Venovenous Extracorporeal Lung Assist가 혼합 정맥혈 산소화에 미치는 효과

—Double lumen tube에 의한 venovenous bypass와 두개의 카테타에 의한 venovenous bypass의 비교—

서울대학교 의과대학 마취과학교실 및 熊本大學 醫學部 麻酔學教室*

李國賢 · 金光宇 · 寺崎秀則* · 森岡亨*

= Abstract =

The Effect of Venovenous Extracorporeal Lung Assist on the Oxygenation of Mixed Venous Blood

— Comparison of venovenous bypass using a double lumen tube with that using two catheters —

Kook Hyun Lee, M.D., Kwang Woo Kim, M.D., Hidenori Terasaki, M.D.* and Tohru Morioka, M.D.*

Department of Anesthesiology, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

**Department of Anesthesiology, Kumamoto University Medical School, Kumamoto, Japan*

At the beginning of 1980's, respiratory support by extracorporeal circulation using a membrane oxygenator attracted medical attention again because it could provide the diseased lung with rest. The extracorporeal respiratory support has been called extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), extracorporeal CO₂ removal (ECCO₂R) or extracorporeal lung assist (ECLA). They are the terms used to describe prolonged extracorporeal venoarterial (VA) or venovenous (VV) bypass via extrathoracic cannulation in patients with acute, reversible cardiac or respiratory failure refractory to conventional medical or pharmacologic management.

Usually VV bypass is maintained by cannulating the superior vena cava through one major catheter and the inferior vena cava through another. To reduce the number of veins to be cannulated during VV bypass, a double lumen tube was designed. To compare VV ECLA using a double lumen tube with that using two catheters, we observed the changes of the P_vO₂ (Δ P_vO₂) as a parameter of extracorporeal oxygenation. A process from ECLA off to ECLA on was performed thirty-three times on 7 mongrel dogs by VV ECLA using a double lumen tube (double lumen group, 16.7 $\pm$ 1.9 kg, mean $\pm$ standard deviation) and thirty-four times on 6 mongrel dogs by that using two catheters (two-way bypass, control group, 16.1 $\pm$ 3.0 kg).

In double lumen group, bypass flow rate was 52.3 $\pm$ 15.1ml/kg/min and bypass ratio (bypass flow $\div$ cardiac output $\times$ 100) was 65.0 $\pm$ 25.3%. During ECLA off, P_vO₂ was 43.3 $\pm$ 6.7 torr and it was raised to 70.1 $\pm$ 15.4 torr during ECLA on ($p < 0.001$). Δ P_vO₂ was 27.2 $\pm$ 17.8 torr. In control group, bypass flow rate was 56.1 $\pm$ 20.5 ml/kg/min and bypass ratio was 72.3 $\pm$ 29%. During ECLA off, P_vO₂ was 39.4 $\pm$ 7.8 torr and it was raised to 58.4 $\pm$ 3.9 torr during ECLA on ($P < 0.001$). Δ P_vO₂ was 18.3 $\pm$ 7.9 torr. Δ P_vO₂ of double lumen group was higher than that of control group ($p < 0.001$).

The rise of Δ P_vO₂ (y) following the increase of bypass ratio (x) was $y = -6.54 + 0.50x$ ($r = 0.71$, $P < 0.001$) in double lumen group, and $y = 0.67 + 0.26x$ ($r = 0.88$, $P < 0.001$) in control group. It could be concluded that the rise of P_vO₂ was obtained more efficiently in double lumen group than in control

group ($p < 0.001$). A double lumen tube may permit the simplicity of an operation and patient care as well as minimizing the bleeding during clinical ECLA.

Key Words: Extracorporeal membrane oxygenation, Extracorporeal CO₂ removal, Extracorporeal lung assist, Double lumen tube, Venoarterial bypass, Venovenous bypass

서 론

호흡부전증 환자를 대상으로 폐의 가스교환 기능을 막형 산화기(membrane oxygenator)로 대신하고, 폐를 안정화시켜 병변의 치유를 촉진하는 체외순환법(extracorporeal circulation)이 다시 주목을 받게 되었다^{1,2)}. 이런 치료법은 ECMO (extracorporeal membrane oxygenation)³⁾ 혹은 ECCO₂R (extracorporeal carbon dioxide removal)등⁴⁾으로 불리우고 있다. 그러나, 체외순환을 이용한 호흡부전증의 치료는 환자의 동맥혈 가스분압을 정상으로 유지시키는 사실보다 병적 폐의 안정에 의의가 있다고 하여 체외식 폐보조(extracorporeal lung assist, ECLA)⁵⁻⁷⁾라는 용어가 병용되기 시작하였다⁸⁾.

종래의 venovenous(VV) bypass는 주로 대퇴정맥(femoral vein)과 내경정맥(internal jugular vein)을 이용하였으나, 저자는 한개의 정맥에 카테타를 삽입하여 VV bypass를 실시할 수 있도록 이중관(double lu-

men tube)을 고안하여 VV ECLA를 실시하고, 종래의 VV ECLA와 혼합정맥혈 산소화 효과를 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

1) 이중관(double lumen tube) (Fig. 1)

이중관의 재질은 polyurethane이며 굴곡되기 쉬운 부분은 카테타의 내벽에 가는 금속선을 코일형태로 넣어 보강하였다. #20 Fr.의 배액(drainage)용 외측관의 벽을 통하여 #12 Fr.의 관류(perfusion)용 내측관을 삽입하여 외측관의 말단에서 5 cm 상방에 내측관의 관류공을 나게 하였고, 외측관의 말단부분과 관류공의 상방 외측관의 벽두께는 0.3 mm, 내측관의 벽두께는 0.1 mm이며, 관류공의 크기는 4 mm×3.6 mm로 하였다. 내측관과 외측관의 단면적의 비는 $0.113 \text{ cm}^2 : 0.166 \text{ cm}^2 = 1 : 1.5$ 이었다.

이 이중관은 15 kg 전후의 잠건의 외경 정맥으로 삽입

Fig. 1. Double lumen tube. If perfusion opening is placed in right atrium, venous blood can be drained from both superior and inferior vena cava.

하면, 상대정맥(superior vena cava)과 하대정맥(inferior vena cava)에서 정맥혈을 배액하고 다시 우심방으로 관류되도록 경험적으로 설계하였다.

2) ECLA 회로와 장치(Fig. 2)

산화기는 막면적 0.8 m²의 Kolobow oxygenator (Scimed®, USA)를, 회로튜브는 내경 6.4 mm의 silicone tube (Silastic®, 601-465, Dow Corning, USA)를 이용하였고, 배액로(drainage line)와 관류로(perfusion line)의 사이에 섀트(shunt)회로를 설치하였다.

산화기와 회로튜브를 짜맞춘 후, 회로내에 CO₂ 가스를 흘리고, 산화기의 기상(gas phase)에 음압을 걸어 CO₂를 제거하면서, heparin 첨가 Ringer lactate 액(2500 u/500 ml) 약 350 ml로 회로를 충전(priming)하였다. ECLA 개시 직전에 수혈용건에서 채혈한 신선혈액으로 충전액을 치환하였고, 산화기와 회로를 투명한 플라스틱 상자내에 넣고 온풍을 흘려서 보온하였다.

가온한 산소를 기체여과기(gas filter)를 통하여 산화기의 기상에 흘려 가스교환을 실시하였고, 약 80 cm의

낙차로써 혈액 reservoir(20 ml)에 배액된 정맥혈을 roller-pump에 의하여 산화기에 보내고 다시 생체내로 관류하고자 하였다.

Reservoir 부에는 적외선 감시장치를 설치하여 배액되는 혈액량이 감소되면 reservoir가 수축하여 roller-pump가 자동으로 정지하게 되는 servo-control방법을 이용하였다. Bypass 혈류량은 실험종료후 roller-pump 1회전의 유량을 메스실린더로 측정하여 최대회전수를 곱하여 계산하였다.

3) 동물의 마취, 수술 및 측정법(Fig. 2)

실험은 잡견 26마리(수혈용건 13마리, ECLA 실시용건 13마리)를 대상으로 하였으며, pentobarbital 26 mg/kg 정주후 기관내 삽관을 하였고 인공호흡기(Newport ventilator, E 100, NMI, CA, USA)로 조절호흡을 실시하였다.

정주용 생리적 식염수를 담았던 비닐백내에 heparin 2000 u를 주입한 후, 수혈용건의 우측 외경정맥에서 낙차를 이용하여 700~800 ml의 신선혈액을 채취하여 가

Fig. 2. VV ECLA using a double lumen tube and extracorporeal circulation line. Three Swan-Ganz catheters are used for monitoring hemodynamic variables during venovenous bypass. Ao, aorta; LV, left ventricle; RV, right ventricle; RA, right atrium; SVC, superior vena cava; IVC, inferior vena cava; FA, femoral artery; FV, femoral vein.

은 보존하였다.

ECLA 실시용건은 하지에 정맥로를 확보한 후 pentobarbital 4 mg/kg/hr의 지속정주와 pancuronium 0.5 mg의 간헐적 정주로 마취를 유지하였으며, Foley 튜브를 방광내에 거치하였고 가온매트를 깔아서 체온을 유지하였다. 실험중 ACT (activated coagulation time)를 200초 내외로 유지하였다.

동맥압 측정과 동맥혈 채혈을 위하여 우측 대퇴동맥을 절개하여 7Fr.의 Swan Ganz thermodilution catheter (93A-131H-7F, American Edwards Laboratories, CA, USA)를 말단이 흉부 대동맥(thoracic aorta)에 위치하도록 삽입하였고, thermistor 단자를 oximeter/cardiac output computer (SAT-1, American Edwards Laboratories, CA, USA)에 접속하여 혈액 온도와 심박출량을 측정하였다. 심박출량 측정용 5% 포도당액을 카테타로 주입하기 위하여 우측 경동맥내로 7Fr.의 Swan Ganz catheter를 좌심실의 심첨부(apex)에 거치하였다.

폐동맥혈 산소포화도(SvO_2)를 지속측정하고, 폐동맥압 측정과 채혈을 위하여 좌측 외경정맥의 분지(branch)에서 7.5Fr. Swan-Ganz oximeter thermodilution

catheter (93A-731H-7.5F, American Edwards Laboratories, CA, USA)를 폐동맥내에 삽입하였고, oximeter/cardiac output computer에 연결하였다.

동맥혈 및 폐동맥혈의 가스분압 측정은 Corning 170 PH/blood gas analyzer (Corning, MA, USA)를 이용하였다.

4) 이중관에 의한 VV ECLA (경정맥 이중관법, 이중관군) (Fig. 2)

조절호흡하의 실험견의 동맥혈 산소분압(PaO_2)이 100 torr 전후, 탄산가스분압($PaCO_2$), 호흡수, 기도내 압력, 호기말 양압 등을 조절하였다. 실험견의 sternal notch와 xiphoid process 간의 중앙부를 우심방으로 고정하고, heparin 100 u/kg 정주후 이중관을 경정맥을 통하여 삽입하였다. 이 이중관을 혈액으로 충전된 ECLA 회로와 직접 연결하여 체외순환을 개시하였다.

약 30~60분간 회로내 혈액과 체내 혈액을 혼합한 후, 섀트회로를 열고 배액로와 관류로는 결자(clamp)로 차단하여 체외순환 중지(ECLA off)의 상태로 하였고, SvO_2 가 안정된 후 동맥압, 맥박수, 체온, 동맥혈과 폐동맥혈 가스분압 등을 측정하였다. 다음은 ECLA 회로

Fig. 3. VV ECLA using two single lumen catheters (two-way bypass). Ao, aorta; LV, left ventricle; RV, right ventricle; RA, right atrium; SVC, superior vena cava; IVC, inferior vena cava; FA, femoral artery; FV, femoral vein.

의 배액로와 관류도를 개방하고 셉트회로를 차단하여 세외순환 실시(ECLA on)로 전환하였고 roller pump의 회전수를 최대로 올렸다. 산화기의 기상에 100% 산소를 2~2.5l/min 흘렸으며, SpO_2 가 상승하여 안정되면 다시 동맥압, 맥박수, 체온, 동맥혈과 폐동맥혈 가스분압 그리고 배액 혈액(drained blood)과 관류 혈액(perfused blood)의 가스분압 등을 측정하였다.

ECLA on의 측정 종료후 다시 ECLA off로 전환하였고, 산소를 차단하고 roller pump의 회전수를 반정도도 낮추었다. 이러한 과정을 1마리의 실험견을 대상으로 4~7회 반복 실시하였다.

5) 두개의 카테타에 의한 VV ECLA (경대퇴정맥 복수관법, 대조군) (Fig. 3)

우측 외경정맥으로 삽입 가능한 최대의 thin-walled polyurethane tube를 카테타의 끝이 우심방의 중앙에 위치하도록 삽입하여 정맥혈을 배액하였고, 우측 대퇴정맥으로 동일 재질의 카테타를 4~5cm 삽입하여 관류

하였다. 배액 및 관류 부위가 다른 것 이외에는 이중관 의 경우와 똑같은 측정을 하였다.

양군의 모든 측정치는 평균치±표준편차로 표시하였으며, ECLA off와 ECLA on시의 측정치의 비교는 paired t-test를, 양군간의 비교는 unpaired t-test를 이용하였다. 통계적 수준은 $p < 0.05$ 기준으로 하였다.

Table 1. Basal Data of Two Groups (Mean ± SD)

Group Data	Double lumen	Control
No. of dogs	7	6
Weight (kg)	16.7 ± 1.9	16.1 ± 3.0
Hb (gm %)	13.6 ± 2.3	11.8 ± 2.6
$F_i O_2$	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
ECLA off-on	33 times	34 times

Hb, hemoglobin ; $F_i O_2$, inspired O_2 concentration

Table 2. Bypass Flow Rate, Bypass Ratio and Gas Analysis of Drained and Perfused Blood During ECLA on (Mean ± SD)

ECLA on	Group	Double lumen (n=33)	Control (n=34)	
Bypass flow rate (ml/kg/min)		52.3 ± 15.1	56.1 ± 20.5	
Bypass ratio (%)		65.0 ± 25.3	72.3 ± 29.0	
pH (torr)	Drained blood	7.30 ± 0.08	7.36 ± 0.04	$P < 0.002$
	Perfused blood	7.33 ± 0.09	7.39 ± 0.04	$P < 0.001$
PO_2 (torr)	Drained blood	52.2 ± 6.5	52.4 ± 4.8	
	Perfused blood	388.9 ± 78.7	435.8 ± 91.5	$P < 0.05$
SO_2 (%)	Drained blood	82.2 ± 5.2	84.9 ± 4.2	$P < 0.05$
	Perfused blood	99.8 ± 0.2	99.8 ± 0.1	
PCO_2 (torr)	Drained blood	39.5 ± 6.7	36.9 ± 4.9	
	Perfused blood	35.4 ± 5.2	31.7 ± 4.3	$P < 0.002$
HCO_3^- (mEq/L)	Drained blood	19.7 ± 3.2	20.5 ± 1.9	
	Perfused blood	18.7 ± 2.8	18.8 ± 1.9	
Base Excess (mEq/L)	Drained blood	-5.7 ± 3.9	4.0 ± 1.9	$P < 0.05$
	Perfused blood	-5.8 ± 3.9	4.6 ± 2.1	

Table 3. Temperature, Cardiac Output and Blood Gas Analysis of Double Lumen Group and Control Group During ECLA off and ECLA on (Mean $\pm$ SD)

Group		ECLA off	ECLA on	
Temperature ($^{\circ}$ C)	Double lumen	37.5 $\pm$ 1.3*	37.5 $\pm$ 1.0	P < 0.005
	Control	37.1 $\pm$ 1.0	37.1 $\pm$ 0.9	
Cardiac output (ml/kg/min)	Double lumen	103.4 $\pm$ 28.7	87.2 $\pm$ 22.3	P < 0.001
	Control	94.3 $\pm$ 28.9	82.3 $\pm$ 21.1	P < 0.001
Arterial blood gas analysis	pH	Double lumen	7.30 $\pm$ 0.07*	7.36 $\pm$ 0.09* P < 0.001
		Control	7.35 $\pm$ 0.05	7.41 $\pm$ 0.06 P < 0.001
	PO ₂ (torr)	Double lumen	115.8 $\pm$ 53.0	144.5 $\pm$ 51.2 P < 0.001
		Control	119.4 $\pm$ 56.3	143.1 $\pm$ 48.8 P < 0.001
	SO ₂ (%)	Double lumen	94.9 $\pm$ 5.2	97.8 $\pm$ 2.8 P < 0.001
		Control	96.0 $\pm$ 5.0	98.5 $\pm$ 0.8 P < 0.005
	PCO ₂ (torr)	Double lumen	37.1 $\pm$ 6.4	30.7 $\pm$ 5.9* P < 0.001
		Control	34.9 $\pm$ 6.8	28.5 $\pm$ 4.7 P < 0.001
	HCO ₃ ⁻ (mEq/L)	Double lumen	18.5 $\pm$ 2.3	17.4 $\pm$ 2.7 P < 0.05
		Control	18.9 $\pm$ 2.3	17.7 $\pm$ 1.8 P < 0.001
	Base Excess (mEq/L)	Double lumen	-6.6 $\pm$ 3.6	-6.0 $\pm$ 3.6 P < 0.001
		Control	-5.6 $\pm$ 2.0	-5.0 $\pm$ 1.9 P < 0.001
	pH	Double lumen	7.27 $\pm$ 0.08*	7.32 $\pm$ 0.08* P < 0.001
		Control	7.31 $\pm$ 0.04	7.36 $\pm$ 0.04 P < 0.001
	PO ₂ (torr)	Double lumen	43.3 $\pm$ 6.7*	70.1 $\pm$ 15.4* P < 0.001
		Control	39.4 $\pm$ 7.8	58.4 $\pm$ 3.9 P < 0.001
Pulmonary arterial blood gas analysis	SO ₂ (%)	Double lumen	70.7 $\pm$ 12.0	90.7 $\pm$ 4.4 P < 0.001
		Control	67.8 $\pm$ 10.0	90.5 $\pm$ 3.4 P < 0.001
	PCO ₂ (torr)	Double lumen	44.4 $\pm$ 9.7	36.6 $\pm$ 6.0* P < 0.001
		Control	42.4 $\pm$ 6.5	34.1 $\pm$ 4.3 P < 0.001
	HCO ₃ ⁻ (mEq/L)	Double lumen	20.4 $\pm$ 3.0	18.6 $\pm$ 2.2 P < 0.001
		Control	21.0 $\pm$ 2.1	19.0 $\pm$ 2.4 P < 0.001
	Base Excess (mEq/L)	Double lumen	-5.8 $\pm$ 3.3	-6.2 $\pm$ 3.2* P < 0.001
		Control	-4.8 $\pm$ 1.9	-4.8 $\pm$ 1.8
	Δ PvO ₂ (torr)	Double lumen		27.2 $\pm$ 17.8** (n=51)
		Control		18.3 $\pm$ 7.9 (n=60)

Double lumen group ; n = 33, Control group ; n = 34

* ; p < 0.05 (compared with control group), ** ; p < 0.001 (compared with control group)

성적

Table 1은 이중관군과 대조군의 기본치를 나타내었다. 이중관군에서는 7마리의 실험견을 대상으로 ECLA off와 ECLA on을 33회 실시하였고, 대조군에서는 6마리를 대상으로 34회 실시하였다. 양군의 체중과 헤모글로빈치의 유의한 차이는 없었다.

Table 2는 양군의 ECLA on시의 bypass 혈류량, bypass율, 배액 혈액과 관류 혈액의 가스분압 측정치를 표시하였다. Bypass 혈류량과 bypass율의 유의한 차이는 없었다.

Table 3는 양군의 ECLA off와 ECLA on 시점에서의 체온, 심박출량, 동맥혈과 폐동맥혈의 가스분석의 결과를 나타내었다. ECLA off에서 이중관군의 체온은 대조군보다 높았고($p<0.05$), 동맥혈 PH는 대조군보다 낮았다($p<0.05$). 양군 모두 ECLA off에서 ECLA on으로 이행하면 동맥혈의 PH와 PaO_2 , 동맥혈 산소포화도(SaO_2)등은 상승하였고($p<0.001$), 심박출량,

PaCO_2 그리고 동맥혈 HCO_3^- 는 유의하게 저하되었다. ECLA on에서 동맥혈 PH는 대조군보다 이중관군에서 낮았고($p<0.05$), PaCO_2 , PaO_2 는 이중관군에서 높았다($p<0.05$).

ECLA off에서 이중관군의 폐동맥혈 PH는 대조군보다 낮았고($p<0.05$), 폐동맥혈 산소분압(PvO_2)은 이중관군에서 높았다($p<0.05$). 양군모두 ECLA off에서 ECLA on으로 이행하면 PH, PvO_2 , SvO_2 등은 상승하였고($p<0.001$), ECLA on에서 폐동맥혈 base excess는 이중관군에서 낮았고($p<0.05$), PvO_2 와 폐동맥혈 탄산가스분압(PvCO_2)는 이중관군이 높았다($p<0.001$).

ECLA off에서 ECLA on으로, 또 ECLA on에서 ECLA off로 이행하였을때의 PvO_2 의 변화 ΔPvO_2 는 이중관군에서 27.2 ± 17.8 torr($n=51$), 대조군에서 18.3 ± 7.9 torr($n=60$)이었고, 양군간에 차이가 존재하였다($p<0.001$). Bypass율(x)증가에 따른 ΔPvO_2 의 변화(y)는 이중관군의 경우 $y=-6.54+0.50x$ ($r=0.71$, $p<0.001$), 대조군에서 $y=0.67+0.26x$ ($r=0.88$, $p<0.001$).

Fig. 4. Changes of ΔPvO_2 related to bypass ratio.

$p < 0.001$) (Fig. 4)로 이중관군에서 $\Delta P\dot{V}O_2$ 의 상승도가 높았다($p < 0.001$). 결국 $P\dot{V}O_2$ 의 상승효과는 이중관군이 우수하였다.

실험종료후 해부에 의하여 확인한 각종 측정용 카테타와 이중관군의 관류공, 대조군의 배액용 카테타의 위치 중 이중관의 1례에서 관류공이 하대정맥내에 삽입되었던 것 이외에는 모두 목적했던 위치와 일치하였다.

고 찰

간헐적 양압호흡(intermittent positive pressure ventilation)과 함께 간헐적 강제호흡(intermittent mandatory ventilation)⁹⁾, 고빈도 양압호흡(high frequency positive pressure ventilation) 등¹⁰⁾은 호흡부전증 환자의 호흡관리에 빈번하게 이용되고 있다^{11,12)}. 그러나, 여러가지 환기방법에도 불구하고 기도나 폐자체가 고도의 손상을 입어 혈액내 가스분압의 조절이 적절하게 이루어지지 못하여 생명의 위험이 가중될때, 환자의 혈액을 체외로 끌어내어 산화기로 가스교환을 대행하게 하고 산소화된 혈액을 다시 환자에 돌려주어 생명을 유지시키며, 그 사이 병변이 발생한 폐의 기능적 휴식을 가능케하는 체외순환을 이용한 폐기능 보조법이 등장하게 되었다^{13~17)}.

Bartlett등은 신생아 호흡부전증의 저산소증을 VA bypass로 치료하였고 이를 ECMO라 칭하였다¹⁸⁾. 1979년 미국의 NIH (National Institute of Health)에서는 90명의 성인 호흡 부전증 환자를 대상으로 두개군으로 나누어 기계적 인공호흡법(48명)과 ECMO법(42명)의 성적을 비교하였다. 양군에서 4명씩 생존하여 환자의 구명률에는 차이가 없는 것으로 결론을 내리게 되어¹⁹⁾ ECMO의 효과는 일시적으로 부정되었다.

그러나, 임상적으로 인공호흡기를 사용하여도 폐경을 통한 가스교환이 불가능한 경우가 있으며, 인공호흡의 환기조건 자체가 폐병변 치유를 방해할 가능성이 있는 점 등으로 인하여 ECMO의 연구는 지속되었으며, Bartlett등은 병리학적 회복이 빠른 신생아를 대상으로 ECMO의 적응증을 엄격히 정하여 예측사망률^{20~22)} 90% 이상의 호흡부전증에서 80%이상의 구명률을 보고하였다²³⁾. Gattinoni등은 VV bypass로 혈중 CO_2 를 제거하고 저빈도 양압조절 호흡을 병용하는 ECCO₂R을 개발하여²⁴⁾, 예측사망률 90%이상의 성인 43명을 대

으로 ECCO₂R을 실시하여 48%의 구명률을 보고하였다²⁵⁾. Morioka와 Terasaki는 혈중 O_2 와 CO_2 의 개선 이외에 폐의 안정(lung rest)에 중요성이 있다고 하여 ECLA라는 명칭을 사용하고 있으며, 본 연구에서는 폐 안정의 개념을 도입하여 적응증과 응용범위를 넓게한 ECLA라는 용어를 사용하였다^{26~30)}.

1987년 말까지 미국의 ECMO 중례수는 1379례에 달하였고³¹⁾, 이중 VA bypass는 98%를 점유하고 있다. VA bypass 실시시 경동맥 결찰과 신경학적 장애와의 인과관계는 확실치 않지만 3개월에서 11년까지의 추적조사를 실시한 72례중 43%는 정상으로 발육하였고, 17%에서 중증의 신경학적 장애와 발육지연 등을 관찰할 수 있었다³²⁾. VV ECLA는 산소화된 혈액을 폐로 보내어 폐혈류량을 유지하면서 가스교환을 보조하는 방법으로 환기-관류 불균형을 개선하며 국소 폐의 알칼리증(alkalosis)을 방지할 수 있으며³³⁾, 신생아의 지속성 폐고혈압증(persistent pulmonary hypertension of newborn)을 치유할 가능성도 있다³⁴⁾.

최근 심부전을 동반하지 않는 호흡부전증에는 경동맥 결찰을 피할 수 있는 VV bypass가 권장되고 있으나, 두곳의 혈관 절개가 필요하며, 출혈 및 환자관리의 불편성 등이 지적되어 왔고 따라서 수술부위를 한곳으로 국한시킬 수 있는 이중관에 의한 VV bypass의 필요성이 인식되어 왔다. 그러나 아직 종래의 VV bypass와의 비교실험이 없으므로 저자는 이중관을 이용한 VV bypass와의 정맥혈 산소화 효과를 $P\dot{V}O_2$ 의 차이 즉 $\Delta P\dot{V}O_2$ 와 bypass율 변화에 따른 $\Delta P\dot{V}O_2$ 의 변화를 지표로 비교하였다.

본 실험에서는 좌심실내에 5% 포도당액을 주입하고 흉부 대동맥에서 열회색법으로 심박출량을 측정하였으며, 이것은 VV ECLA 실시중에는 5%포도당액을 우심방에 주입하면 포도당액이 일부가 바로 배액되어 심박출량치는 실제보다 높게 측정되기 때문이었다. 양군에서 ECLA off에서 ECLA on으로 이행하면 심박출량이 감소하였는데, 이것은 산화기의 구조 및 체외순환 회로내의 이물질 반응 등으로 추정할 수 있으며, 체외순환 실시와 심박출량 감소현상 간의 관계여부는 추후 연구과제라 사료된다.

양군에서 최대 bypass 혈류량은 차이가 없었으며, 이중관에 의하여 상대정맥과 하대정맥에서 정맥혈이 효과적으로 배액 되었음을 암시하였으며, ECLA off와

ECLA on을 전후한 $P\bar{v}O_2$ 의 상승도가 이중관군에서 높았던 점으로 미루어 이중관이 $P\bar{v}O_2$ 상승에 유효하였다고 사료된다. 이중관에 의한 VV ECLA는 종래의 VV bypass에 비하여 혼합정맥혈의 산소화 보조효과면에서 월등하며, 수술부위를 한곳으로 국한시킬 수 있고, VA bypass의 합병증을 피하게 할 수 있는 호흡보조법³⁵⁾이며 신생아의 중증 호흡부전증에 용의하게 이용 가능하리라 기대한다.

결 론

카테타 삽입부위를 한곳으로 하고 VV bypass가 가능하도록 새로운 이중관을 고안하여 VV ECLA (이중관군)를 실시하여, 종래의 두개의 카테타를 이용하는 VV ECLA(대조군)와 잠전을 대상으로 혼합정맥혈 산소화 효과를 비교하였다.

이중관군에서 혼합정맥혈 산소화 보조 효과가 월등하였으며, 이중관에 의한 VV ECLA는 종래의 VV bypass의 단점을 보강하고 VA bypass의 합병증을 예방할 수 있는 체외순환법이라 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Bartlett RH, Andrews AF, Toomasian JM, et al: *Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) for newborn respiratory failure-45 cases. Surgery* 92: 425, 1982
- 2) Zapol WM, Wilson R, Hales C, et al: *Venovenous bypass with a membrane lung to support bilateral lung lavage. JAMA* 251:3269, 1984
- 3) Zapol WM, Snider MT, Schneider RC, et al: *Extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory failure. Anesthesiology* 46:272, 1977
- 4) Gattinoni L, Kolobow T, Tomlinson T, et al: *Low-frequency positive pressure ventilation with extracorporeal carbon dioxide removal (LFPPV-ECCO₂R): an experimental study. Anesth Analg* 57:470, 1978
- 5) Saito Y, Terasaki H, Otsu T, et al: *Extracorporeal lung assist with a single catheter in puppies. Crit Care Med* 13:501, 1985
- 6) Terasaki H, Nogami T, Saito Y: *Extracorporeal lung assist without endotracheal intubation and mechanical pulmonary ventilation. Crit Care Med* 15:84, 1987
- 7) Morioka T: *Respiratory care without endotracheal intubation-An aim of ECLA. Jpn J Thorac Dis* 23: 271, 1985
- 8) Bindslev L: *Adult ECMO performed with surface-heparinized equipment. Trans Am Soc Artif Organs* 34:1009, 1988
- 9) Kirby R, Robinson E, Schultz J, et al: *Continuous flow ventilation as an alternative to assisted or controlled ventilation in infants. Anesth Analg* 51: 871, 1972
- 10) Jonzon A, Oberg PA, Sedin G, et al: *High frequency positive pressure ventilation by endotracheal insufflation. Acta Anaesth Scand [Suppl]* 43:5, 1971
- 11) 김광우, 김성덕, 오용석 등: 중환자 호흡관리 실태보고(제 3 보). 대한마취과학회지 14(1):1, 1981
- 12) 김광우, 김성덕, 함병문 등: 중환자의 호흡관리 실태보고(제 4 보). 대한마취과학회지 15(1):1, 1982
- 13) Kolobow T, Zapol WM, Sigman RL: *Partial cardiopulmonary bypass lasting up to seven days in alert lambs with membrane lung blood oxygenation. J Thorac Cardiovasc Surg* 60:781, 1970
- 14) White JJ, Andrews MG, Risemberg H: *Prolonged respiratory support in newborn infants with a membrane oxygenator. Surgery* 70:285, 1971
- 15) Zapol WM, Qvist J, Pontoppidan, et al: *Extracorporeal perfusion for acute respiratory failure: recent experience with the spiral coil membrane lung. J Thorac Cardiovasc Surg* 69:439, 1975
- 16) Kolobow T, Stool EW, Sacks KL, et al: *Acute respiratory failure: survival following ten day's support with a membrane lung. J Thorac Cardiovasc Surg* 69:947, 1975
- 17) Kolobow T, Gattinoni L, Tomlinson TA, et al: *Laboratory report: control of breathing using an extracorporeal membrane lung. Anesthesiology* 46: 138, 1977
- 18) Bartlett RH, Gazzaniga AB, Huxtable RF, et al: *Extracorporeal circulation (ECMO) in neonatal respiratory failure. J Thorac Cardiovasc Surg* 74:826, 1977
- 19) Zapol WM, Snider MT, Hill JD, et al: *Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure: a randomized prospective study. JAMA* 242: 2193, 1979
- 20) Krumel TM, Greenfield LJ, Kirkpatrick BV, et al: *Alveolar-arterial oxygen gradients versus the neonatal pulmonary insufficiency index for prediction of mortality in ECMO candidates. J Pediatr*

Surg 19:380, 1984

- 21) Bartlett RH, Roloff DW, Cornell RG, et al: *Extracorporeal circulation in neonatal respiratory failure: a prospective randomized study. Pediatrics* 76:479, 1985
- 22) Redmond CR, Graves EP, Falterman KW, et al: *Extracorporeal membrane oxygenation for respiratory and cardiac failure in infants and children. J Thorac Cardiovasc Surg* 93:199, 1987
- 23) Toomasian JM, Snedecor SM, Cornell RG, et al: *National experience with extracorporeal membrane oxygenation for newborn respiratory failure: data from 715 cases. Trans Am Soc Artif Intern Organs* 34:140, 1988
- 24) Gattinoni L, Pesenti A, Pelizzola A, et al: *Reversal of terminal acute respiratory failure by low frequency positive pressure ventilation with extracorporeal removal of CO₂ (LFPPV-ECCO₂R). Trans Am Soc Artif Intern Organs* 27:289, 1981
- 25) Gattinoni L, Pesenti A, Marcolin R, et al: *Extracorporeal support in acute respiratory failure. Intensive care world* 5:42, 1988
- 26) 李國賢, 寺崎秀則: *ECLA (ECMO) 體外式肺補助, 臨床看護* 15(7):1023, 1989
- 27) 森岡亨, 寺崎秀則: *ECMO (ECLA) 救急醫學* 12(12):1721, 1988
- 28) 竹下沈郎, 寺崎秀則: 人工肺による呼吸不全の治療, *人工呼吸* 5:1, 1988
- 29) 津野恭司, 森岡亨: 呼吸不全に對する新しいメカニカルサポート: *extracorporeal lung assist. 救急醫學* 10(5):539, 1986
- 30) 寺崎秀則: 小兒のECMO治療, *ICUとCCU* 12(12):1061, 1988
- 31) 大津哲郎: 美國における新生兒ECMOの現況, *小兒外科* 21(2):203, 1989
- 32) Bartlett RH, Toomasian J, Roloff DW, et al: *Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in neonatal respiratory failure: 100 cases. Ann Surgery* 204:2236, 1986
- 33) Kolobow T, Gattinoni L, Fumagalli R, et al: *Carbon dioxide and the membrane artificial lung: their role in the prevention and treatment of respiratory failure. Trans Am Soc Artif Intern Organs* 28:20, 1982
- 34) Hardesty RL, Griffith BP, Debski RF, et al: *Extracorporeal membrane oxygenation: successful treatment of persistent fetal circulation following repair of congenital diaphragmatic hernia. J Thorac Cardiovasc Surg* 81:556, 1981
- 35) Zwischenberger JB, Toomasian JM, Drake K, et al: *Total respiratory support with single cannula venovenous ECMO: double lumen continuous flow vs. single lumen tidal flow. Trans Am Soc Artif Intern Organs* 31:610, 1985