

상온하 혈액희석 체외순환에 있어서 혈액 GAS 동태에 관한 실험적 연구***

박희철* · 광문섭* · 김세화* · 이홍균**

- Abstract -

Experimental Studies of the Blood Gas Transport during Normothermic Hemodilution Perfusion

Hee Chul Park, M.D.,* Moon Sub Kwack, M.D.,* Se Wha Kim, M.D.*
and Hong Kyun Lee, M.D.**

Extracorporeal circulation by hemodilution technique has been currently used with its clinical safety and good peripheral tissue perfusion in open heart surgery. There is no doubt that O₂ carrying capacity of the blood is disturbed by decreased hemoglobin level resulting from hemodilution of the circulating blood.

From the view point of the blood gas exchange, these experimental studies were undertaken to determine the safe limit of hemodilution in the condition of cardiopulmonary bypass with a constant perfusion flow rate.

Twelve adult mongrel dogs weighing 10 to 13 Kg. were anesthetized with pentobarbital and then respiration was controlled with Harvard volume respirator using room air.

The cardiopulmonary bypass was performed by use of Sarns heart lung machine (console 5000, 5 head and 2 roller pumps) and Travenol pediatric bubble oxygenator. The perfusion rate during bypass was maintained at a constant rate of 80 ml/min/Kg of body weight. The ratio of oxygen gas flow to blood flow was kept in 3 to 1 constantly.

International hemodilution was attained by serial blood withdrawals and immediate infusion of equal volumes of diluants composed of Ringer's lactate, 5% dextrose in water and 25% mannitol solution, proportionally 60%, 30%, and 10%. Arterial and venous blood samples were obtained between 15 and 20 minutes following each hemodilution. Hematocrits and hemoglobin values, PO₂, PCO₂ and pH were measured. Oxygen and carbon dioxide contents, oxygen consumption and carbon dioxide elimination were calculated groups according to different hematocrit values and the correlations were evaluated.

Results were as follows.

1. The arterial O₂ tension and O₂ saturation were maintained at the physiological level irrespective of the hematocrit value.

2. The venous O₂ tension and O₂ saturation showed a tendency to decline with the decrease in hematocrit value and positive correlation between them ($r = +0.49$, $r = +0.76$). The mean values of venous O₂ tension and O₂ saturation, however, were not decreased when the hematocrit levels were lower than 20%.

* 가톨릭의과대학 흉부외과학교실

*** 본 논문은 80년도 가톨릭중앙의료원 학술연구비에 의한 것임.

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Catholic Medical College.

** Chair Man of the Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Catholic Medical College.

3. The arterial O₂ content declined linearly in proportion to the fall of hematocrit level with a positive correlation between them (r = +0.95).

4. The venous O₂ contents were decreased gradually as the hematocrit value decreased with positive correlation between them (r = +0.89). The trend of diminution of venous O₂ content, however, was became low according to progressive decrease of hematocrit level.

5. Systemic oxygen consumption was in higher range than O₂ requirement of basal metabolism when the hematocrit value was above 20%, but abruptly decreased when the hematocrit value became to below 20%.

6. The arterial CO₂ tension and CO₂ content showed trend of increasing with progressive decrease of hematocrit value but exhibited a rather broad range and there was no relationship between those value and the hematocrit value.

7. The venous CO₂ tension and CO₂ content have also no correlation with change of Ht. value but related directly to those value of arterial blood with positive correlation between them (r = +0.78, r = +0.95).

8. A-V difference of CO₂ content and CO₂ elimination was not significantly influenced by Ht. value.

From the results, we obtained that feasible limit in intentional hemodilution is above the hematocrit value of 20% under the given experimental condition.

서 론

개심술에 있어서 혈액회석 체외순환법은 말초 순환을 양호히 유지하려고 하는 적극적인 목적과 용혈의 경감 및 수술 간염방지의 목적으로 현재 임상에서 널리 활용되고 있으며 회석액으로는 목적에 따라서 단시간에 순환제로부터 탈출되는 전해질액과 비교적 장시간 혈관내에 머물러 있는 plasma expander¹⁶⁾ 또는 plasma등이 있으며 이들의 장단점에 따라 취사선택 또는 적당히 혼합하여 사용하고 있는것이 현황이다.

체외순환에 있어서 혈액회석율과 관류량에 관하여 Roe²⁵⁾ 등은 관류지수 2.1~2.4 l/m²/min에서는 Ht 치를 20~25%에 유지하는것이 좋다고 하였으며 현재 많은 시설에서 회석율 20% 전후 Ht치 25~30%의 회석법이 이용되고 있으나 혈액 gas 동태면에서 혈액회석도의 안전범위에 대한 연구는 드물며 결정적인것은 없다.

본교실에서는 교실에서 사용하는 회석액을 이용한 혈액회석 체외순환에서 Ht치의 변화에 따른 혈액 gas값의 변화를 관찰하고 O₂와 CO₂의 운반능력을 구함과 동시에 상온하에서 혈액회석의 안전한제를 실험적으로 검토하였다.

연구재료 및 실험방법

체중 10~13 Kg의 잡견 12마리를 사용하여 펜로바비탈 25 mg/kg을 정맥내 주입 전신마취를 하고 실내공기

에 의한 Harvard volume respirator로 호흡관리를 하였다. 흉골형절개로 개흉하고 상해대정맥으로 부터 탈혈 인공심폐기를 통하여 상해대동맥에 송혈하였다. 인공심폐기는 Sarn's console 5000, 2 roller pump와 Travenol bubble type oxygenator를 사용하였다.

상온하에서 관류량은 80 cc/kg/min, 산소유량은 관류량의 3배로 투입하였다.

회석액은 Hartmann's Solution을 기조로 5% 포도당액과 25% Manitol액을 각각 60:30:10의 비율로 사용하고 체외순환 매 20분마다 단계적으로 순환혈액의 Ht치를 떨어뜨리기 위하여 회석액을 인공심폐기에 주입하면서 순환혈액을 탈혈장치로 부터 제거하였다.

검 사 방 법

동정맥혈 채취는 관류개시후 15~20분과 각 혈액회석 후 15~20분에 하였다. 검사는 Hb량 Ht치를 측정하고 P_{O₂}, P_{CO₂}, PH는 혈액분석기로 측정하여 S_{O₂}를 산출하였다. CO₂는 술식 1로부터 구하였고 CCO₂는 Siggaard-Andersen lignment nomogram을 이용하여 산출하였다.

$$CO_2 = 1.34 \times Hb \times \frac{SaO_2}{100} + 0.003 \times PO_2 \quad (1)$$

다음 전신 O₂ 소비량과 CO₂ 배설량은 각각 다음식에 의하여 구하였다.

전신 O₂ 소비량 =

관류량(ml/kg/min) × 동정맥혈 O₂ 함량교차(vol%)

100

전신 CO₂ 배설량(ml/kg/min)

$$= \frac{\text{관류량(ml/kg/min)} \times \text{동정맥혈 CO}_2 \text{ 함량교차(vol \%)}}{100}$$

성 적

혈액회석의 지표인 Ht 치에 따라서 6군으로 분류하여 혈액 gas 값과 O₂ 및 CO₂의 운반능력을 관찰하였다 (Table 1).

1) 동정맥혈 O₂ 동태와 Ht 치와의 관계

동맥혈의 O₂ 포화도는 전예가 90% 이상이었고 평균 98.2 ± 2.9%로 Ht 치 저하에 따라 상승하는 경향은 보였으나 이들 사이에 상관관계는 없었다. 그러나 동맥혈 O₂ 함량은 4.33~19.51 Vol % 사이에 있었으며 Ht 치의 저하에 따라서 동맥혈함량은 점차 감소를 보였으며 이들사이에는 직선적인 상관관계가 있었다 (r = +0.95).

환류정맥혈의 O₂ 분압은 20~58 mmHg 사이에 있었고 Ht 치의 저하에 따라서 환류정맥혈의 O₂ 분압도 감소를 보였으며 양자사이에는 상관관계가 있었다 (r = +0.49). 정맥혈의 O₂ 포화도는 29~79% 사이에 비교적 고르게 분포하고 있었으나 Ht 치의 저하에 따라서 감소하여 양자사이에서 비례적인 상관관계를 볼수 없었다 (r = +0.76). 그러나 환류정맥혈의 O₂ 분압에서와 같이 Ht 치 15% 이하에서는 오히려 상승하는 것도 있었다.

환류정맥혈 O₂ 함량은 2.1~14.8% 범위에 있었으며 Ht 치 저하에 따라서 정비례로 감소하는 상관관계를 보였다 (r = +0.89).

그리고 동맥혈 O₂ 함량은 Ht 치의 저하에 따라 감소하는 폭이 큰 반면 정맥혈 O₂ 함량은 Ht 치가 저하함에 따라 그 감소 폭이 적으며 점차로 둔화됨에 따라서 동정맥혈 함량교차도 Ht 치의 저하에 따라 감소함을 알수 있었다 (Fig 1).

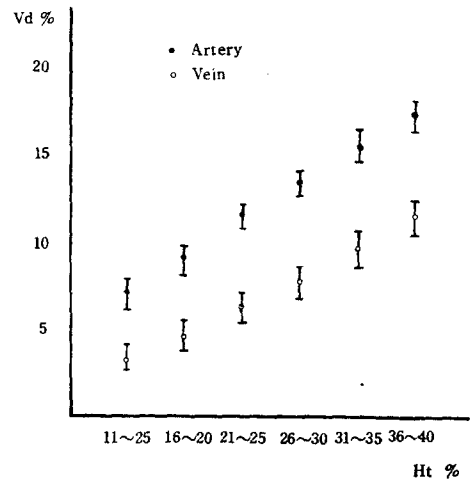


Fig. 1. Arterial and venous O₂ Content with Ht.

2) 전신 O₂ 소비량과 Ht 치와의 관계

이 실험은 상온하에서 관류량을 일정하게 유지하면서 혈액회석율만 변화 시켰기 때문에 동정맥혈 함량교차는 전신 O₂ 소비량과 평행하게 된다.

전신 O₂ 소비량은 2.25 cc/kg/min, 26.86 cc/kg/min 사이였으며 Ht 치가 21%로 저하하기까지는 별로 감소하지 않았으나 Ht 치가 20% 이하로 저하함에 따라서는 급격한 감소를 보였다. 즉 Ht 치가 21% 이상의 4군에서는 각 군간 산소소비량의 평균치 사이에는 통계적인 유의차를 볼수 없었으며 이들 4군의 평균 O₂ 소비량은 4.53 ± 0.38 cc/kg/min 인데 반하여 Ht 치가 16~20%인 군에서는 O₂ 소비량이 3.72 ± 0.29 cc/kg/min 로 양자사이에는 통계적으로 유의차를 보였다 (p < 0.01). 그리고 Ht 치가 11~15%군에서도 산소소비량이 3.04 ± 0.21로 더 감소하여 통계학적으로 유의차 (p < 0.01)를 보였다 (Fig 2).

Table 1. Blood gas values & O₂ consumption with various Ht. during hemodilution perfusion.

Ht. (%)	36 ~ 40	31 ~ 35	26 ~ 30	21 ~ 25	16 ~ 20	11 ~ 15
PvO ₂ (mmHg)	36.5 ± 1.8	35.1 ± 2.0	33.8 ± 2.1	32.3 ± 2.3	30.5 ± 2.4	31.5 ± 2.8
SaO ₂ (%)	97.2 ± 1.8	97.6 ± 1.6	98.0 ± 1.1	98.3 ± 0.9	98.5 ± 0.6	99.0 ± 0.5
SvO ₂ (%)	64.8 ± 2.2	61.4 ± 3.3	58.0 ± 3.9	53.5 ± 4.1	45.9 ± 3.7	46.0 ± 3.6
CaO ₂ (Vol. %)	17.24 ± 1.23	15.31 ± 1.02	13.32 ± 0.80	11.38 ± 0.65	9.07 ± 0.51	6.96 ± 0.58
CvO ₂ (Vol. %)	11.44 ± 1.15	9.54 ± 0.95	7.75 ± 0.73	5.96 ± 0.63	4.43 ± 0.48	3.15 ± 0.26
VO ₂ (ml/kg/M)	4.64 ± 0.41	4.59 ± 0.41	4.45 ± 0.38	4.34 ± 0.31	3.72 ± 0.29	3.04 ± 0.21

All values are mean ± standard error

PvO₂: venous O₂ tension, SaO₂: arterial O₂ saturation, SvO₂: venous O₂ saturation, CaO₂: arterial O₂ content, CvO₂: venous O₂ content, VO₂: O₂ consumption

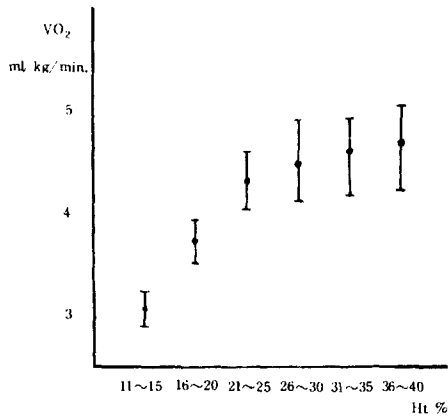


Fig. 2. Relationship between O₂ Consumption and Ht.

3) 동정맥혈 CO₂ 동태와 Ht 치와의 관계

동맥혈 CO₂ 분압은 14~54 mmHg 사이에 CO₂ 함량은 18.7 Vol % ~ 88.5 Vol %의 넓은 범위에 고루 분포하여 있었으며 Ht 치 저하에 따라서 상승하는 경향을 보였으나 Ht 치와의 사이에 일정한 상관관계는 찾아볼 수 없었다 (Table 2).

정맥혈의 CO₂ 분압과 CO₂ 함량은 동맥혈의 CO₂ 분압과 CO₂ 함량에서와 같이 Ht 치의 저하에 따른 CO₂ 분압과 CO₂ 함량의 평균치는 상승을 나타냈으나 정맥혈의 CO₂ 분압은 26 mmHg - 83 mmHg 사이에 CO₂ 함량은 18.5 ~ 73.3 Vol %의 넓은 범위에 Ht 치와의 관계없이 고루 분포하고 있어서 이들 사이의 상관관계는 찾아볼 수 없었다.

그러나 환류정맥혈의 CO₂ 분압은 동맥혈 CO₂ 분압이 높을 때 높은 값을 보이고 낮을 때 낮은 값을 보이는 정비례의 상관관계를 보였고 ($r = +0.78$), 정맥혈의 CO₂ 함량도 동맥혈의 CO₂ 함량에 따라 평행해서 증감하였으며 이들 양자사이에는 밀접한 상관관계가 있었다 ($r = +0.95$) (Fig 3).

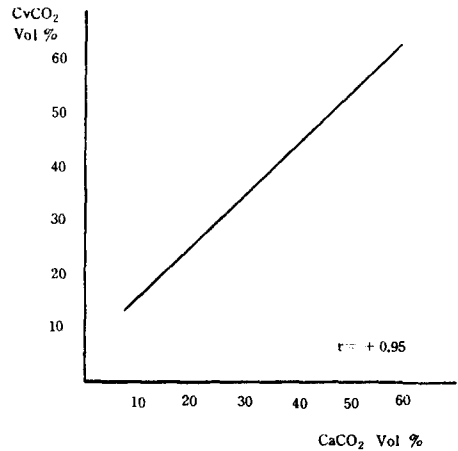


Fig. 3. Relationship between Arterial and Venous CO₂ Content.

4) 전신 CO₂ 배설량과 Ht 치와의 관계

전신 CO₂ 배설량은 상온하에서 관류량을 일정하게 유지하였으므로 동정맥혈 CO₂ 함량교차와 평행한다. 따라서 동정맥혈의 CO₂ 분압 및 함량은 Ht 치와의 일정한 상관관계가 없는 것과 같이 동정맥혈 CO₂ 함량교차도 1.3 ~ 11.5 Vol %의 범위내에서 Ht 치와의 사이에 일정한 관계없이 널리 분포하고 있었으며 CO₂ 배설량과 Ht 치 사이에도 일정한 상관관계 없었다 (Fig 4).

고 안

인공심폐기를 이용한 체외순환에서 1953년 Gibbon⁹⁾이 임상에서 처음으로 심방중격 결손을 지시하 봉합 패쇄하는 개심술을 성공한 이래 체외순환은 개심술을 위한 불가결의 수단이 되었다.

체외순환의 임상응용에 있어서 초기에는 인공심폐기에 전혈을 충전하는 전혈충진 체외순환을 하였으나 혈액의 절감과 대량수혈의 부작용인 출혈경향^{23,26)} 혈청 간염

Table 2. Blood CO₂ gas value & CO₂ elimination with various Ht. during hemodilution perfusion.

Ht. (%)	36 ~ 40	31 ~ 35	26 ~ 30	21 ~ 35	16 ~ 20	11 ~ 15
PaCO ₂ (mmHg)	33.1 ± 4.5	34.5 ± 4.3	37.6 ± 3.1	39.8 ± 2.5	44.5 ± 2.6	42.5 ± 3.5
PvCO ₂ (mmHg)	38.5 ± 4.6	41.5 ± 4.2	46.9 ± 3.5	52.8 ± 3.1	59.5 ± 2.8	59.0 ± 4.2
CaCO ₂ (Vol. %)	39.9 ± 3.2	42.7 ± 3.3	45.4 ± 2.6	46.6 ± 2.3	49.9 ± 2.8	47.7 ± 4.8
CvCO ₂ (Vol. %)	44.5 ± 3.2	47.2 ± 3.9	51.0 ± 2.5	52.9 ± 2.8	56.0 ± 3.2	52.8 ± 5.2
VCO ₂ (ml/M/kg)	3.69 ± 0.57	0.60 ± 0.45	4.47 ± 0.64	5.04 ± 0.43	4.87 ± 0.40	4.08 ± 0.51

All values are mean ± standard error

PaCO₂: arterial CO₂ tension, PvCO₂: venous CO₂ tension, PCO₂: A-V difference of CO₂ tension, CaCO₂: arterial CO₂ content, CvCO₂: venous CO₂ content, VCO₂: CO₂ elimination.

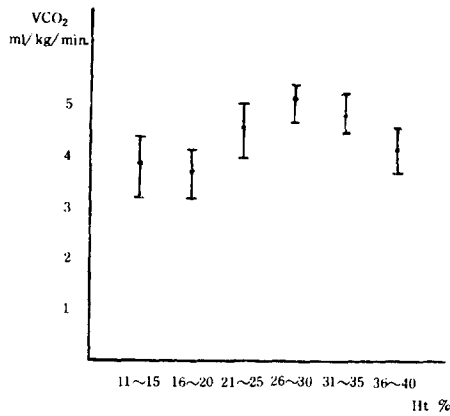


Fig. 4. Relationship between CO₂ elimination and Ht.

동종혈 증후군^{1,15)} 등의 합병증이 지적되어 이에 대한 해결책으로 1959년부터 인공심폐기에 혈액이외의 액체를 충전하는 무혈충진과^{19,28)} 혈액에 회석액을 첨가하여 충전하는 회석혈액충진에¹⁶⁾ 의한 혈액회석 체외순환법이 도입되었다.

혈액회석체의 순환법은 동물실험 및 임상에서 말초순환의 개선, 용혈의 경감등^{16,20,29)}의 이점이 확인됨에 따라 현재 널리 활용되고 있으며 회석액으로는 Ringer's lactate solution^{10,12,25)}, 5% 포도당액^{5,28)}, 생리적 식염수¹⁹⁾, low molecular weight dextran^{6,16)}, plasma 등 여러 종류가 이용되고 있으며 용혈의 방지 신부전 예방의 입장에서 mannitol 을 충전액에 추가하기도 한다. 그러나 English⁷⁾ 등, Webber 등²⁷⁾은 각각 Ht 치를 30%와 20%의 회석으로 체외순환을 시행하고 colloid osmotic pressure의 저하와 이에 따른 수분의 혈관외로의 이동을 보았으며 또한 혈액회석에 의한 장애의 하나로 산염기의 불균형이 거론되어 그 대책으로서 회석액의 종류의 검토, PH교정의 필요성이 강조되어 왔다^{20,29)}.

체외순환에 있어서 대사성산증의 원인으로는 인공심폐 장치의 충전에 사용되는 혈액 및 회석액에 의한 것, 체외순환중 조직의 hypoxia에 따른 anaerobic metabolism과 산성물질의 처리능력의 저하등을 들 수 있으며 관류량과 동맥혈중 산염기 평행의 변화에 대하여 Clowes 등³⁾, Paneth²²⁾ 등은 관류량과 acidosis의 정도는 역비례한다고 하였다. 또한 회석혈액체외순환에 있어서 anaerobic metabolism은 혈액회석에 의한 Hb의 감소로 생기는 O₂ 반응의 감소를 생각할 수 있으며 이의 교정이 이론적으로는 관류량의 증가로 가능하며 어느정도까지는 교정할 수 있겠으나 체외순환이라고 하는 특수조건하에서는 혈액성분의 손상, 생리적인면, 혈행부분, 혈행동태면에서도 관류량에는 적정한도가 있으며 관류량을 과도히 증가하는

것은 생체에 있어서 유리한 방법은 못된다. 그리고 이들 회석액의 공통점은 산소반응을 갖고있지 않기 때문에 혈액회석의 정도에도 한계를 갖게된다. 따라서 혈액회석과 저류량의 관류는 양립하지 못하며 양자로부터 발생할수 있는 저산소상태를 대사억제로 방지하려고 하는 것이 저체온법이나 여기에도 여러가지 제약은 있다. Litwak¹⁴⁾ 등은 20°C~30°C의 중등도 저체온을 병용하더라도 회석율 50%에서는 관류개시 직후의 O₂ carrying capacity의 감소에 대하여 고류량의 관류를 요하였다고 보고하고 Neville²¹⁾는 평균 Ht치 24%의 혈액회석체의 순환을 하고 Ht치를 20%이상 유지하는것이 좋다고 하였다.

일정한 관류량을 가지고 상온하에서 회석혈액체의 순환을 시행한 본 실험에서는 혈액회석이 O₂ 소비량에 미치는 영향을 보면 Ht치가 20% 전까지는 전혈에 의한 체외순환시의 산소소비량⁸⁾과 일치하여 일정범위내에 유지되어 있었으며 Ht치가 20%이하에서는 O₂ 소비량이 급격히 감소하여 basal oxygen requirement이하로 떨어졌다. 즉 Ht 20% 이전까지는 Ht치의 저하에 의한 동맥혈 O₂ 함량의 감소와 함께 평행하여 정맥혈 O₂ 함량도 감소하여 동정맥혈 O₂ 함량교차가 일정하게 유지되었으며 정맥혈 O₂ 분압은 Ht치의 저하에 따라 하강을 보이거나 그 경향은 정맥혈 O₂ 포화로나 O₂ 함량의 경우처럼 저명하지는 않다. 따라서 어느 이하의 O₂ 분압범위에서는 조직으로 산소가 확산할수 없으며 정맥혈 산소포화도를 저하시키는데도 제한을 받게된다. 따라서 생체는 이러한 범위의 O₂ 분압에서는 산소소비량을 일정하게 유지하기 위해서는 O₂ 해리곡선을 우방으로 이동시킴으로 필요한 동정맥혈 산소함량교차를 얻고자 하는 것이라고 생각되어진다^{17,18)}.

O₂ 해리곡선을 우방에 이동시키는 인자는 acidemic (increased H⁺), hyperthermia (fever), hypercarbia (increased Pco₂), increased 2,3-D.P.G.²⁾이며 또 하나의 인자는 빈혈이 알려져 있다^{13,24)}. 혈액회석은 acute anemia이며 이에 의한 O₂ 해리곡선의 우방이동이 추측되며 본 실험에서 Ht치 저하에 따라 pH가 저하하였으며 특히 정맥혈의 pH저하가 더 현저하였다. 또한 동정맥혈 CO₂ 분압교차는 Ht치의 저하에 따라서 증대해 있었다. 이와같이 pH의 저하 CO₂ 분압의 상승, 빈혈은 O₂ 해리곡선을 우방에 이동시켜 혈액이 모세관을 통과할때 Hb으로부터 O₂의 해리를 보다 쉽게하여 동정맥혈 O₂ 함량교차를 유지한다고 할수 있겠다.

한편 Ht치가 20% 이하의 혈액회석 체외순환에서는 동맥혈 O₂ 함량이 계속 감소하는데 반하여 정맥혈 O₂ 함량은 그 감소속이 적으며 완만하여 동정맥혈의 O₂ 함량교차가 급격히 감소하였으며 정맥혈의 O₂ 분압과 산소

포화도는 Ht치가 15%이하에서는 오히려 상승함은 볼 수 있었는데 이는 생체가 O₂ 공급의 부족을 대상기전에 의하여서도 대상할수 없는 즉 조직이 O₂를 섭취할수없는 상태로 되어감을 나타내는 것이라 할 수 있겠다.

CO₂ 운반은 주로 HCO₃⁻ 나 carbamino CO₂ 등의 결합 CO₂에 의하여 이루어지며 이들은 적혈구내의 carbonic anhydrase나 Hb에 의하여 형성되므로 혈액회석에 의하여 적혈구가 감소하면 CO₂ 운반능력은 장애를 받게되리라 생각된다⁴⁾. 그러나 본 실험에서는 동정맥혈의 CO₂ 분압 CO₂ 포화도 CO₂ 함량 및 CO₂ 배설량은 혈액회석에 의한 Ht치의 변동과의 사이에 일정한 상관관계를 볼 수 없었다. 그리고 정맥혈의 CO₂ 분압은 동맥혈의 CO₂ 분압에 따라 증감하였으며 Ht치와는 상관관계가 없었고 다만 Ht치가 저하된 경우 정맥혈분압이 더 상승하는 현상을 보였으나 이는 Ht치의 저하에 따른 Hb의 완충능력의 감소로 HCO₃⁻의 형성이 장애되어지기 때문이라 생각되며⁴⁾ 정맥혈의 CO₂ 분압의 상승은 pH의 저하와 일치하여 CO₂ 배설을 일정하게 유지하기 위한 생체의 대상기전이라 생각 되어진다.

결 론

잡종성견을 이용 상온하에서 관류량을 80 cc/kg/min로 일정하게 유지, 혈액회석체의순환을 시행하고 혈액 gas동태를 검토하였다.

1. 동맥혈 O₂ 분압과 O₂ 포화도는 Ht치와 관계없이 생리적 범위에 유지되었고 정맥혈의 O₂ 분압과 O₂ 포화도는 Ht치의 저하에 따라 감소하였으나 Ht치가 20%이하에서는 오히려 상승을 보이는것도 있었다.

2. 동맥혈 O₂ 함량은 Ht치의 저하와 함께 직선적으로 감소하였으며 정맥혈의 O₂ 함량도 Ht치의 저하에 따라서 감소하였으나 동맥혈에 비하여 그 감소폭이 적었으며 Ht치가 20%이하에서는 그 감소가 완만하였다.

3. 전신 O₂ 소비량은 Ht치가 20%이전까지는 basal oxygen requirement를 충족시키는 일정범위에 유지되었으나 Ht치 20%이하에서는 급격한 감소를 보였다.

4. 동맥혈 CO₂ 분압과 CO₂ 함량은 Ht치와 일정한 상관관계가 없었으며 환류정맥혈의 CO₂ 분압과 CO₂ 함량은 동맥혈의 CO₂ 분압과 CO₂ 함량의 증감에 따라 증감하였을뿐 동정맥혈의 CO₂ 함량교차나 CO₂ 배설량도 전연 Ht치에 영향을 받지 않았다.

REFERENCES

1. Allen, G.H., Dawson, D., Soyman, W.A., Humpreys, E.M., Benham, R.S. and Havens, I. : *Blood Transfu-*

sions and Serum hepatitis use of monochloroacetate as Antibacterial agent in plasma. Ann. Surgery, 150: 455, 1959.

2. Barry A. Shapiro, Ronald A. Harrison, and John R. Walton : *Clinical application of blood gases. 2nd ed., Year Book Medical Publishers, Chicago, London, 1977.*
3. Clowes, G.H.A., Neville, W.W., Sabga, G. and Shibota, Y. : *The Relationship of Oxygen consumption, Perfusion Rate and Temperature to the acidosis Associated with Cardiopulmonary Bypass, Surgery, 44:220, 1958.*
4. Comroe, J. H. : *Transport and elimination of carbon dioxide in physiology of respiration. Year Book Medical Publishers. Chicago.*
5. Cooley, D.A., Beall, A.C. Jr. and Grondin, P. : *Open heart operation with disposable oxygenators, 5 percent dextrose prime and normothermia. Surgery, 52:713, 1963.*
6. Drake, C.T., F. Macalad and F.J. Lewis. : *The effect of Low Molecular Weight Dextran upon the blood flow during Extracorporeal circulation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 42:735, 1961.*
7. English, T.A.H., Stan Degerness, B.A. and Kirklin, J.W. : *Change in Colloid Osmotic Pressure during and shortly after open Intracardiac operation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 61:338, 1971.*
8. Galletti, P.M. and Brecher, G.A. : *Oxygen need and perfusion flow requirements in heart lung bypass. New York, Grune and Stratt, 1962.*
9. Gibbon, J.H. Jr. : *Application of a mechanical heart and lung appayatus to cardiac surgery. Minesota Med., 37:171, 1954.*
10. Gollan, F., P. Blos and H. Schuman : *Studies on Hypothermia by means of a pump oxygenator. Amer. J. Physiol. 171:331, 1952.*
11. Hegarty, J.C. and W.M. Stahl : *Homorogous Blood Syndrome. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 53:415, 1967.*
12. Hood, R.M., Dooley, B.N., Campbell, D.C., Nichols, R.J. Jr. and Kaveney, R.E. : *Hemodilution disc oxygenator perfusion. Ann. Thorac. Surg., 1:370, 1965.*
13. Kennedy, A.C. and Valtis, D.J. : *The Oxygen Dissociation Curve in anemia of various tyeps. J. Clin. Invest., 33:1372, 1954.*
14. Litwak, R.S., Slonim, R., Wisoff, B.G. and Gadboys,

- H.L. : *High flow total body perfusion utilizing diluted perfusate in large prime system. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 49:74, 1965.
15. Litwak, R.S., Wisoff, R. and Gadboys, H.L. : *Homologous Blood Syndrome during Extracorporeal Circulation in man II: Phenomena of sequestration and desequstration. New Eng. J. Med.*, 268:1377, 1963.
 16. Long D.M. Jr., Sondrez, L., Varco, R.L. and Lillehei, C.W. : *The use of low molecular weight dextran and serum albumin as plasma expander in extracorporeal circulation. Surgery*, 50:12 1961.
 17. Mitchell, J.H., Sproule, B.J. and Chapman, C.B. : *The physiological meaning of the maximal oxygen intake test. J. Clin. Invest.*, 37:538, 1958.
 18. Murray, J.F. : *Venous oxygenation and circulatory responses to oxygen inhalation in acute anemia. Am J. Physiol.*, 207:228, 1964.
 19. Neptune, W.B., J.A. Bougas and F.G. Panice : *Open heart surgery without the need for donor-blood priming in the pump oxygenator. New Eng. J. Med.*, 263:111, 1960.
 20. Neville, W.E., Faber, C.P. and Peacock, H. : *Total prime of the disc oxygenator with Ringer's lactate solution for cardiopulmonary bypass: Clinical and experimental observation. Dis. Chest.*, 45:320, 1964.
 21. Neville, W.E., Maben, H., Colby, O. and Peacock, H. : *Total prime of the large volume disc oxygenator. Ann. Thorac. Surg.*, 1:575, 1965.
 22. Paneth, M., Sellers, R., Gott, V.L., Weirich, W.L., Allen P., Read, R.C. and Lillehei, C.W. : *Physiologic studies upon prolonged cardiopulmonary bypass with the pump oxygenator with particular reference to (1) acid balance, (2) Siphon caval drainage. J. Thorac. Surg.*, 34:570, 1957.
 23. Perkins, H.A., Osborn, J.J. and Gerbode, F. : *The management of abnormal bleeding following extracorporeal circulation. Ann. Int. Med.*, 51:658, 1959.
 24. Rodman, T., Close, H.P. and Purcell, M.K. : *The oxyhemoglobin dissociation curve in anemia. Ann. Int. Med.*, 52:295, 1960.
 25. Roe, B.B., Hutchinson, J.C. and Swellson, E.E. : *High flow body perfusion with calculated hemodilution. Ann. Thorac. Surg.*, 1:581, 1965.
 26. von Kaulia, K.N. and Swan, H. : *Clotting deviation in man during cardiac bypass: fibrinolysis and circulating anticoagulant. J. Thorac. Surg.*, 36:519, 1958.
 27. Webber, C.E. and Garnett, E.S. : *The relationship between colloid osmotic pressure and plasma proteins during and after cardiopulmonary bypass. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 65:234, 1973.
 28. Zuhdi, N.B., McCollough, J. Carey and A. Gree : *Double-helical reservoir heart lung machine. Arch. Surg.*, 82:320, 1961.
 29. Zuhdi, N., Carey, J., Sheldon, W. and Greer, A. : *Comparative merits and results of primes of blood, five percent dextrose in water for heart-lung machines: Analysis of 250 patients. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 47:66, 1964.