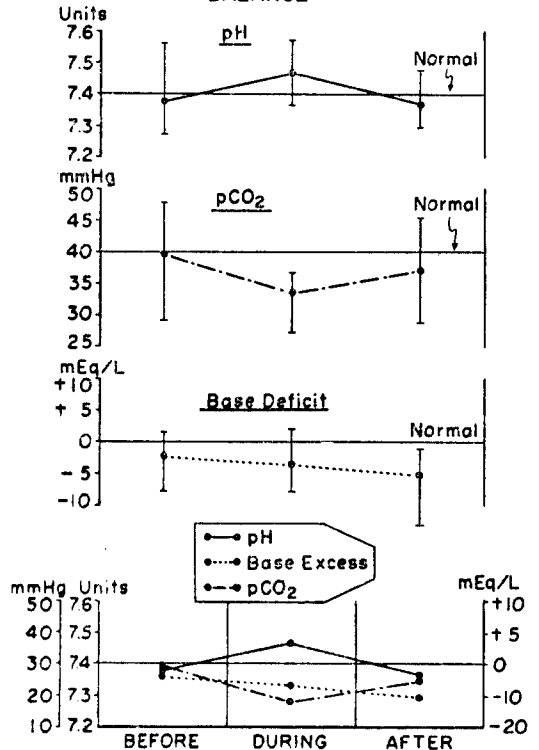


Fig. 5.

Table 9. Acid-Base Studies

| Case No. | Time of Sampling | Actual pH | pCO ₂ (mm. Hg.) | Bicarbonate | | Total CO ₂ | Base Excess | Buffer Base | Remark |
|----------|------------------|-----------|----------------------------|-------------|--------|-----------------------|-------------|-------------|--------|
| | | | | Standard | Actual | | | | |
| | | | | (mEq. /L.) | | (mEq. /L.) | | | |
| 1 | Before | 7.307 | 52.0 | 23.0 | 25.0 | 26.0 | -1.0 | 46.0 | |
| | During | 7.368 | 33.2 | 19.5 | 18.5 | 19.5 | -5.4 | 40.0 | |
| | After | 7.340 | 34.0 | 18.6 | 17.8 | 18.8 | -6.7 | 39.0 | |
| 2 | Before | 7.333 | 32.5 | 18.1 | 16.7 | 17.7 | -7.7 | 39.0 | |
| | During | 7.572 | 14.5 | 18.4 | 13.0 | 13.4 | -7.3 | 38.2 | |
| | After | 7.298 | 24.8 | 14.2 | 11.7 | 12.4 | -13.1 | 32.7 | |
| 3 | Before | 7.365 | 38.2 | 21.4 | 21.0 | 22.1 | -3.2 | 43.7 | |
| | During | 7.434 | 31.6 | 22.1 | 20.5 | 21.4 | -2.2 | 44.1 | |
| | After | 7.407 | 33.2 | 21.5 | 20.2 | 21.6 | -3.0 | 43.5 | |
| 4 | Before | 7.561 | 18.5 | 21.2 | 16.7 | 17.3 | -3.5 | 42.9 | |
| | During | 7.475 | 18.5 | 17.8 | 13.7 | 14.3 | -7.9 | 38.4 | |
| | After | 7.306 | 26.4 | 15.0 | 12.6 | 13.4 | -12.1 | 34.0 | |
| | 3hrs. | 7.281 | 40.0 | 18.2 | 18.2 | 19.8 | -8.0 | 39.8 | |
| 5 | Before | 7.328 | 37.2 | 19.4 | 18.8 | 19.9 | -5.8 | 41.1 | |
| | During | 7.482 | 23.0 | 19.5 | 15.3 | 16.0 | -5.7 | 41.3 | |
| | After | 7.474 | 17.5 | 17.4 | 12.2 | 12.7 | -8.7 | 38.2 | |
| 7 | Ward | 7.389 | 47.0 | 25.7 | 27.5 | 28.9 | +2.2 | 51.8 | |
| | Before | 7.427 | 30.0 | 21.5 | 19.1 | 20.0 | -3.1 | 45.7 | |
| | During | 7.440 | 27.5 | 21.1 | 18.0 | 18.8 | -3.7 | 45.0 | |
| | After | 7.405 | 27.3 | 19.5 | 16.4 | 17.2 | -5.9 | 43.0 | |
| | 3hrs. | 7.377 | 41.0 | 23.0 | 23.2 | 24.4 | -1.2 | 47.7 | |
| | Next D. | 7.409 | 45.0 | 26.0 | 28.7 | 28.7 | +2.9 | 51.9 | |
| 8 | Before | 7.276 | 55.5 | 22.4 | 25.0 | 26.7 | -2.6 | 44.2 | |
| | After | 7.309 | 46.0 | 21.3 | 22.0 | 23.6 | -3.3 | 42.8 | |
| 12 | Before | 7.435 | 37.4 | 24.7 | 24.3 | 25.4 | +1.0 | 56.0 | |
| | During | 7.414 | 33.4 | 21.7 | 20.5 | 21.5 | -2.7 | 41.0 | |
| | After | 7.398 | 35.0 | 21.7 | 21.0 | 22.1 | -2.7 | 40.0 | |
| 13 | Before | 7.383 | 40.0 | 23.0 | 23.0 | 24.7 | -1.2 | 45.2 | |
| | During | 7.456 | 31.2 | 22.0 | 22.1 | 22.1 | -1.3 | 44.6 | |
| | After | 7.430 | 36.5 | 24.0 | 23.5 | 24.6 | 0 | 45.5 | |
| 15 | Before | 7.368 | 48.2 | 25.2 | 27.0 | 28.4 | +1.5 | 49.2 | |
| | During | 7.455 | 29.3 | 22.4 | 20.0 | 20.9 | -2.0 | 45.7 | |
| | After | 7.310 | 51.0 | 22.5 | 24.7 | 26.2 | -1.6 | 46.0 | |
| 16 | Before | 7.349 | 47.0 | 26.2 | 25.0 | 26.4 | -0.2 | 46.6 | |
| | During | 7.518 | 30.2 | 25.5 | 23.7 | 24.6 | +2.0 | 47.6 | |
| | After | 7.340 | 46.0 | 23.0 | 24.0 | 25.4 | -1.0 | 44.4 | |

관류전 pCO₂가 정상미만인 예가 2에 있었으나 평균 전에서 심한 저하를 나타냈으며 평균치는 27.2mmHg, 치는 39.7mmHg로 정상범위였다. 관류중에는 pCO₂는 (14.5~33.4)에 불과했다. 즉 중등도의 호흡성 Alkalosis

Table 10. Arterial Blood Acid-Base Balance(Average & Range)

| | Before | During | After |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| pH(Units) | 7.376 (7.276-7.561) | 7.461 (7.368-7.572) | 7.365 (7.298-7.474) |
| PCO ₂ (mmHg) | 39.7 (18.5-55.5) | 27.2 (14.5-33.4) | 34.3 (17.5-51.0) |
| Standard Bicarb. (mEq/L) | 22.3 (18.1-26.2) | 20.9 (17.8-25.5) | 19.8 (14.2-24.0) |
| Actual Bicarb (mEq/L) | 21.9 (16.7-27.0) | 18.5 (13.0-23.7) | 18.7 (11.7-24.7) |
| Total CO ₂ (mEq/L) | 23.1 (17.3-28.4) | 19.3 (13.4-24.6) | 19.8 (12.4-26.2) |
| Base Excfs (mEq/L) | -2.3 (-7.7-+1.5) | -3.6 (-7.9-+2.0) | -5.2 (13.1--1.0) |
| Buffer Base (mEq/L) | 45.1 (39.0-56.0) | 42.6 (38.2-47.6) | 40.8 (32.7-46.0) |

를 나타내고 있다. 그러나 관류가 끝나고 측정 한 pCO₂는 차츰 정상에 가차워지면서 수술후에는 정상화함을 보였다(제4 및 7예에서).

C) Bicarbonate

Standard bicarbonate는 관류전치가 11예중 7예가 이미 정상보다 낮은 대사성산중의 소견을 보였고 이러한 경향은 관류중에 더욱 조장된 상태로 나타나서 평균치

가 20.9mEq/L를 보였다. Actual bicarbonate도 거의 같은 경향을 제시했고 관류후에도 양 bicarbonate치는 여전히 낮은값을 나타내고 있어서 체외순환에 의한 전신관류는 중예별로 정도의 차이는 있으나 대사성산중의 경향이 불가피한것처럼 보였고 여기서 염기의 추가투여가 좀더 효과적임을 재삼 강조하게 된다. 술후에는 이러한 경향은 대개 신속한 염기투여로 교정되었었다.

RESULT - URINARY OUTPUT & CHEST DRAINAGE

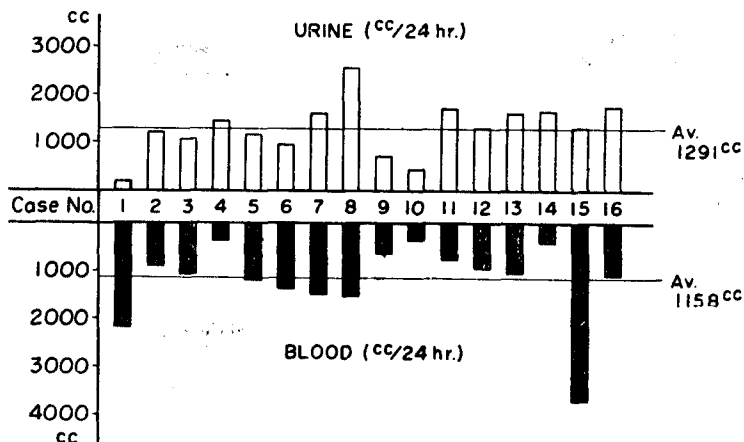


Fig. 6.

D) 혈액 총 CO₂ 함유량

관류전 평균치는 23.1mEq/L이던 것이 관류중에 19.3 mEq/L 로 감소되다가 관류후 약간 상승한 19.8mEq/L 의치를 보이다가 차츰 pCO₂의 상승과 함께 정상화 경향을 나타낸다(제9 및 10표 참조).

E) Base Excess

관류전 Base Excess 는 -2.3mEq/L(7.7 내지 +1.5 범위)이다가 관류중에 -3.6mEq/L(-7.9 내지 +2.0 범위)로 낮아지고 관류후에도 계속 낮아져서 -5.2mEq/L (-13.1 내지 -1.0범위)의 치를 보였다.

F) 혈액완충염기(Buffer Base)

완충염기 역시 관류전에 이미 정상범위(46-52mEq/L) 보다 적은치를 보여서 평균 45.1mEq/L)이다가 관류중에는 더욱 저하한 42.6mEq/L로 대사성 산증 및 호흡성 Alkalosis 때 보는 소견을 나타내며 관류후까지도 계속되고 있다(제9, 10표 참조).

이상과 같이 11예의 산염기평형의 평균치는 관류중에 pH는 상승하면서 pCO₂ 및 Buffer base, Bicarbonate 등은 감소하는 호흡성 Alkalosis 와 대사성 산증의 소견이 함께 나타남을 보였으나 전체적인 경향은 호흡성대사장애보다는 대사성산증의 소견이 현저히 나타났다가 관류 후 또는 염기투여에 의한 교정으로 정상화하고 있음을 나타냈다.

Ⅵ. 요배설량 및 출혈량

A) 요배설량

심폐기관류에 의한 개심수술후 24시간의 요배설량은 500ml 미만인 예가 2예로서(중예 1 및 10) 그중 1예(중예 1)는 관류직후 빈뇨를 나타내면서 K⁺이 3.6, 4.4 mEq/L 이던 것이 술후 24시간에는 7.1로 상승한 심한 Hyperpotassemia 상태를 보였다가 차츰 이뇨가 시작되면서 회복한예였다. 24시간 요배설량이 500ml 내지 1500ml 인 예가 8예였고 1500ml 이상이 6예 있었으며 16예의 평균 배뇨량은 1291ml로서 만족스러운 편이었다(제6도 참조).

B) 출혈량

술후 24시간의 흉관을 통하여 나온 출혈량은 제6도에 서 보는 바와 같이 평균량은 1158ml 이고 중예 15에서 만 3690의 이상출혈경향을 나타냈으며 본 중에는 검사 소견상 platelets 의 심한 감소(술전 120,000에서 술후 54,000으로)와 함께 혈액응고시간의 연장을 보였으며 그 원인이 Heparin-protamin titration 에 기인하지 않나 사료되었던 예이다.

고안 및 총괄

심폐기운영 및 혈액학적 반응

인공심폐기에 의한 전신관류법을 시행함에 있어서 가장 적절한 충전액과 충전량을 갖이고 적절한 관류량을 운영함으로써 자신의 심장과 폐로서 운영하던 생리기능을 가장 가깝게 대행시키는 것 즉 환언하면 생리적변화를 가장 적게 억제하는것이 우리의 이상이라고 하겠다. 그러므로 제외순환법의 초기에는 다량의 동종혈액을 사용하였으나 이것은 소위 동종수혈증후군(Homologous Blood syndrome)으로 인한 출후 폐울혈, 용혈현상, 신부전등의 합병증을 이르기 수 있는 폐단이 있으므로 좀더 이상적인 충전액의 사용을 연구하게 되었고 Dewall 및 Lillehei 등¹¹⁾과 Cooley⁹⁾, 그리고 Zuhdi 등⁴⁸⁾은 5% 포도당용액을 충전액으로 사용하였고 Long 등³⁰⁾은 저분자 Dextran 을, Hellström 등²¹⁾도 Rheomacrodex 를, 그리고 Miyachi 등³⁶⁾은 Lactated Ringer 액을, 또다른 저자들은 생리적식염수(Gollan 등)¹⁶⁾나 Ringer 시액을 사용하여 보고한바 있다. 그러나 이러한 혈액대용액들은 자동적으로 순환혈액을 희석하게 되며 희석된 혈액의 산소운반용량의 감소가 염여되었으나 이점에 관하여서는 Hirsch 등²²⁾에 의한 대량혈액 희석법을 사용한 제외순환시의 산소소모양의 연구에서 보면 혈액희석으로 조직관류는 장애되지 않는다는 것이 밝혀졌을 뿐만 아니라 점도(viscosity)가 낮으므로 전혈을 사용할때 보다도 모세관류가 더욱 좋고 혈관내응고(Intravascular coagulation) 및 용혈경향이 적은 이점이 있음을 밝혔다. 뿐만 아니라 혈액희석법은 충전액의 자유스러운 선택으로 전신관류로 야기되는 각종전해질의 감소를 예상하여 이를 생리적구성비율로 적절히 조절해서 사용할 수 있는 이점이 있다. Roe⁴²⁾는 실제로 소위 인공적 Plasma(2.5% Human Albumin, PH:7.4, Mixed Hct 치 : 23~25%)를 갖이고 심폐기 충전액으로 사용했음을 보고했다. 이러한 각종 충전액의 장단점은 물론 있다. 즉 Ringer's Lactate 액은 생리적용액에 가차우나 산증을 초래시킬 수 있다. 저자들은 충전액으로 Hartmann 액과 Mannitol 용액과 신선전혈을 혼합하여 여기에 관류로 야기되는 필연적인 산증경향을 예방코저 중조액(Bivon)을 첨가하였고 이때 사용된 혈액은 칼슘액과 Heparin 30mg 으로 전환시켜 사용하므로써 관류로 인하여 야기되는 산증과 전해질의 감소를 그래도 효과적으로 경감시켰다고 보는 것이다. 충전량에 관해서는 저자들마다 자유스러우나 Cooley 등⁹⁾은 체중 매 kg 당 20ml로 계산하여 사용하였고 Zuhdi⁴⁸⁾는 2ml/kg/Hr×24Hr+1/3로 계산하여 사용하였다.

관류량은 전신관류시에 조직에 적절한 산소공급을 해 줄수 있는 양이래야 하며 정상시 산소소모의 기초대사

율을 120내지 150ml/M²/Min 로, 그리고 Cardiac Index 를 3.0±0.2L/M²/Min 로 기준잡고 보면 상온하(Normothermia)에서 전신관류시엔 적어도 2.0L/M²/Min(100ml/M²/Min 의 산소소모양에 해당)가 요구된다 하겠다. Galletti⁴⁰에 의하면 상온하에서 관류량이 1.8L/M²/min 이하이면 뇌조직에 대한 관류가 부적절하다고 했고, Kirby 등²⁵과 Kawashima 등²³은 최저관류량은 2.2L/M²/Min 라고 했다. 그러나 실제로 저온법을 병용하지 않아도 전신관류의 시간이 경과함에 따라 체온이 하강하므로 신체의 대사요구량은 감소되어 관류양도 적어질 수 있다. Gordon¹⁵이 실험하와 같이 30°C의 체온에서는 산소소모량이 50%로 감소되고, 22°C에서 25%로 감소되므로 관류량도 30°C에서는 1/2로 감소시킬 수 있다고 보겠다. 저온법의 불리한 점을 드는 사람들중에는 저온하에서 혈액점도가 증가되어서 모세관관류가 장애된다고 하나 이것은 혈액희석법의 발달로 대상가능하게 된 것이다. 저자들의 경우는 저온법을 병용하지 않았음에도 관류중의 최저온도가 평균 33.7C로 하강함을 보았으며 이때의 평균 관류량은 2.4L/M²/Min 였으므로 근자에 많은 학자들³⁵이 주장하고 있는 최저관류량 즉 2.2L/M²/Min 내지 2.4L/M²/Min 의 관류량과 일치된치를 나타냄을 확인하게 되었다. 저온법하에서의 관류량은 Zuhdi 등⁴³은 체중 kg 당 20ml/Min 로, 그리고 Sealy 등⁴¹은 30kg 이하에서는 40 내지 60ml/kg/Min로, 30kg 이상에서는 20 내지 40ml/kg/Min 로 관류하여 술 후 산증이나 뇌신경계통의 장애를 초래치 않았다고 했다.

혈액희석법을 병용한 전신관류에 의한 혈액학적반응을 보면 부분관류의 시초부터 혈압이 하강하는 경향을 볼 수 있으며 이것은 동종혈액에 대한 반응으로 나타날 수 있으며 공여혈액내 백혈구나 또는 혈소판에 대한 부적합반응, 또는 혈장에 대한 면역반응으로도 설명하고 혈관운동교감신경계반사로도 설명하고 있다. 저자들의 경우 이러한 관류초기 저혈압은 완전관류로 계속 더 하강함을 보였고 시간이 흐름에 따라 차츰 상승하여 60mmHg 내지 70mmHg 의 비교적 안전한 범위에 도달함을 보았다. 이것은 동시에 정맥계 특히 Splanchnic bed 의 혈액저류현상으로도 설명될 수 있다.

관류중 혈액학적변화와 관련하여 실제로 유의되어야 할 점의 하나는 정맥관류량의 급격한 저하를 예방하거나 신속히 교정하는 것이며 이것은 수술조작을 돕기 위한 지나친 조직의 견인, 압박으로 인한 상하공정맥 캐데터의 압축이나 "튜브"의 꼬임등에 의하여 야기된다. 완전관류시에 산화기의 적은양의 충전액 level 은 특히

고관류를 실시하고 있을 경우에는 교정의 여유없이 동맥관으로 공기가 유입되거나 또는 관류속도의 급변을 초래시켜 혈압의 저하를 불가피하게 되는 경우가 있다. 또 한가지는 개심수술중의 순환혈양의 감소를 적절히 보충해주는 일이며 이것은 흉강내에 저류되는 출혈양과 cardiotomy sucker 의 흡인기나 꺼즈로 젖어나가는 실혈양과 관류중 신장을 통하여 배설되는 뇨량의 합계와 이완된 정맥계의 저류혈양을 고려하여 정확히 따취측에서나 펌프측에서 추가보충됨으로서 순환혈양의 유지가 가능하고 동맥압, 정맥압 및 관류량의 균형을 유지할 수 있어서 효과적인 조직관류를 운영할 수 있기 때문이다. Cleland 등⁶은 심장판막질환자에 대한 개심수술 예에서 관류후의 Blood volume 의 감소는 수술전의 14 내지 19%로 감소함을 보고했다.

산염기평형 및 전해질대사

조직의 대사로 인하여 끊임없이 생산되는 수소이온은 정상적으로는 세포외액 및 세포내액에서 완충되거나 폐 및 신장에서 조절되어 정상 pH를 유지하고 있으나 체외순환으로 인위적인 조직관류를 실시할 경우에는 단일관류양이 부족하면 세포에 대한 산소공급이 불충분하게 되어 세포대사산물의 증가를 야기시켜 산증을 초래하게 된다. 즉 단백질대사산물인 유산 및 인산과 지방의 불완전연소산물인 케톤산과 함유탄소의 혐기성해당(Anaerobic glycolysis) 과정에서 발생하는 유산(Lactic acid)인 것으로 이러한 각종 산성물질이 체외순환으로 증가된다는 보고는 많이 있다. 특히 Lactic acid는 관류전 과호흡(Hyperventilation)으로 증가되며 이것은 과잉호흡으로 인한 CO₂ 배설과잉으로 호흡성 Alkalosis를 야기시켜 혈액 pH는 상승시키고 pCO₂는 감소되며 HCO₃⁻도 저하시켜 혈장 HCO₃⁻를 저하시키므로 관류중에 발생하는 대사성산증의 정도는 더욱 악화되게 된다. Andersen 등¹³은 같은 High flow rate 하에서 100% 산소를 사용한군과 3% CO₂+97% O₂로 산화기를 사용하여 환기시킨 그룹에서 비교관찰한바 100% 산소사용군에서 평균 1.5mEq/L 의 Lactic Acidosis 를 보았다고 했다. 대사성산증에 영향을 주는 요소는 이밖에도 저혈당증(Hypoglycemia), Catecholamine 과잉분비, 세소순환장애의 원인이되는 혈관내용고동이 관여된다.

이러한 대사성 산증의 예방은 효과적인 관류량을 유지시켜주는 것은 물론이며 충전액의 Alkali 추가 즉 중탄산염(NaHCO₃)(7.5%) 또는 THAM(0.3%) 또는 Sodium Lactate(1/6M)를 첨가하여 사용하므로써 완충시킬수있다. Nahas³⁵, Sessler 등⁴⁵은 충전액에 THAM 을

추가사용하므로서 좋은효과를 보았다고 보고했다. 저자들의 경우는 관류전 총진액에 이미 7.5% 중조수를 50cc 또는 그이상 추가사용하였으며 그럼에도 불구하고 산중경향은 뚜렷했으며 이것은 도중에 또는 관류후에 중조수의 적양추가로서 또는 관류후 마취에서의 CO₂제함입의 보조로써 교정되었다. 저자들의 이러한 경향은 Neville 등³⁹도 지적하고 있다. 즉 그는 총진액에 중탄산염이나 THAM을 추가해도 관류 60분후에는 Hct는 25%로 그리고 Buffer base는 12mEq/L 또는 더 이상 저하함을 보았다. 실제적인면에서 교정에 사용되는 HCO₃⁻결핍양의 계산은 혈장 (HCO₃⁻-27)×1/5체중으로, 대사성산중에 필요한 Alkali 양(mEq)은 체중(kg)×0.3×(-Base Excess)로 계산된다.

제외순환으로 인한 조직에 대한 심한 저산소증때문에 야기되는 대사성산중에서 전해질이동은 세포외액의 증가된 수소이온이 세포내로 이행하는 반면에 세포내의 K⁺ 및 Na⁺은 세포외액으로 나오게 되어 완충되는 대사현상을 이르게 된다. Dewall 등¹¹은 청색증환자에서 저관류양으로 관류한바 K⁺의 증가를 보았다고 했다. 저자들의 경우 K⁺은 수술전 평균 4.4mEq/L에서 수술후에 3.7mEq/L로 일반적으로 감소하였고 3.5mEq/L 이하의 Hypopotassemia에는 16예중 5예였다. K⁺의 저하는 심근장해 및 부정맥의 원인이므로 곧 교정되어야 했다. 이러한 K⁺의 저하는 관류중 산중경향과, 동시에 진행되는 호흡성 Alkalosis와 Perfusate에 사용된 이노제(Mannitol)의 양 중 어떤 요소가 더 크게 작용하고 있는지는 분명하게 설명키힘드나 다른 전해질 즉 Na⁺과 Cl⁻도 경한 감소를 나타내고 있어서 혈액회석과 함께 이노제의 사용으로 인한 배설증가로도 보이며 또 한편 관류후 혈액색 및 Hct치의 경한 감소와 함께 상관해서 해석하면 관류전후에 특정전해질의 큰 변화가 있는 것이 아니고 전반적인 체액 또는 혈액량의 감소에 따른 전해질 전반적인 감소를 나타내는 것 같기도 보여서 이것은 향후 배설뇨중의 각종전해질 검사로서 좀더 밝혀질수 있을 것으로 본다. Litwin은²⁹ K⁺의 감소는 호흡성 Alkalosis의 대상작용이라고 설명했다.

전신관류로 인한 전해질변화를 총진액에서 조절해 보려는 노력은 총진액으로 5% 포도당용액만을 사용했을 때 볼수있는 저 Na 혈중(Hyponatremia)나 반대로 생리식염수사용시의 고 Cl 혈중(Hyperchloremia)등의 발생경험을 기초로 Neville 등³⁹은 Buffered Ringers Lactate solution을 사용함으로써, Roe⁴²는 Balanced electrolytes 및 Low Molecular Weight Dextran을 사용함으로써 관류후 전해질의 안정상태를 보았다고 보고했다.

저온하에서의 산염기평형에 관한연구가 많이 보고되어 있으며³⁸ 특히 Rewarming 시에 대사성산중을 이르게 뇌의 손상을 야기시킬수 있다고 했다. Belsey 등²은 저온하에서 pCO₂의 생성이 저하되고 심폐기를 통하여는 많이 배출되어서 pCO₂가 더욱 감소됨으로 뇌혈관의 수축과 뇌조직관류가 적어짐으로 적어도 pCO₂를 40mmHg 또는 그이상으로 유지시켜줌으로서 뇌혈관의 확장을 초래시켜 술후 뇌신경계통의 합병증을 감소시킬수있다고 했다.

출혈경향 및 이노라

관류에 따른 혈액상의 변화를 보면 Roe 등²⁴은 혈소판이 제외순환중에는 평균 50%가 감소하며 술후 5일 내지 7일 동안에 서서히 정상화한다고 했고 Gollub 등¹⁷은 사람에서 Heparin투여 그 자체가 대조군의 17 내지 60%까지 혈소판을 감소시킨다고 했다. 저자들의 경우에는 관류중의 혈소판치는 관찰하지 않았으나 관류후에는 관류전치보다 18%가 감소해 있음을 봄으로서 Sigmamotor pump의 혈구파리의 폐단은 거이 상기시키지 않았다. 물론 이것은 Cardiotomy sucker, Sucker well, 산화기의 모—는 Circuit 내에서 파괴될수 있는 가능성을 고려해야 할 것이나 중요한 것은 신선혈액의 사용에 있는것 같다. 저자의 중예에서 수술후출혈경향을 나타낸예는 중예 15에서 심했고 중예 1에서 중등도였으며 나머지는 술후 24시간평균출혈량이 약 2pint에 해당되는 것을 봄으로서 관류전후의 Heparin투여 및 중화가 적절했던 것으로 사료된다. 실제로 우리는 Heparin 대 protamin의 비율을 1:1.5로 사용함으로써 만족스러웠다.

제외순환후의 출혈경향의 요소들 Perkins 등⁴¹은 아래와 같이 요약했다. 즉 다량의 동종혈액의 사용, 적혈구 및 혈소판의 파괴에 따른 혈전성촉진물질에 의한 혈관내 응고 및 이차적으로 발생하는 섬유소용해, 부적절한 Heparin 중화, 부적합수혈, 세균독소 또는 단백질변성에 의하여 영향받는다고 했다.

제외순환시 순환혈량의 감소나 또는 저관류로인한 신혈류의 감소는 근위뇨세관에서 Na 재흡수조절을 하는 Aldosterone이나 원위뇨세관에서 수분재흡수조절을 하는 항이노홀몬(ADH)나 또는 양자의 분비를 항진시켜 노생산을 적게하므로 노농축 및 빈뇨를 초래시키며 심하면 신부전증을 야기시키게 된다. 실제로 평균 동맥압이 65mmHg 이하가 되면 오줌은 거이 만들어지지 않게 된다.

혈액회석법을 이용하면 전혈을 사용하여 전신관류를 실시할때보다 관류중 또는 관류후에 2 내지 3배의 이노

량을 보게되며 특히 Mannitol 을 사용하면 이것은 노세 관벽을 통과하지 않는 용질이므로 근위노세관의 삼투압이 상승되어 수분재흡수능력은 저하되므로 ADH의 작용이 감소되어 이뇨현상이 잘 일어나게 된다. 저자들의 중예에서는 평균치는 1291ml/24시간으로 비교적 만족스러운 이뇨량을 보였으나 중예 1에서는 심한 빈뇨를 보였고 동시에 심한 고 K⁺혈증을 보였으며 그밖에 2예에서 중등도의 노량감소를 경험하였다.

결 론

서울대학교 의과대학 흉부의과학교실에서 과거 2년 1개월간에 실시된 심폐기(Sigamotor pump 및 Rygg-Kyvsgaard 산화기) 사용 개심수술에중에서 혈액회석법을 사용하여 상온하에서 전신관류한 16예에 대하여 심폐기관류상태와 그 성적을 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 심폐기 충전액으로 신선 ACD 혈액, Hartmann 용액, 또는 1/6M Sodium Lactate 용액과 Mannitol 액을 혼합하여 여기에 Bivon과 Heparin 및 Calcium chloride 액을 첨가사용하였으며, 충전액량은 2242ml였고, 충전액의 혈액회석도는 평균 17%였다.

평균관류량은 체표면적당 2.4L/Min였고, 체중당 78ml/Min의 고관류가 시행되었으며 관류시간은 평균 56.9분이었다.

2) 심폐기 관류에 따른 동맥압의 변화는 부분관류직후 급격히 하강하고 완전관류시작으로 더욱하강하는 초기저혈압의 경향을 보였다가 차츰상승하여 관류후 평균 30분경까지는 수축기동맥압이 60mmHg 이상 70mmHg 이하를 유지하다가 그후차츰 상승하여 비교적 만족스러운 혈압을 유지했고 중심정맥압은 60분이상 관류예에서는 현저히 하강함을 보여서 순환혈양의 감소를 반영하는 것으로 보였다.

관류중 최저 평균체온은 33°7'C를 나타냈다.

3) 전신관류에 따른 혈구과피는 적혈구가 관류전치보다 8%감소하였고, 혈색소치는 12.5%, Hct 치는 3.3%로 경한 감소를 보였고, 혈장혈색소치는 관류후에 22.5mg%로 나타났으며, 혈소판은 관류전보다 18%가 감소되었고 이러한 소견들은 본 체외순환으로 혈구과피는 경하게 나타났으며 관류전후의 Heparin 투여 및 중화도 적절했던 것으로 보인다.

4) 전해질은 K⁺은 수술전 평균치 4.4mEq/L에서 수술후에 3.7mEq/L로 0.7mEq/L의 경한 감소를 보였으나 5예에서는 저 K⁺혈증의 소견을 보였다. Na⁺ 및 Cl⁻도 경한 감소를 나타냈고 이러한 전해질의 감소는 혈액

회석 및 이뇨제의 사용과 순환혈양의 감소에 비례하는 것으로 보였고 술후교정으로 정상화하였다.

5) 산염기 평형상태는 관류량이 고관류이고 충전액에 산증을 예방하기 위한 중탄산염의 추가에도 불구하고 정도 내지 중예에 따라서는 중등도의 대사성산증이 호흡성 Alkalosis와 병행하여 나타남을 관찰하였고 이것은 관류중 또는 관류후에 중탄산염의 추가로 교정되거나 호흡관리의 보조로 정상화됨을 보았다. 일반적으로 관류중 및 관류후에 대사성산증의 완충에 필요한 중탄산염의 양은 지금까지 사용한것 보다 더 증가할 필요가 있음을 알았다.

6) 저자들은 위의 선천성심장질환 및 후천성심장질환 16예에 대한 임상적 체외순환경험에서 현재 우리가 사용하고 있는 심폐기와 혈액회석법을 사용하여 상온하에서 전신관류함으로서 비교적만족스러운 관류성적을 얻었음을 확인하였으며 향후 좀더 복잡한 개심수술, 예를들면 환자 및 수술대상이 증가인로에 있는 각종심장판막이식술이나 나아가서는 장기(심장)이식수술을 예비하여 좀더 이상적인 Pump와 Monitor와 각종 생화학적검사장치의 확보가 절실히 요망됨을 강조하는 바이다.

BIBLIOGRAPHY

1. Andersen, M. N., Mendelow, M., and William-Olsson, G.: *Relationship of respiratory alkalosis to metabolic acidosis during extracorporeal circulation. Surgery*, 53:730, 1963.
2. Belsey, R. H. R., Dowlatsahi, K., and Keen, G.: *Profound hypothermia in cardiac surgery. J. Thor. Cardio. Surg.*, 56:498, 1968.
3. Björk, V. O.: *Brain damage in children after deep hypothermia for open-heart surgery. Thorax*, 15:284, 1960.
4. Blaisdell, F. W., Lim, R. C., Jr., Amberg, J. R., Choy, S. H., Hall, A. D., and Thomas, A. N.: *Pulmonary microembolism, Arch. Surg.* 93: 776, 1966.
5. Carson, S. A. A., Morris, L. E., William, K., Jones, T. W., Logan, G. A. Sauvage, L. R., Thomas, G. I.: *Acid-base management for open-heart surgery; Circulation*, 29:456, 1964.
6. Cleland, J., Pluth, J. R., Tauxe, W. N., and Kirklin, J. W.: *Blood volume and body fluid compartment changes soon after closed and open intracardiac surgery. J. Thor. Cardio. Surg.*,

- 52:698, 1966.
7. Clowes, G. H. A., Jr. : *Extracorporeal maintenance of circulation. Physiol. Rev.*, 40:826, 1960.
 8. Clowes, G. H. A., Jr., Sabga, G., Kontaxis, N., Tomin, R., Hughes, M., and Simeone, J. A. : *Effects of acidosis on cardiovascular function in surgical patients. Ann. Surg.*, 154:524, 1961.
 9. Cooley, D. A., Beall, A. C., Jr., and Grondin, P. : *Open-heart operations with disposable oxygenators, 5 per cent dextrose, and normothermia, Surgery* 52:713, 1962.
 10. Cruz, A. B. and Callaghan, J. C. : *Hemodilution in extracorporeal circulation: large or small non-blood prime? J. Thoracic and Cardiovas. Surg.* 52:690, 1966.
 11. DeWall, R. A., Lillehei, D. W. and Sellors, R. D. : *Hemodilution perfusions for open-heart surgery. Use of 5% dextrose in water for the priming volume. New England J. Med.* 266:1079, 1962.
 12. Döberneck, R. C., Reiser, M. P., and Lillehei, C. W. : *Acute renal failure after open heart surgery utilizing extracorporeal circulation and total body perfusion. J. Thor. Cardio. Surg.*, 43:441, 1962.
 13. Gadboys, H. L., Slonim, R., and Litwak, R. S. : *Homologous blood syndrome: I. Preliminary observations on its relationship to clinical cardiopulmonary bypass. Ann. Surg.*, 156:793, 1962.
 14. Galletti, P. M., and Brecher, G. A. : *Artificial blood circulation. Circulation*, 3:2123, 1965.
 15. Gibbon, J. H., and Fineberg, C. : *An improved mechanical heart-lung apparatus. Med. Clin. N. Amer.*, 37:1603, 1953.
 16. Gollan, F., Hoffman, J. E., and Jones, R. M. : *Maintenance of life of dogs below 10 C. without hemoglobin. Am. J. Physiol.*, 179:640, 1954.
 17. Gollub, S., and Ulin, A. W. : *Heparin-induced thrombocytopenia in man. J. Lab. Clin.* 59:430, 1962.
 18. Gordon, A. S., Meyer, B. W., and Jones, J. C. : *Open-heart surgery using deep hypothermia without an oxygenator. J. Thor. Cardio. Surg.*, 40:787, 1960.
 19. Hong, P. W., Lee, S. S., Hong, S. N. and Kim, S. W. : *Extracorporeal circulation combined with hypothermia and hemodilation technique. Yonsei Med. J.* 4:58, 1963.
 20. Hong, P. W., Lee, S. S., Kim, S. W., Cha, H. D. and Oh, H. K. : *Open heart surgery under extracorporeal bypass combined with moderate hypothermia and 5% dextrose priming: clinical in 10 case. J. K. M. A.* 8:357, 1965.
 21. Hellström, G., and Björk, V. O. : *Hemodilution with Rheomacrodex during total body perfusion, J. Thorac. Cardio. Surg.* 45:395, 1963.
 22. Hirsch, D. M., Jr., Hadidian, C., and Neville, W. E. : *Oxygen consumption during cardiopulmonary bypass with large volume hemodilution, J. Thorac. Cardio. Surg.* 56:197, 1968.
 23. Kawashima, Y., Fujita, T., Fujimoto, K. and Manabe, H. : *Optimum flow rate during total cardiopulmonary bypass of circulatory dynamics. J. Thoracic & Cardiovas. surg.* 48:1007, 1964.
 24. Killen, D. A. and Valades, L. G. : *correction of the metabolic acidosis associated with use of AC D-blood preserved blood cardiopulmonary bypass. J. Thoracic & Cardiovas. Surg.* 55:178, 1968.
 25. Kirby, C. K., Gianelli, S., Jr., McMichael, H., Schuder, J. C., McCaugham, J. S., Jr. and Johnson J. *Simple automatic method of blood volume control during cardiac bypass for open heart surgery A. M. A. Arch. Surg.* 78:193, 1959.
 26. 金世煥, 徐相賢, 洪弼勳 : 開心手術에 있어서 低溫灌流法. 大韓外科學會雜誌 9:241, 1967.
 27. 김종환, 최지원, 김정석, 손광현, 서경필, 이영균 : ACD 혈액회석관류의 산염기평형—Helix 및 Rygg-Kyvsgaard 산화기 사용에—, 서울의대잡지 10:65, 1969.
 23. Lillehei, C. W., DeWall, R. A., and Sellers, R. D. : *Hemodilution perfusion for open heart surgery. Use of 5% dextrose in water for the priming volume. New Eng. J. Med.*, 266:1078, 1962.
 29. Litwin, M. S., Paruco, F. G., Rubini, C., Harken, D. E., and Moore, F. D. : *Acidosis and lactacidemia in extracorporeal circulation: signifi-*

- cance of perfusion flow rate and the relation of respiratory alkalosis *Ann. Surg.*, 149:188, 1959.
30. Long, D. M., Jr., Sanchez, L., Varco, R. L., and Lillehei, C. W. : *The use of low molecular and serum albumin as plasma expanders in extracorporeal circulation. Surgery*, 50:12, 1961.
 31. 李寧均, 李永麟, 李東植, 崔秉武, 鄭垞, 李元浩, 朴京民, 趙英滌, 李燦范 : 體外循環下 心臟外科에 關한 研究. 大韓外科學會雜誌 4:1, 1962.
 32. 李永麟 : 體外循環에 關한 實驗的研究, *Medical Digest.*, 14:2071, 1962.
 33. 李逢夏 : 低溫 血液稀釋體外循環法에 關한 實驗的研究 서울의대잡지 4:33, 1963.
 34. McCaughan, J. J., Jr., and Lee, W. H., Jr. : *Hemodilution with deep hypothermia and circulatory stasis, Circulation* 29:67, 1964.
 35. Melrose, D. G. : *A mechanical heart-lung for use in man, Brit. Med. J.* 2:57, 1953.
 36. Miyauchi, Y., Inoue, T. and Paton, B. C. : *Comparative study of priming fluids for two-hour hemodilution. J. Thoracic and Cardiovas. Surg.* 52:413, 1966.
 37. Mielke, J. E., Hunt, J. C., Maher, F. F., and Kirklin, J. W. : *Renal performance during clinical cardiopulmonary bypass with and without hemodilution. J. Thor. Cardio. Surg.*, 51:229, 1966.
 38. Nahas, G. G., Malm, J. R., Manger, W. M., Verosky, M., and Sullivan, S. F. : *Control of acidosis and the use of titrated ACD blood in open heart surgery, Ann. Surg.* 160:1, 049, 1964.
 39. Neville, W. E., Faber, L. P., and Peacock, H. : *Total prime of the disc oxygenator with Ringer's and Ringer's lactate solution for cardiopulmonary bypass. Dis. Chest*, 45:320, 1964.
 40. 朴京民 : 體外循環下 酸鹽基平衡 및 電解質變動에 關한 實驗的研究, 中央醫學 13:163, 1967.
 41. Perkins, H. A. : *Postoperative coagulation defects, Anesthesiology* 27:456.
 42. Roe, B. B., Hutchinson, J. C., and Swenson, E. E. : *Bulle oxygenation exceeding two hours in 180 patients, Ann. Thorac. Surg.* 5:183, 1968.
 43. Salzman, E. W. : *Blood platelets and extracorporeal circulation. Transfusion*, 3:274, 1963.
 44. Sealy, W. C., Young, W. G., Jr., Brown, I. W., Jr., Smith, W. W., and Le Sage, A. M. : *Profound hypothermia combined with extracorporeal circulation for open heart surgery, Surgery* 48:432, 1960.
 45. Sessler, A. D., Taswell, H. F., Moffitt, E. A. and Kirklin, J. W. : *Heparinized versus acid-citrate dextrose blood for cardiopulmonary bypass. Mayo Clin. Proc.* 40:859, 1965.
 46. Spencer, F. C., Rossi, N. P., Yu, S. C., and Koepke, J. A. : *The significance of air embolism during cardiopulmonary bypass, J. Thorac. Cardio. Surg.* 49:615, 1965.
 47. Zuhdi, N., McCollough, B., Carey, J. and Krieger, C. : *Hypothermia perfusion for open heart surgical procedures. Report on the use of a heart lung machine primed with five per cent dextrose in water inducing hemodilution. J. Internat. Coll. Surgeons.* 35:319, 1961.
 48. Zuhdi, N., Carey, J., Sheldon, W., and Greer, A. : *Comparative merits and results of prime of blood and 5% dextrose in water for heart-lung machine; Analysis of 250 patents; J. Thorac. and Cardiovas. Surg.*, 47:66, 1964.