

개를 이용한 체외순환 모델에서 혈압의 변동이 주요 장기로의 혈류분포에 미치는 영향

연세대학교 의과대학 마취과학교실, *흉부외과학교실

곽영란 · 박영환* · 남상범 · 오영준 · 김승호 · 홍용우

= Abstract =

Role of Perfusion Pressure in Major Organ Blood Flow during Cardiopulmonary Bypass in Canines

Young Lan Kwak, M.D., Young Hwan Park, M.D.*, Sang Beom Nam, M.D.
Young Jun Oh, M.D., Seung Ho Kim, M.D., and Yong Woo Hong, M.D.

Departments of Anesthesiology and *Cardiac Surgery, Yonsei University
College of Medicine, Seoul, Korea

Background: There has been no report about the effects of blood pressure (BP) on the change of blood flow (BF) to major organs when pump flow is maintained during cardiopulmonary bypass (CPB). We evaluated the changes of the BF and oxygen consumption of major organs when BP was controlled by vasopressors or vasodilators during CPB.

Methods: Carotid, femoral, hepatic and renal arteries and veins were exposed and arteries were cannulated for pressure monitoring, except the hepatic artery and arteries on the opposite side were exposed for the measurement of BF in 7 dogs. Temperature was lowered to 30°C after initiation of CPB and phenylephrine or sodium nitroprusside was infused to increase or decrease BP about 30% under the same pump flow. BP and BF were measured before CPB, before the infusion of drugs and when BP was changed by vasoactive drugs. Blood gas analyses were performed from the artery and each vein while the BF was measured.

Results: The change of BP didn't affect carotid and renal BF. However, hepatic BF decreased about 50% when BP was reduced and femoral BF changed in the opposite way of BP change. Oxygen consumption of each organ wasn't influenced by BP.

Conclusions: When pump flow was constantly maintained, changes in BP redistributed BF to major organs but didn't affect oxygen consumption. The brain and kidney have the ability of autoregulation of BF unlike the liver or legs. Hepatic BF was dependent on perfusion pressure and a decrease in BP by vasodilators during CPB may be not good for the liver. (Korean J Anesthesiol 2000; 39: 748~755)

Key Words: Heart: cardiopulmonary bypass. Measurement techniques: blood flow. Monitoring: blood pressure.

논문접수일 : 2000년 8월 25일

책임저자 : 곽영란, 서울시 서대문구 신촌동 134, 연세의료원 마취과, 우편번호: 120-752

Tel: 02-361-7224, Fax: 02-364-2951, E-mail: ylkwak@yumc.yonsei.ac.kr

이 논문은 연세대학교 학술연구 지원비(장기해외 연수)를 지원 받아 이루어진 것임.

서 론

개심술 시 체외순환을 시행 받는 환자에서 적절한 순환혈류량과 관류압이 얼마인가에 관한 연구와 논의는 체외순환이 시작된 이래 지금까지 끊임없이 제기되어온 논란거리 중의 하나이다. 순환혈류량이 적을수록 수술시야가 좋고 혈액내 세포손상이 적은 관계로 가능한 낮은 임계혈류량과 술 후 합병증을 유발하지 않는 낮은 임계관류압을 정의하기 위한 많은 연구들이 진행되었는데 그간의 연구결과들을 종합해 볼 때 28-30°C 저체온하에서는 순환혈류량은 1.6-2.2 L/m²/min 정도로 유지하는 것이 적절하다고 하며¹⁾ 정상 치의 30% 범위 내에서의 혈류량의 변화는 환자의 수술 경과에 별다른 영향을 미치지 않는다고 Rogers 등은²⁾ 보고하였다. 전신동맥압이 환자의 예후에 미치는 영향에 관한 연구에 있어서는 Slogoff의 보고 등³⁾ 최근의 연구결과들은 혈압의 변화가 환자의 예후를 결정짓는 중요 인자가 아니라는 것이 많으며 특히 대뇌의 기능과 관련해서는 30 mmHg 이상의 혈압만 유지되면 혈관 및 뇌질환이 없는 환자에서 대뇌의 혈류량과 기능은 별다른 영향을 받지 않는다고 보고하고 있다.⁴⁾

체외순환 중 순환혈류량과 관류압간의 상관관계에 관해서도 많은 연구가 행해졌는데 뇌와 같이 혈류를 자가 조절할 수 있는 능력(auto-regulation)이 있는 장기에서는 관류압과 장기로의 혈류량간의 상관관계가 매우 미미하다고 하나^{5,7)} 그 밖의 장기에 관한 부분은 논란의 여지가 있다.

혈압의 변화가 술 후 장기부전과 별다른 상관관계가 없다는 몇몇 연구 결과들에도 불구하고 임상에서는 체외순환 중 순환혈류량이 일정하게 유지되는 상태라도 혈압이 지나치게 감소하거나 증가하는 경우에 혈압을 조절하기 위해 혈관수축제나 이완제를 사용하는 경우가 빈번한데 이러한 혈압의 인위적인 조절이 실제 조직으로의 혈류량을 증가시키는지, 장기로의 혈류량의 재분포를 어떤 형태로 유발하는지에 관해서는 알려진 바가 적다. Welling 등은⁸⁾ 체외순환 중 승압제의 사용이 주술기 위장관기능부전의 발생 빈도와 연관이 있다고 보고한 반면 Christakis 등이나⁹⁾ Christenson 등은¹⁰⁾ 승압제의 사용과 위장관기능부전과는 아무런 연관관계가 없다고 보고하기도 하였다.

사실 이제까지의 연구들은 대부분 신체장기 중 가장 손상 받기 쉬운, 손상이 치명적일 수 있는 뇌와 신장에 초점을 맞추어 이루어졌으며¹¹⁻¹³⁾ 미미하게 이루어진 그 외 다른 장기에서의 관류압이 장기의 기능에 미치는 영향에 관한 연구들도 관류압과 술 후 합병증의 발생빈도를 살펴본 것들로서 관류압의 변화가 주요 장기의 혈류량에 미치는 영향을 동시다발적으로 살펴본 연구보고는 O'Dwyer 등의¹⁴⁾ 연구를 제외하고는 거의 없었다.

이에 본 연구에서는 순환혈류량이 일정하게 유지되는(fixed pump flow) 체외순환 상태에서 혈관수축제와 이완제를 이용한 전신동맥압의 변화가 여러 장기로의 혈류량과 산소소모량을 어떻게 변화시키는지 살펴봄으로써 체외순환중 순환혈류량의 변화 없이 이러한 약제를 사용하여 혈압을 조절하는 것이 환자 관리에 어떤 영향을 미치는지를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

몸무게 15-20 kg 내외의 개 10마리를 대상으로 하였다. Pentobarbital (Enotbar[®])로 마취유도 후 기관내 삽관을 시행하고 인공호흡을 시작하여 혈액 내 이산화탄소분압이 30-40 mmHg 내외가 되도록 호흡기를 조절하였으며 이후 마취는 pentobarbital 정주로 유지하였다. 마취유도 후 심전도를 부착하여 심박동을 관찰하면서 좌측 대퇴동맥에 2 inch - 20 gauge angiocatheter를 삽입하여 혈압을 지속적으로 감시하였다. 정맥혈의 채취를 위하여 대퇴정맥을 노출시키고 혈류량의 측정을 위하여 반대쪽 대퇴동맥을 노출시켰다. 정중개복술을 시행하여 종간동맥과 정맥을 노출시킨 후 양측의 신동맥을 노출시켜 한쪽의 신동맥에 카테테르를 삽입하고 한쪽의 신정맥을 노출시켰다. 정중흉부절개술을 시행하여 심장을 노출시키고 이 피부절개를 더 위로 연장하여서 한쪽의 경동, 정맥을 노출시켰으며 경동맥에 혈압감시를 위한 카테테르를 삽입한 후 반대쪽의 경동맥을 노출시켰다. 이와 같이 양측의 동맥을 모두 노출시킨 것은 혈압의 감시를 위한 카테테르의 삽입이 혈류량에 영향을 미칠 수 있기 때문에 혈압의 감시와 동시에 반대쪽 동맥에서 혈류량을 측정하고자 함이었으며 종간동맥은 하나인 관계로 카테테르의 삽입 없이 24

guage 바늘을 이용하여 필요 시에만 천자하여 혈압을 감시하였다. 이어서 대동맥에 동맥캐놀라를 삽입하고 우심방에는 정맥 연결관을 하나만 삽입하여 체외순환 준비를 하였다.

혈류량의 측정에는 초음파유량계의 제측기(HT 207 medical volume flow meter and probe, transonic system inc., NY, USA)를 사용하여 실행하였으며 probe는 동맥의 크기에 따라 3, 4 mm 크기의 것을 이용하였다.

실험 준비가 끝난 후 체외순환을 시작하기 전 네 부위에서의 동맥압과 동맥혈류량을 기록하고 동, 정맥혈을 채취하였다. 체외순환 시작 10분 후 대동맥 겸자를 시행하여 혈류가 심폐순환기의 유량에 의해서만 조절되도록 한 후 체온을 감소시켰으며 식도체온이 30°C에 도달하고 동맥압이 안정이 되면 측정 변수들을 다시 측정하였다. 심폐순환기의 유량을 일정하게 유지하면서 phenylephrine (PE) 또는 sodium nitroprusside (SNP)를 심폐순환기의 약제주입통로로 점적주입하여 동맥에서의 혈압이 30% 이상 증가되거나 감소되었을 때 네 부위에서의 동맥압과 혈류량을 측정하고 혈액분석을 시행하는 것을 반복하였다. 이 때 두 약제의 사용순서는 임의로 하였으며 한 약제의 사용 후 약제주입을 중단하고 혈압이 대조치로 돌아온 후 20분간의 안정기를 갖은 후 다시 약제를 주입하여 혈압을 변화시켰다.

결과와 분석에 있어서 매시기 각 조직에서 측정된 동맥압과 혈류량 및 동, 정맥혈의 가스분석결과를 이용하여 각 조직의 산소소모량과¹⁵⁾ 혈관저항을¹⁶⁾ 아래와 같이 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{산소소모량 (ml/min)} &= (\text{동맥혈산소함량} - \text{정맥혈산소함량}) \times \text{조직으로의 혈류량} \\ &= (\text{헤모글로빈치} \times 1.36 \times [\text{동맥혈산소포화도} - \text{정맥혈산소포화도}] + 0.0031 \times [\text{동맥혈산소분압} - \text{정맥혈산소분압}]) \times \text{조직으로의 혈류량} \end{aligned}$$

이 때 뇌의 산소소모량 계산은 양측의 경동맥으로부터 뇌혈류가 공급되므로 양측 경동맥의 혈류량이 동일하다는 가정 하에 일측 경동맥에서 측정한 혈류량에 2배수를 하였다. 한편, 간은 문정맥과 간동맥에서 이중으로 혈류를 공급받는 관계로 간동맥과 간정맥에서의 혈액가스검사 결과만으로는 정확한 간의

산소소모량을 계산할 수 없어서 제외하였다.

혈관저항 (mmHg/ml/sec = 1 R unit) = 혈압차(동맥압 - 정맥압)/혈류량이나 체외순환 중의 정맥압은 거의 '0'이므로 혈압차는 동맥압으로 대체하였다.

모든 측정치는 평균값 \pm 표준편차로 표시하였으며 매시기 각 장기별 변수의 비교는 one-way ANOVA를 이용하였고 사후검정은 Bonferroni의 사후검정법을 이용하여 시행하였다. 또한 체외순환전과 후, 대조치와 PE 또는 SNP로 처치한 후의 변수간의 비교는 paired t-test를 이용하였으며 모든 처리과정에서 P 값이 0.05 미만일 때 통계학적으로 의미가 있는 것으로 간주하였다.

결 과

총 10마리의 개를 사용하여 실험을 진행하였으나 체외순환 전, 후로 출혈과다로 사망한 1마리와 필요 부위의 양측 동맥을 모두 손상 없이 노출시키는데 실패한 2마리의 개를 제외한 총 7마리의 개에서 실험 결과를 얻을 수 있었다.

PE의 점적주입으로 각 장기에서의 동맥압은 130% 정도 증가되었으며 SNP의 점적주입은 동맥압을 80-65%까지 감소시켰다. 이 때 개의 체온과 헤마토크릿치는 체외순환 기간 중 의미 있는 변화가 없었다(Table 1).

PE를 점적주입하여 장기의 동맥압을 증가시켰을 때 경동맥, 대퇴동맥, 신동맥으로의 혈류량은 변함이 없었으며 간동맥혈류량은 감소하는 경향을 보였으나 통계학적으로 의미 있는 감소는 아니었다. 전체 혈류량에서 경동맥, 대퇴동맥, 간동맥, 신동맥이 차지하는 비율도 의미 있는 변화가 없었다. 그러나 SNP를 점적주입하여 각 조직으로의 관류압을 감소시켰을 때 경동맥과 신동맥의 혈류량은 일정하게 유지된 반면에 대퇴동맥으로의 혈류량은 22.3 ± 8.1 ml/min에서 41.7 ± 25.0 ml/min으로 대조치의 2배 가까이 증가하는 의미 있는 변화를 보였으며 간동맥으로의 혈류량은 119.0 ± 79.7 ml/min에서 71.0 ± 52.7 ml/min로 감소하여 대조치 혈류량의 60% 수준밖에 되지 않았는데 이는 통계학적으로 유의한 감소였다. 전체혈류량에서 각 조직으로 가는 혈류량이 차지하는 비율도 경동맥과 신동맥에서는 변화가 없었던 반면에 간동맥으로의 혈류량의 비는 $7.5 \pm 4.8\%$ 에서

Table 1. Changes of Blood Pressure in Each Organs

	Pre CPB	Control	Phenyl	Nitroprusside
Temp (°C)	35.2 ± 2.21	31.7 ± 2.3	29.9 ± 0.7	29.7 ± 1.1
Hct (%)	38.7 ± 9.5	20.3 ± 8.4	19.1 ± 8.2	18.0 ± 8.4
Cbp (mmHg)	100 ± 19	81 ± 33	138 ± 31	69 ± 30
Fbp (mmHg)	105 ± 35	83 ± 32	130 ± 24	62 ± 31
Hbp (mmHg)	101 ± 26	98 ± 61	132 ± 32	64 ± 32
Rbp (mmHg)	107 ± 18	89 ± 37	134 ± 25	76 ± 27

All values are expressed as mean ± SD. Pre CPB: values before cardiopulmonary bypass, Control: values after initiation of cardiopulmonary bypass, Phenyl: values when blood pressure was increased more than 30% of control with phenylephrine infusion, Nitroprusside: values when blood pressure was decreased more than 30% of control with sodium nitroprusside infusion, Temp: esophageal temperature, Hct: hematocrit, Cbp: carotid artery pressure, Fbp: femoral artery pressure, Hbp: hepatic artery pressure, Rbp: renal artery pressure.

Table 2. Changes of Blood Flow in Each Organs

	Pre CPB	Control	Phenyl	Nitroprusside
Cfl (ml/min)	68.9 ± 39.7	83.7 ± 45.08	7.6 ± 54.5	89.4 ± 40.7
Cfl/Tfl (%)		5.5 ± 3.6	5.5 ± 3.0	5.6 ± 2.4
Ffl (ml/min)	30.0 ± 40.1	22.3 ± 8.1	24.3 ± 12.6	41.7 ± 25.0*
Ffl/Tfl (%)		1.4 ± 0.4	1.5 ± 0.7	2.7 ± 1.6*
Hfl (ml/min)	73.2 ± 44.3	119.3 ± 79.7	93.5 ± 54.9	71.0 ± 52.7*
Hfl/Tfl (%)		7.5 ± 4.8	6.2 ± 4.4	4.5 ± 3.3
Rfl (ml/min)	81.5 ± 34.0	82.2 ± 44.2	73.2 ± 73.3	81.8 ± 77.1
Rfl/Tfl (%)		5.1 ± 2.7	4.7 ± 4.9	5.2 ± 5.1

All values are expressed as mean ± SD. Pre CPB: values before cardiopulmonary bypass, Control: values after initiation of cardiopulmonary bypass, Phenyl: values when blood pressure was increased more than 30% of control with phenylephrine infusion, Nitroprusside: values when blood pressure was decreased more than 30% of control with sodium nitroprusside infusion, Cfl: unilateral carotid artery blood flow, Tfl: total blood flow (cardiopulmonary bypass pump blood flow), Cfl/Tfl: ratio of unilateral carotid artery blood flow for pump flow, Ffl: unilateral femoral artery blood flow, Ffl/Tfl: ratio of unilateral femoral artery blood flow for pump flow, Hfl: hepatic artery blood flow, Hfl/Tfl: ratio of hepatic artery blood flow for pump flow, Rfl: unilateral renal artery blood flow, Rfl/Tfl: ratio of unilateral renal artery blood flow for pump flow. *P < 0.05 compared with the value of Control.

4.5 ± 3.3%로 40% 이상 감소하였으나 표준편차가 커서 통계학적 의미는 없었다(Table 2).

각 조직의 산소소모량을 계산하였을 때 저체온하 체외순환 시 뇌와 신장의 산소소모량은 크게 감소하였으며 뇌의 산소소모량의 감소는 통계학적으로 유의한 것이었다. 반면에 다리의 산소소모량은 저체온하 체외순환에도 불구하고 체외순환전과 차이가 없었다. 뇌의 산소소모량은 PE나 SNP에 의한 혈압의 변동에 거의 영향을 받지 않는 것으로 관찰되었으며

혈압이 증가되었을 때 대퇴부의 산소소모량은 감소하고 신장의 산소소모량은 증가하는 경향을 보였으나 통계학적 의미는 없었다(Table 3).

각 장기별 혈관저항의 변화를 살펴보면 체외순환 시작 후 대퇴동맥혈관저항은 경동맥, 간동맥, 신동맥에 비하여 의미 있게 높았으며 PE를 점적주입하였을 때 각 장기의 동맥혈관저항이 모두 증가하였으나 특히 경동맥혈관저항이 통계학적으로도 의의 있게 증가하였다. 이 시기 대퇴동맥혈관저항은 경동맥과

Table 3. Changes of O₂ Consumption of Each Organs

(ml/min)	Pre CPB	Control	Phenyl	Nitroprusside
CvO ₂	46.0 ± 33.2	8.8 ± 7.2*	13.8 ± 14.8	13.4 ± 12.6
FvO ₂	6.8 ± 2.9	10.9 ± 7.2	4.7 ± 4.5	11.0 ± 13.9
RvO ₂	15.6 ± 27.3	2.1 ± 2.4	7.7 ± 10.5	2.9 ± 1.9

All values are expressed as mean ± SD. Pre CPB: values before cardiopulmonary bypass, Control: values after initiation of cardiopulmonary bypass, Phenyl: values when blood pressure was increased more than 30% of control with phenylephrine infusion, Nitroprusside: values when blood pressure was decreased more than 30% of control with sodium nitroprusside infusion, CvO₂: minute oxygen consumption in brain, FvO₂: minute oxygen consumption in unilateral leg, RvO₂: minute oxygen consumption in unilateral kidney. *P < 0.05 compared with the value of Pre CPB.

Table 4. Changes of Vascular Resistance in Each Organs

(mmHg/ml/sec)	Control	Phenyl	Nitroprusside
Cbp/fl	67.2 ± 32.3*	117.0 ± 50.8* [†]	50.3 ± 22.0
Fbp/fl	237.2 ± 114.0	505.6 ± 364.2	164.2 ± 189.6
Hbp/fl	77.4 ± 84.6*	132.4 ± 108.4*	49.6 ± 27.0
Rbp/fl	75.7 ± 37.0*	215.0 ± 159.8	80.4 ± 46.6

All values are expressed as mean ± SD. Control: values after initiation of cardiopulmonary bypass, Phenyl: values when blood pressure was increased more than 30% of control with phenylephrine infusion, Nitroprusside: values when blood pressure was decreased more than 30% of control with sodium nitroprusside infusion, Cbp/fl: vascular resistance of carotid artery, Fbp/fl: vascular resistance of femoral artery, Hbp/fl: vascular resistance of hepatic artery, Rbp/fl: vascular resistance of renal artery. *P < 0.05 compared with the value of Fbp/fl, [†]P < 0.05 compared with the value of Control.

간동맥에 비하여 여전히 의의 있게 높았다. SNP를 점적주입한 후 모든 조직의 관류압이 감소하였음에도 불구하고 경동맥, 대퇴동맥, 신동맥 및 간동맥의 혈관저항은 의미 있는 감소가 없었던 것으로 나타났다(Table 4).

고 찰

동맥압이 심박출량과 직접적 비례관계에 있는 것은 아니며 혈관근육에 작용하는 약제들을 이용하여 혈압을 상승시켜 주는 것이 반드시 주요 장기로의 관류량을 증가시켜 환자의 예후를 좋게 하는 방향으로만 작용하지 않음은 주지의 사실이다.¹⁶⁾ 특히 심폐순환기의 유량조절을 통해 심박출량이 일정하게 유지될 수 있는 체외순환 하에서 약제를 이용한 혈압의 인위적 조절이 환자관리에 도움을 줄 수 있는 가는 이견이 있다.^{7,9)} 여러 연구에서 체외순환 중 환자관리에 있어 직접적 영향을 미치는 인자는 순환혈

류량(= 심폐순환기의 유량)이며 순환혈류량이 적절하게 유지된다면 관류압의 변화는 환자의 예후에 별다른 영향을 미치지 않는다고 보고되었다.^{3,6)} 특히 가장 합병증이 우려되는 뇌의 기능과 관련하여서는 체외순환 중에도 뇌혈류의 자가조절능력이 유지된다고 한다. Govier 등은¹⁷⁾ 28°C 저체온하 체외순환 시 평균동맥압이 30–110 mmHg 사이에서 유지된다면 뇌혈류량은 일정하게 유지되며 환자의 예후에도 별다른 영향을 미치지 않는다고 하였으며 신장의 기능과 관련해서도 Slogoff 등이³⁾ 관류압과 체외순환 후 신장기능의 저하간에는 아무런 상관관계가 없었다고 보고한 바 있다. 간기능과 관련하여 Hampton 등은⁷⁾ 저체온하 체외순환 시 간혈류가 평균 19% 정도 감소하나 술 후 간기능부전의 직접적 요인은 아니라고 하였으며 이러한 간혈류의 감소 정도가 박동성관류법(pulsatile perfusion)의 사용 시 오히려 증가한다고 Mathie 등이¹⁸⁾ 발표하였다. 체외순환과 관련된 간기능부전이나 위장관기능부전은 뇌, 심장, 신장기능부

전의 발생빈도에 비해 빈도가 낮아 많은 연구가 진행되지는 않았으나 이러한 기관의 합병증 발생 시에 수술기 사망률은 15%에서 63%까지 증가하며^{19,21)} 그 원인 중 가장 흔한 것이 체외순환중의 저관류(hypoperfusion)인데 관류량은 관류압과 직접적인 비례관계에 있다고 Mackay 등이²²⁾ 보고한 바 있다. 그러나 이제까지 체외순환 중 심폐순환기의 유량과 동맥압의 변화가 장기에 미치는 영향을 살펴본 연구들은 대부분 뇌혈류와 신장혈류에 관계된 것들이었으며 순환혈류량이나 동맥압의 변화가 여러 장기에 미치는 영향을 동시에 살펴본 연구는 별로 없었다.

O'Dwyer 등은¹⁴⁾ 체외순환 상태의 돼지에서 순환혈류량을 감소시켜 저혈압을 유발한 후 순환혈류량을 정상으로 증가시키거나 순환혈류량의 변화 없이 PE를 점적주입하여 혈압을 정상으로 회복시켜주었을 때 각 장기의 혈류량의 변화를 살펴본바 PE은 관류압을 증가시키에도 불구하고 조직의 관류량을 효과적으로 증가시키지 못하였으며 특히 위장관계 혈류량은 오히려 감소시키는 경향이 있다고 하였다. 본 연구에서는 O'Dwyer 등의 연구와는 달리 실제 개심술을 시행 받는 환자와 같은 조건의 30°C 저체온하 체외순환상태의 개에서 정상적인 심폐순환기유량을 일정하게 유지하면서 혈관수축제(phenylephrine)와 혈관이완제(sodium nitroprusside)를 사용하여 혈압을 평상시의 30~50% 정도 증가시키거나 감소시키며 약제에 의한 혈압의 변동이 주요 장기의 혈류량과 산소소모량에 미치는 영향을 살펴본 결과 순환혈류량이 정상으로 유지되는 상태에서는 경동맥뿐만 아니라 신동맥으로의 혈류량도 혈압의 변동에 거의 영향을 받지 않고 일정한 혈류량을 유지하는데 비해 대퇴동맥과 간동맥의 혈류량은 혈압변동의 영향을 크게 받음을 알 수 있었다. 또한 혈관수축제에 의한 혈압상승 시 O'Dwyer 등의 연구에서와 같이 혈류량의 효과적 증가나 감소가 없었던데 비하여 혈관확장제로 혈압을 감소시킬 때는 혈류량의 변동이 심해짐을 알 수 있었다. 특히 간동맥의 혈류량은 혈압하강 시 심하게 감소하였는데 이는 Mackay 등의²²⁾ 연구결과와도 일치하는 것이다. 반면에 Parviainen 등은²³⁾ 개심술 후 고혈압이 발생한 환자에서 SNP를 점적투여 하였을 때 심박출지수의 증가와 이에 비례한 위장관 혈류의 증가효과를 얻을 수 있었다고 보고한 바 있다. 이러한 여러 결과를 종합해 볼 때 혈관수

축제 또는 혈관확장제가 조직의 혈류량에 미치는 영향은 순환혈류량의 변화와 일차적 상관관계를 갖고 있음을 알 수 있으며 순환혈류량이 변화되지 않는 상황에서는 PE에 의한 관류압의 증가가 조직의 관류량을 증가시켜주지는 못하며 SNP 등의 혈관확장제도 위장관으로의 혈류량을 오히려 감소시킬 수 있는 관계로 체외순환중 약제를 이용한 혈압의 인위적 상승, 강압은 매우 조심스럽게 이루어져야 한다고 사료된다.

순환혈류량이나 혈압의 변동이 산소소모량에 미치는 영향에 관한 연구로 소아에서 전신의 산소소모량이 순환혈류량의 감소에 비례하여 감소한다고 김종성과 김광우가²⁴⁾ 보고한 바 있으며 장기별 산소소모량의 변화에 대한 보고는 국내에서는 전무한데 본 연구 결과에 따르면 뇌의 산소소모량은 기존의 연구대로 저체온하 체외순환에 의해 유의하게 감소하나 혈압의 변동에는 영향을 받지 않은 것으로 나타났으며 신장의 산소소모량 또한 표준편차가 커서 통계학적 의의는 없는 것을 나타냈지만 역시 저체온 체외순환 시 산소소모량이 크게 감소함을 보여줬다. 반면에 대퇴부의 산소소모량이나 계산 결과가 완전하지 않은 관계로 결과에는 포함되지 않았으나 간동맥과 간정맥에서의 혈액분석 결과로 계산된 간의 산소소모량은 저체온 체외순환이나 혈압의 변동에 별다른 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. Parviainen 등도²³⁾ 체외순환중은 아니나 술 후 SNP로 혈압을 감소시켜도 전신산소소모량이나 위장관계의 산소소모량은 별다른 변화 없이 일정하게 유지되었다고 보고한 바 있다. 따라서 체외순환 중 혈관확장제에 의한 혈압의 감소는 산소소모량이 일정하게 유지되는 상태에서 간 또는 위장관계의 관류량을 감소시켜서 술 후 간 또는 위장관계 허혈을 유발하는 원인이 될 수도 있다고 생각된다.

혈관저항의 변화 결과를 놓고 볼 때 혈관저항은 동맥 부위에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있었으며 저체온하 체외순환 시 대퇴동맥의 혈관저항이 경동맥, 신동맥이나 간동맥에 비해 의미 있게 증가되어 있었는데 이는 주요 장기로의 혈류량을 유지하기 위한 자가조절 능력이 있음을 시사하는 것으로 생각된다. 경동맥의 경우를 제외하고는 통계학적 의의는 없었으나 혈관수축제에 의한 혈관저항의 변화 정도가 혈관이완제에 의한 혈관저항의 변화 정도보다 혈

센 큰 것으로 나타났는데 이를 통해 혈관수축제를 사용하여 혈압을 증가시키는 것은 혈류량에는 별다른 영향을 미치지 않는데 비하여 혈관확장제를 이용하여 혈압을 감소시키는 경우에는 혈류량이 오히려 감소할 수도 있음을 추론해 볼 수 있다.

표본의 크기가 작다는 것과 개에서 7곳의 동맥과 4곳의 정맥을 노출시키는 과정에서 일부 혈관이 눈에 보이지 않는 손상을 받아(명확하게 혈관이 손상된 것으로 판명된 개는 실험에서 제외시켰다.) 혈류량이나 혈압에 영향을 미칠 수도 있으며 간동맥의 경우에는 방법에서 언급한 대로 혈압과 혈류량을 한 곳에서 측정하였기 때문에 두 변수를 동시에 측정할 수 없었고, 특히 거치한 카테테르가 혈류량에 영향을 줄 수도 있었음은 본 실험의 문제점으로 지적될 수 있겠다.

결론적으로 저자들은 본 실험을 통하여 개에서 혈압의 변동이 주요 장기혈류에 미치는 영향을 살펴본 바 전체 순환혈류량이 일정하게 유지되는 상태에서 약제를 이용하여 혈압을 변화시켰을 때, 특히 혈관이완제 사용 시, 각 장기로의 혈류는 각기 다른 재분포가 일어나며 뇌와 신장의 자가조절능력에 의해 경동맥과 신동맥의 혈류량은 혈압과 무관하게 일정하게 유지되는데 비하여 간동맥의 혈류량은 관류압에 비례하여, 대퇴동맥의 혈류량은 관류압에 반비례하여 변화하며 반면에 각 장기의 산소소모량은 혈압의 변동에 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Reed CC, Stafford TB: Cardiopulmonary bypass. 2nd ed. Huston, Norton. 1985, pp 400-14.
2. Rogers AT, Prough DS, Roy RC, Gravlee GP, Stump DA, Cordell AR: Cerebrovascular and cerebral metabolic effects of alterations in perfusion flow rate during hypothermic cardiopulmonary bypass in man. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992; 103: 363-8.
3. Slogoff S, Reul GJ, Keats AS, Curry GR, Crum ME, Elmquist BA, et al: Role of perfusion pressure and flow in major organ dysfunction after cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1990; 50: 911-8.
4. Schwarz AE, Sandhu AA, Kaplon RJ, Young WL, Jonassen AE, Adams DC, et al: Cerebral blood flow is determined by arterial pressure and not cardiopulmonary bypass flow rate. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 165-70.
5. Murkin JM, Farrar JK, Tweed WA, McKenzie FN, Guiraudon G: Cerebral autoregulation and flow/metabolism coupling during cardiopulmonary bypass: the influence of PaCO₂. *Anesth Analg* 1987; 66: 825-32.
6. Newman MF, Croughwell ND, White WD, Lowry E, Baldwin BI, Clements FM, et al: Effect of perfusion pressure on cerebral blood flow during normothermic cardiopulmonary bypass. *Circulation* 1996; 94: II 353-7.
7. Hampton WW, Townsend MC, Schirmer WJ, Haybron DM, Fry DE: Effective hepatic blood flow during cardiopulmonary bypass. *Arch Surg* 1989; 124: 458-9.
8. Welling RE, Rath R, Albers JE, Glaser RS: Gastrointestinal complications after cardiac surgery. *Arch Surg* 1986; 121: 1178-80.
9. Christakis GT, Fremes SE, Koch JP, Harwood S, Juhasz S, Sharpe E, et al: Determinants of low systemic vascular resistance during cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1994; 58: 1040-9.
10. Christenson JT, Schmuziger M, Maurice J, Simonet F, Velebit V: Gastrointestinal complications after coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 108: 899-906.
11. Hilberman M, Myers BD, Carrie BJ, Derby G, Jamison RL, Stinson EB: Acute renal failure following cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1979; 77: 880-8.
12. Abel RM, Buckley MJ, Austen WG, Barnett GO, Beck CH Jr, Fischer JE: Etiology, incidence, and prognosis of renal failure following cardiac operations. Results of a prospective analysis of 500 consecutive patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1976; 71: 323-33.
13. Soma Y, Hirofumi T, Yozu R, Onoguchi K, Misumi T, Kawada K: A clinical study of cerebral circulation during extracorporeal circulation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; 97: 187-93.
14. O'Dwyer C, Woodson LC, Conroy BP, Lin CY, Deyo DJ, Uchida T, et al: Regional perfusion abnormalities with phenylephrine during normothermic bypass. *Ann Thorac Surg* 1997; 63: 728-35.
15. Marino PL: The ICU book. 2nd ed. Baltimore, Williams & Wilkins. 1998, pp 19-31.
16. Guyton AC, Hall JE: Textbook of medical physiology. 9th ed. Philadelphia, W.B. Saunders. 1996, pp 171-81.
17. Govier AV, Reves JG, McKay RD, Karp RB, Zorn GL, Morawetz RB, et al: Factors and their influence on regional cerebral blood flow during nonpulsatile cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1984; 38: 592-600.

18. Mathie RT, Ohri SK, Batten JJ, Peters AM, Keogh BE: Hepatic blood flow during cardiopulmonary bypass operations: The effect of temperature and pulsatility. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 114: 292-3.
19. Allen KB, Salam AA, Lumsden AB: Acute mesenteric ischemia after cardiopulmonary bypass. *J Vasc Surg* 1992; 16: 391-6.
20. Leitman IM, Paull DE, Barie PS, Isom OW, Shires GT: Intra-abdominal complications of cardiopulmonary bypass operations. *Surg Gynecol Obstet* 1987; 165: 251-4.
21. Ott MJ, Buchman TG, Baumgartner WA: Postoperative abdominal complications in cardiopulmonary bypass patients: a case-controlled study. *Ann Thorac Surg* 1995; 59: 1210-3.
22. Mackay JH, Feerick AE, Woodson LC, Lin CY, Deyo DJ, Uchida T, et al: Increasing organ blood flow during cardiopulmonary bypass in pigs: comparison of dopamine and perfusion pressure. *Crit Care Med* 1995; 23: 1090-8.
23. Parviainen I, Ruokonen E, Takala J: Sodium nitroprusside after cardiac surgery: systemic and splanchnic blood flow and oxygen transport. *Acta Anaesthesiol Scand* 1996; 40: 606-11.
24. 김종성, 김광우: 소아 환자에 있어 저체온 체외순환 시 관류량에 따른 산소소모의 변화에 관한 연구. *대한마취과학회지* 1993; 26: 776-82.