經皮酸素 및 二酸化 炭酸가스分壓測定値에 對한 臨床的 評價

延世大學校 醫科大學 麻酔科學敎室

高 信 玉 · 吳 興 根

= Abstract =

Clinical Use of Transcutaneous Monitoring of PO_2 and PCO_2 in the ICU Patients

Shin Ok Koh, M.D. and Hung Kun Oh, M.D.

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

Transcutaneous oxygen and carbon dioxide tension ($PtcO_2$ and $PtcCO_2$) measured with a heated electrode was compared with arterial oxygen and carbon dioxide tension (PaO_2 and $PaCO_2$) in 5 groups of 37 patients admitted to the Intensive Care Unit, Severance hospital, from October 1985 to February, 1986.

The results were as follows

1) In the group 1 (6 neonate patients), the $PtcO_2$ and $PtcCO_2$ index was 0.89, 1.02. The relationship of the two method is given by the regression equation (in mmHg): $PaO_2 = 1.15 (PtcO_2) + 0.77$ ($r: 0.86$ $p < 0.001$) $PaCO_2 = 0.87 (PtcCO_2) + 5.12$ ($r: 0.91$ $p < 0.001$)

2) In the group 2 (13 nonsurgical patients) the $PtcO_2$ and $PtcCO_2$ index was 0.71, 1.03. The relationship of the two methods is given by the regression equation (in mmHg): $PaO_2 = 1.42 (PtcO_2) - 0.27$ ($r: 0.89$ $p < 0.001$) $PaCO_2 = 1.03 (PtcCO_2) - 2.43$ ($r: 0.94$ $p < 0.001$)

3) In the group 3 (8 immediate postopen heart patients) $PtcO_2$ index was 0.20, $PtcCO_2$ index was 1.25. There was no correlation between $PtcO_2$ and PaO_2 . The relationship of the two method is given by the regression equation (in mmHg): $PaCO_2 = 0.40 (PtcCO_2) + 21.68$ ($r: 0.60$ $p < 0.005$)

4) In the group 4 (9 postopen heart patient after extubation) $PtcO_2$ & $PtcCO_2$ index was 0.60, 1.05, and the relationship of the two method is given by the regression equation (in mmHg): $PaO_2 = 1.92 (PtcO_2) + 67.26$ ($r = 0.68$ $p < 0.001$) $PaCO_2 = 0.64 (PtcCO_2) + 14.87$ ($r = 0.66$ $p < 0.001$)

5) In the group 5 (COPD Patient) the $PtcO_2$ and $PtcCO_2$ index was 0.84, 1.04. and the relationship of the two method is given by the regression equation (in mmHg) $PaO_2 = 1.10 (PtcO_2) + 7.35$ ($r = 0.81$ $p < 0.001$) $PaCO_2 = 0.52 (PtcCO_2) + 21.59$ ($r: 0.63$ $p < 0.001$).

Continuous monitoring can reveal large fluctuations in PaO_2 and $PaCO_2$ which would be missed by the use of intermittent arterial samples.

The transcutaneous electrode can be employed usefully in the neonate and hemodynamically stable adult patient in Intensive Care Unit.

However this method is not recommended to the patients in shock, immediate postoperative patient with peripheral vasoconstriction and poor perfusion.

서 론

과거 20년 동안 동맥혈 가스분압을 이용하여 PaO_2 , PaCO_2 및 PH를 측정해 왔는데 여러가지 문제점이 있어, 지속적으로 감시할 수 있는 비침습적 방법을 모색하게 되었다.

1972년 경피산소분압(PtcO_2)측정이 개발되고¹⁾ 이어 경피이산화탄산가스분압(PtcCO_2)측정이 가능해 진 후 신생아 및 성인환자²⁾, 신경외과^{3,4)} 및 일측 폐 마취중에 동맥혈 가스분압과의 상관성이 평가돼 왔다⁵⁻⁹⁾. 이 지속적 경피적 측정은 피부혈관이 가열되어 확장됐을 때 동맥혈화된 혈중산소가 모세혈관에서 피부쪽으로 확산되어 피부에서의 가스분압측정치가 동맥혈내 측정치와 비슷해 진다는 데에 이론적 근거를 두고 있다¹⁰⁻¹³⁾. 그리고 이 방법은 지속적으로 감시하므로써 간헐적 채혈로는 발견할 수 없는 저산소혈증, 저포는 파이산화탄산가스혈증에 빠지는 기회를 감소시킬 수 있는 이점이 있다.

차제에 저자들은 연세대학교 의과대학 부속 세브란스병원 중환실에 1985년 10월 1~부터 1986년 2월 28일까지 입원한 환자를 무작위로 선택하여 5군으로 나누어 Radiometer 제 TCM 222로 PtcO_2 및 PtcCO_2 를 측정하면서 동시에 채혈 측정된 PaO_2 , PaCO_2 와의 상관관계를 비교 검토하고 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

관 찰 방 법

경피기체분압측정은 Radiometer 제인 TCM 222로 측정했으며 E 5242 PtcO_2 전극은 가열부분(heating

element) 온도센서(temperature sensor)와 Clark type oxygen electrode가 하나로 조합, 구성된 것이다. E5242 PtcO_2 전극은 백금 음극과 은양극으로 구성되었으며 전해질 용액과 O-ring으로 고정된 산소투과성막으로 덮여져 있다. 한편 E5230 PtcCO_2 전극은 특별히 고안된 온도조절(thermostatted) Severinghaus CO_2 전극으로서 가열부분(heating element), 온도센서(temperature sensor) 유리 PH전극(glass PH electrode), 기준전극(reference electrode)이 하나로 조합되어져 있다.

전극부착시의 온도는 43°C 로 하고 부착부위는 주로 PtcO_2 는 흉벽전면을, PtcCO_2 는 흉벽, 전박, 대퇴의 전면을 이용했다. 전극부착 전 PtcO_2 와 PtcCO_2 calibration을 시행했고 마교환시에는 2 point calibration을 시행했다. 전극부착 부위를 알코올로 닦은 후 말리고 adhesive ring을 부치고 electrolyte solution을 2~3방울 놓고 전극을 연결했다. electrode output이 안정될 때 동맥혈을 채취했고, 동맥혈은 신생아인 경우 제대동맥, 소아와 어른환자인 경우 요골동맥에 카테타를 삽입하여 채혈했고, 동맥혈채취시 경피기체분압치를 기록했다(Fig. 1). 동맥혈가스분압은 Corning 175 blood gas analyser로 측정했고, 이때 체온은 직장체온을 입력시켰다.

통계는 t-test로 유의성을 판정하고 직선회귀방정식 및 상관계수, 경피산소분압지수 및 경피이산화탄산가스분압지수를 구했고, 결과는 평균표준오차로 표시했다.

관찰대상 및 동맥혈과경피측정 표본수: 환자는 37명이었고 표본수는 각각 161개였는데 각 군별로 보면 아래와 같다.

제 1 군: 신생아환아 6명, 표본수: 35 (Table 1)

FIG. 1. PtcO_2 and PtcCO_2 monitoring in the neonate patient.

Table 1. Neonate Patients

Case No.	Name	Sex/Age (Day)	Gestation weeks	Body weight	Dx(Op. Name)	Respiratory Care	No. of Sample	Mean Arterial Pressure	Result
1	Ku-B	M/7	33	1.8	Premature, low-birth weight	60% O2 hood	7	43.9	Extub.
2	Sung-B	F/2	31	1.95	Premature, IRDS	Bourns vent. CMV c PEEP	9	26.3	DAA
3	Cho-B	M/1	30	1.5	Premature, neonatal syphilis	Bourns BP200 IMV c PEEP	4	48.3	DAA
4	Park	M/30	40	3.95	Neuroblastoma (POD#1)	Bourns Bp200 IMV c PEEP extubation	6	58.4	Extub.
5	Koh-B	M/30	40	3.4	Neonatal tetanus	Bourns Bear 2001 IMV	3	42.5	Extub.
6	Lee	F/40	40	4.0	Imperforated anus, pulmonary edema	Bourns BP200 Weaning	6	61.2	Extub.
DAA: Discharge against advice Extub: Extubation CMV: Controlled Mechanical Ventilation IMV: Intermittent Mandatory Ventilation Vent: Ventilator							35		

Table 2. Nonsurgical Patients

Case No.	Name	Sex/Age (Year)	Body Weight	Dx	Respiratory Care	No of Sample	MAP	Result
1	Yoon	m/5	15	Trauma rib fracture	Servo ventil. CMV c̄ PEEP → IMV	5	75.0	Extub
2	Chung	m/37	67	Status epilepticus	Bennett MAII CMV	2	80.0	Trachostomy
3	Yang	m/52	60	Septicemia ARDS	Bennett MAII SIMV	3	83.9	Extub → expire
4	Song	f/56	40	T-E fistula	Bennett 7200 CMV	3	72.3	Expire
5	Lee	f/42	45	Septic ARDS	Bennett MAII CMV	3	150.0	Extub
6	Lee	f/70	50	Septic ARDS	Bennett MAII CMV c̄ PEEP	6	95.9	Extub
7	Han	f/58	40	Multiple sclerosis	Bennett MAII, IMV	2	82.9	DAA
8	Yoon	m/55	76	Pulmonary edema	Bennett MAII IMV	2	90.0	Extub
9	Kim	m/34	70	MI, after CPR	"T" piece	2	95.8	Extub
10	Kang	m/20	65	Cervical cord injury	Bennett MAII IMV	2	105.0	Transfer
11	Chang	m/71	65	Cerebral Contusion COPD	"T" piece	2	105.0	Transfer
12	Yang	m/70	73	MI Flail chest	B-MaII CMV c̄ PEEP	5	102.7	DAA
13	Park	m/6	15	Congestive heart failure	"T" piece	5	77.3	Expire

Table 3. Immediate Postopen Heart Patients

Case No.	Name	Sex/Age	Body Weight (kg)	Dx., op name	Respiratory Care	No. of Sample	Mean arterial pressure	Result
1	Shin	m/54	65	Septic shock	B-MALI CMV	3	75	Expire
2	Yoo	m/31	56	Mitral valvular replacement	B-MALI CMV	3	83.9	Extub.
3	Suh	m/2	10	TOF, total correction	Bourns V. CMV	2	63.5	Extub.
4	Kim	f/3	11	VSD $\bar{c}$ pH	Bourns V. CMV	3	80.1	Extub.
5	Cha	m/3	13.5	VSD ASD	Bourns V. CMV	2	90.2	Extub.
6	Yeo	m/12	25	ASD	B-MALI	3	90.2	Extub.
7	Kim	m/16	42	TOF, after cardiac arrest	B-MALI CMV	3	74.2	Extub.
8	Lee	m/1	7.7	VSD ASD	Servo 900C CMV	1	74.2	Extub.

20

Extub: Extubation

Table 4. The Postopen Heart Patients after Extubation

Case No.	Name	Sex/Age (yr)	Body Weight (kg)	Dx. op. name	Respiratory Care Ventilator, Mode	No. of Sample	Mean Arterial Pressure	Result
1	Lee	F/6	15	TOF B-T shunt POD #1	Bourns V. CMV	2	67	Extu.
2	Lee	F/21	52	TOF total correction POD #1	B-MALI CMV	3	96	Extu.
3	Ahn	f/28	38	MS, MR MVR POD #1	B-MALI CMV	2	77.5	Extu.
4	Cho	F/7/12	10	TOF total correction POD #3	"T" piece	5	76.5	Extu.
5	Cho	M/10/12	9.2	TOF, PDA POD #2-#4	Servo 900C CMV $\bar{c}$ PEEP	9	73.3	Extu.
6	Lee	M/1.1/12	7.7	VSD ASD POD #3	Bourns V. CMV	6	82.5	Extu.
7	Kim	F/1.3/12	4.8	VSD $\bar{c}$ PH POD #1	Bourns V. CMV	3	82.6	Extu.
8	Bang	M/4/12	5.9	VSD POD #1-4	Bourns V. CMV-Extubation	5	79.5	Extu.
9	Kim	F/6/12	6.1	VSD POD #1	Servo 900C CMV	1	103.3	Extu.

36

Extu: extubation

Table 5. Relationship between PaO_2 and PtcO_2

Group	Mean $\pm$ SE mmHg		Regression equation	Correlation Coefficient	P value	PtcO_2 index
	PaO_2	PtcO_2				
1	97.71 $\pm$ 8.50	86.63 $\pm$ 6.28	$\text{PaO}_2 = 1.15(\text{PtcO}_2) + 0.77$	0.86	<0.001	0.89
2	99.45 $\pm$ 5.43	71.07 $\pm$ 3.57	$\text{PaO}_2 = 1.42(\text{PtcO}_2) - 0.27$	0.89	<0.001	0.71
3	148.45 $\pm$ 12.89	29.00 $\pm$ 7.14	$\text{PaO}_2 = 0.26(\text{PtcO}_2) - 140.86$	0.14	<0.54	0.20
4	155.30 $\pm$ 11.78	93.38 $\pm$ 8.41	$\text{PaO}_2 = 1.62(\text{PtcO}_2) + 67.26$	0.68	<0.001	0.60
5	90.96 $\pm$ 3.08	76.36 $\pm$ 2.28	$\text{PaO}_2 = 1.10(\text{PtcO}_2) + 7.35$	0.81	<0.001	0.84

Table 6. Relationship between PaCO_2 and PtcCO_2

Group	Mean $\pm$ SE mmHg		Regression equation	Correlation Coefficient	P value	PtcCO_2 index
	PaCO_2	PtcCO_2				
1	43.97 $\pm$ 2.14	44.77 $\pm$ 2.26	$\text{PaCO}_2 = 0.87(\text{PtcCO}_2) + 5.12$	0.91	<0.001	1.02
2	38.17 $\pm$ 1.61	39.29 $\pm$ 1.31	$\text{PaCO}_2 = 1.03(\text{PtcCO}_2) - 2.43$	0.94	<0.001	1.03
3	43.85 $\pm$ 2.50	54.95 $\pm$ 3.74	$\text{PaCO}_2 = 0.40(\text{PtcCO}_2) + 21.68$	0.60	<0.001	1.25
4	45.06 $\pm$ 1.48	47.30 $\pm$ 1.52	$\text{PaCO}_2 = 0.64(\text{PtcCO}_2) + 14.87$	0.66	<0.005	1.05
5	44.29 $\pm$ 0.77	45.89 $\pm$ 0.95	$\text{PaCO}_2 = 0.52(\text{PtcCO}_2) + 21.59$	0.63	<0.001	1.04

제 2 군: 비수술 및 내과계 환자 13명 표본수: 42 (Table 2)

제 3 군: 개심술 직후 환자 8명, 표본수: 20 (Table 3)

제 4 군: 개심술 후, 발판한 상태의 환자 9명, 표본수: 36 (Table 4)

제 5 군: 만성폐쇄성 폐질환 환자 1예 표본수: 28

관 찰 결 과

제 1 군: 6명의 환자에서의 PaO_2 는 최저 31에서 최고 229 mmHg로 측정되어 평균 97.71 ± 8.50 mmHg였고, PtcO_2 는 34 mmHg에서 211 mmHg의 범위에서 평균 86.63 ± 6.28 mmHg였고, PtcO_2 지수는 0.89였다 (Table 5).

PaCO_2 는 26~81 mmHg의 범위로 측정되어 평균 43.97 ± 2.14 mmHg였고, PtcCO_2 는 26~85 mmHg의 범위로서 평균 44.77 ± 2.26 mmHg였으며 PtcCO_2 지수는 1.02였다 (Table 6). 이에 대한 회귀방정식(regression equation)은 $\text{PaO}_2 = 1.15 \text{ PtcO}_2 + 0.77$, $\text{PaCO}_2 =$

Fig. 2. Relationship between transcutaneous oxygen tension (PtcO_2) and arterial oxygen tension (PaO_2) in the neonate patients.

Fig. 3. Relationship between transcutaneous carbon dioxide tension ($P_{tc}CO_2$) and arterial carbon dioxide tension ($PaCO_2$) in the neonate patients.

Fig. 5. Relationship between $P_{tc}CO_2$ and $PaCO_2$ in the nonsurgical patients.

Fig. 4. Relationship between $P_{tc}O_2$ and PaO_2 in the nonsurgical patients.

$0.87(P_{tc}CO_2) + 5.12$ 였으며 상관계수는 0.86 및 0.91이었
고 이때 p value는 0.001이하였다(Table 5, 6 Fig. 2, 3).

2) 제 2 군은 13명의 비수술, 내과계 환자로 PaO_2 , $P_{tc}O_2$ 는 47~197 및 40~138 mmHg의 범위였고, 평균 99.45 ± 5.43 및 71.07 ± 3.57 mmHg이었으며, $P_{tc}O_2$ 지수는 0.71였다. 회귀방정식은 $PaO_2 = 1.42(P_{tc}O_2) - 0.27$, 상관계수 0.89 P치는 0.001이하였다(Table 5 Fig. 4).

Fig. 6. Relationship between $P_{tc}O_2$ and PaO_2 in the immediate postopen-heart patients.

$PaCO_2$ 및 $P_{tc}CO_2$ 는 26~76 및 28~59 mmHg 범위에
있었고, 평균 37.17 ± 1.61 및 39.28 ± 1.31 mmHg였
으며 $P_{tc}CO_2$ 지수는 1.03였다. 회귀방정식은 $PaCO_2 =$
 $1.03(P_{tc}CO_2) - 2.43$, 상관계수 0.94, $p < 0.001$ 이었다

Fig. 7. Relationship between $P_{tc}CO_2$ and $PaCO_2$ in the immediate postopen-heart patients.

Fig. 8. Relationship between $P_{tc}O_2$ and PaO_2 in the postopenheart patients after extubation.

(Table 6, Fig. 5).

3) 제 3 군은 심장수술직 후의 8명에서의 결과로 PaO_2 및 $P_{tc}O_2$ 는 50~293 및 2~82 mmHg의 범위에 있었고, 평균 148.45 ± 12.89 및 29.00 ± 7.14 mmHg로 $P_{tc}O_2$ 지수는 0.20였다 (Table 6).

회귀방정식은 $PaO_2 = 0.26(P_{tc}O_2) - 140.86$ 상관계수는 0.14의 결과를 보였고 이는 P치가 0.54로 통계적 의의가 없었다 (Table 5, Fig. 5)

$PaCO_2$ 및 $P_{tc}CO_2$ 는 33~79 및 35~92 mmHg 범위에 있었고 평균 43.85 ± 2.50 및 54.95 ± 3.74 mmHg로 $P_{tc}CO_2$ 지수는 1.25였다. 직선회귀방정식은 $PaCO_2 = 0.40(P_{tc}CO_2) + 21.68$ 상관계수 0.60 P치는 0.005이

Fig. 9. Relationship between $P_{tc}CO_2$ and $PaCO_2$ in the postopenheart patients after extubation.

Fig. 10. Relationship between $P_{tc}O_2$ and PaO_2 in the COPD patient.

하로 통계적 의의가 있었다 (Table 6, Fig. 7)

4) 제 4 군은 심장수술후, 기관내 튜브를 발판한 상태의 9명환자에서의 결과로 PaO_2 , $P_{tc}O_2$ 는 50~340 및 32~291 mmHg의 범위에 있었고 평균은 155.30 ± 11.78 및 93.33 ± 8.41 mmHg로 $P_{tc}O_2$ 지수는 0.60였다 (Table 5). 회귀방정식은 $PaO_2 = 1.92(P_{tc}O_2) + 67.26$ 상관계수는 0.68 P치는 0.001이하로 통계적 의의가 있었다 (Table 5, Fig. 8).

Fig. 11. Relationship between $P_{tc}CO_2$ and $PaCO_2$ in the COPD patient.

$PaCO_2$, $P_{tc}CO_2$ 는 33~65 및 29~68 mmHg의 범위에 있었고, 평균 45.06 ± 1.48 및 47.30 ± 1.52 mmHg로 $P_{tc}CO_2$ 지수는 1.05였다. 직선 회귀방정식은 $PaCO_2 = 0.64(P_{tc}CO_2) + 14.87$ mmHg 상관계수 0.66 P치가 0.001이었다(Table 6, Fig. 9).

5) 제 5 군은 만성폐쇄성 폐질환 환자 1예로 PaO_2 및 $P_{tc}O_2$ 는 67~129 및 51~104 mmHg 범위였고, 평균 90.96 ± 3.08 및 76.36 ± 2.28 mmHg였고 $P_{tc}O_2$ 지수는 0.84였다. 회귀방정식은 $PaO_2 = 1.10(P_{tc}O_2) + 7.35$, 상관계수 0.81, P치가 0.001이었다(Table 5, Fig. 10).

$PaCO_2$ 및 $P_{tc}CO_2$ 는 38~53 및 35~56 mmHg 범였고 평균 44.29 ± 0.77 및 45.89 ± 0.95 mmHg였으며 $P_{tc}CO_2$ 지수는 1.05였다. 회귀방정식은 $PaCO_2 = 0.52(P_{tc}CO_2) + 21.59$ 상관계수 0.63 P치가 0.001이었다(Table 6, Fig. 11).

고 찰

신생아군(제 1 군)과 내과제군(제 2 군)에서 $P_{tc}O_2$ 및 PaO_2 와의 상관계수는 0.86 및 0.89, $P_{tc}CO_2$ 및 $PaCO_2$ 와의 상관계수는 0.91 및 0.94로 양자간에 통계적으로 유의한 밀접한 상관관계를 보였으며 이는 Kilbridi와 Merenstein¹⁴⁾이 미국아환자에서의 결과와 Martin 등¹⁵⁾의 결과와 비슷했다.

이 두 군에서의 경피산소분압지수($P_{tc}O_2$ index:

$P_{tc}O_2/PaO_2$)는 0.89 및 0.71이었고, 경피이산화탄소 가스분압지수($P_{tc}CO_2$ index: $P_{tc}CO_2/PaCO_2$)는 1.02 및 1.03이었다. 즉 신생아군에서의 $P_{tc}O_2$ 와 $P_{tc}CO_2$ 가 PaO_2 및 $PaCO_2$ 에 보다 가까움을 나타냈고, $P_{tc}O_2$ 보다는 $P_{tc}CO_2$ 의 측정치가 신생아군과 내과군사이에 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 어른에서보다 신생아에서 피부가 얇고, 조직관류가 양호한 결과임을 시사하고 있다. $P_{tc}O_2$ 에 영향을 미치는 요인으로는 피부 상태, 가온여부, 전극온도, 마취제^{16,17)}, 혈압, 관류 상태, 심박출량, 약물, 지리적인 조건들이 있고 전극에 압력을 가한 경우에도 결과가 낮게 나오며, 이마, 발바닥 및 손바닥등에서는 측정치가 낮기때문에 그런 곳에서의 측정은 피해야 한다고 했다¹⁸⁾. 건강한 신생아에서의 $P_{tc}O_2$ 측정치는 PaO_2 와 비슷한 결과를 나타내므로, 저산소혈증, 과산소혈증, 심박출량 및 혈류상태를 평가할 수 있다. 심한 저혈압이나 tolazoline을 사용한 경우를 제외하고는 환자에서 경피가스분압측정방법은 적용할 수 있을 것이라 했으나^{14,19)}, 아직도 찬반론이 많다^{19,20)}. Vogel 등²¹⁾은 심박출량이 2.0 LPM 이하일때 $P_{tc}CO_2$ 와 $PaCO_2$ 의 상관계수(r)는 0.24이나, 심박출량 2.2~2.4 LPM에서는 상관계수 0.87이고, 심박출량 2.4~3.6 LPM에서는 상관계수가 0.88이므로, 기계적 인공환기보조시 PaO_2 와 $P_{tc}O_2$ 와의 관계도 중요하지만 $PaCO_2$ 변동에 의한 뇌혈류에 미치는 영향과, 혈액학적변동과의 관계를 보는 것이 더 중요하다고 했다.

전극온도를 몇도로 하는 것이 가장 적당한가에 대해서는 여러 보고^{15,21~24)}가 있다. Frey 등²⁵⁾은 41°C와 43°C에서의 결과는 차이가 없었으나, 44°C에서의 결과와는 차이가 생겼으며, 이는 44°C에서 동맥화가 더 잘 이루어지기 때문이라고 하였다. 그러나 피부전극을 44°C에서 4시간마다 위치변경시 화상이 발생했고, 45°C에서는 10시간 지속적 관찰시에도 위험이 없었다고 한다. 본 연구에서는 장시간 전극부착시의 임상적의의를 찾기 위해 43°C로 고정하였으며 따라서 전극온도별 결과비교는 불가능하였고, 신생아군에서 부착 부위에 흔적은 있었으나, 화상은 발생치 않았고, 성인 환자에서도 화상이 발생치 않았다.

제 3 군 즉 심장수술 직후의 환자에서 $P_{tc}O_2$ 측정시 상관계수 0.14, $P_{tc}O_2$ 지수 0.20의 결과를 보였고, P치가 의의없게 나타난 것은 저체온으로 혈관이 수축되어 동맥혈에서 피부로의 산소확산을 막아서 $P_{tc}O_2$ 측정이 무의미하게 된 결과이며, 저혈압상태의 유아에서와 같이 $P_{tc}O_2$ 와 PaO_2 와의 상호관계가 적었다^{14,19,25)}.

P_{tCO_2} 의 정확한 결과를 얻기 위해서는, 표면적관류위해 hyperperfusion시켜, 피부로 운반되는 산소로 하여금 국소적인 산소소모를 충족시켜야 하며, 혈관확장이 되어야 하는데, 개심술 후 1일이상 지난 제 4군의 결과에서와 같이 PaO_2 와 P_{tCO_2} 와의 상관계수 0.68, P_{tCO_2} 지수 0.60의 결과로 제 3군 심장수술직 후의 환자에서보다 P_{tCO_2} 결과가 통계적 의의를 보이고 있음을 나타낸다.

반면에 CO_2 는 좀 더 확산이 잘되는 가스이므로 $37^\circ C$ 에서도 P_{tCO_2} 와 $PaCO_2$ 의 상관관계가 있고 $42^\circ C$ 에서도 온도별 차이가 없는 것으로 보고된 바 있다²²⁾. 피부혈액순환이 불량하면 CO_2 washout 감소, 유산의 anaerobic metabolic generation 과 피부 bicarbonate의 titration으로 P_{tCO_2} 증가할 것이며, 동정맥간의 PCO_2 차이가 적으므로 국소혈류의 변화에 따른 영향을 P_{tCO_2} 보다는 적게 받고 저혈압이 심한 경우에도 $PaCO_2$ 와의 상관관계는 있는 것으로 나타낸다. P_{tCO_2} 는 수축기압 35 mmHg 이하에서 PaO_2 와의 차이가 2SD였지만, P_{tCO_2} 는 15 mmHg에서도 2SD를 벗어나지 않았다¹⁸⁾. 이렇게 P_{tCO_2} 는 P_{tO_2} 와는 달리 심혈관계의 관류상태의 영향을 덜 받는다. 본 연구의 제 3군의 심장수술 직후의 환자에서도 $PaCO_2$ 와 P_{tCO_2} 와의 상관계수는 0.60으로 통계적인 유의성을 보여주었고, 이는 제 4군의 상관계수 0.66과 별차이가 없었다. 한편 P_{tCO_2} 지수는 1.25에서 1.05로 감소하여 $PaCO_2$ 와 P_{tCO_2} 측정치가 보다 가까움을 보여주었고 있다.

P_{tCO_2} 지수가 1보다 낮은 이유 즉 PaO_2 결과보다 P_{tCO_2} 측정치가 낮은 이유는 첫째 전극의 온도를 가열함으로써 Stratum Corneum의 구조변화를 가져와 산소의 확산을 촉진하고, 둘째 국소적으로 가열되면 피부모세혈관의 혈액온도가 증가하며 일정한 포화상태에서 산소해리곡선을 오른쪽으로 이동시키면서 PO_2 를 증가시키고 동시에 피부 자체의 산소소모를 증가시키기 때문이다. 세번째는 동맥혈가스분압측정법과 경피적 산소분압측정법의 calibration이 다르기 때문인 것으로 알려져 있다¹⁰⁾.

한편 P_{tCO_2} 지수가 1보다 높은 이유는 첫째 피부가 열로 인한 국소적인 대사증가로 이산화탄산가스증가 둘째 모세혈관 loop의 counter current exchange 셋째 감지기에서 이산화탄산가스가 제거되지 못하고 축적되기 때문이고, 넷째 모세혈관이 가열로 인한 이산화탄소분압증가, 다섯째는 PH glass에 대한 피부의 냉각효과, 여섯째 세동맥과 세포의 이산화탄산가스의 차이때문이라 했다^{26~28)}. P_{tCO_2} 측정에 영향을 미치는

요인으로는 피부온도, 전극에서 피부로의 열전이, 피부온도의 전도성, 피부내 모세혈관분포, blood heat capacity, 피부관류등이다²⁹⁾.

환자의 질환별 또는 상태에 따른 영향을 배제하기 위해 제 5군에서는 만성폐쇄성환자를 선정하여 3일간 계속 관리하면서 얻은 28개의 표본에서의 결과는 P_{tCO_2} 와 PaO_2 와의 상관계수 $r=0.81$, P_{tCO_2} 지수 0.84로 통계적 의의가 있었고 P_{tCO_2} 와 $PaCO_2$ 와의 상관계수는 0.63, P_{tCO_2} 지수는 1.04로 이 결과는 통계적 의의가 있었고, $PaCO_2$ 와 근사함을 보여 주고 있다.

이상의 결과로 보아 중환자실에서 호흡보조를 받고 있는 환자에서는 기관내삽관시, 튜브폐쇄시, 폐기종 또는 뇌실질내 출혈등이 발생했을 때 치명적 결과가 갑자기 초래될 수 있으므로 이런 경우 지속적 경피가스 측정보다 신속하고 정확하게 환자의 위급상태를 탐지하는 데 큰 의의가 있다.

그리고 성인환자에서도 저체온 및 저관류상태가 아닌 경우에는 신빙성이 있어 반복채혈에 의한 간헐적 동맥혈중 가스분압측정법보다 비침습적으로 계속 가스분압변동을 감지할 수 있어 유용함을 알 수 있었다. 이때 경제적인 문제는 있으나 지속적인 기록과 기억장치가 있는 것이 좋으며 경피산소포화도도 동시에 측정할 수 있는 것이 바람직하다.

결 론

연세대학교 의과대학 부속 세브란스병원 중환자실에 1985년 10월 1일부터 1986년 2월 28일까지 입실한 37명의 환자를 5군으로 나누어 경피기체분압(Radiometer 제) 및 동맥혈중 가스분압(Corning 175)을 동시에 측정하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1) 제 1군(신생아군)의 P_{tO_2} 및 P_{tCO_2} 지수는 0.89 및 1.02였고, P_{tO_2} 와 PaO_2 , P_{tCO_2} 와 $PaCO_2$ 의 상관계수는 0.86 및 0.91이었다. 직선회귀방정식은 $PaO_2=1.15(P_{tO_2})+0.77$, $PaCO_2=0.87(P_{tCO_2})+5.12$ 이었다.

2) 제 2군(내과제, 비수술 환자)의 P_{tO_2} 및 P_{tCO_2} 지수는 0.71 및 1.03이었고, P_{tCO_2} 와 PaO_2 및 P_{tCO_2} 와 $PaCO_2$ 의 상관계수는 0.89 및 0.94를 나타냈다. 직선회귀방정식은 $PaO_2=1.42(P_{tO_2})-0.27$ 과 $PaCO_2=1.03(P_{tCO_2})-2.43$ 으로 나타냈다.

3) 제 3군(심장수술 직후의 환자군)에서의 P_{tCO_2} 및 P_{tCO_2} 지수는 0.20 및 1.25였고, P_{tO_2} 와 PaO_2 및 P_{tCO_2} 와 $PaCO_2$ 의 상관계수는 0.14 및 0.60으로

PtcO₂와 PaO₂와의 관계는 통계적 의의가 없었다. 직선회귀방정식은 $\text{PaCO}_2 = 0.40(\text{PtcCO}_2) + 21.68$ 을 나타냈다.

4) 제 4 군(개심수술 후에 발판한 환자): PtcO₂ 및 PtcCO₂지수는 0.60 및 1.05였고 PtcO₂와 PaO₂ 및 PtcCO₂와 PaCO₂와의 상관계수는 0.86 및 0.66을 나타냈다. 직선회귀방정식은 $\text{PaO}_2 = 1.92(\text{PtcO}_2) + 67.26$ 와 $\text{PaCO}_2 = 0.64(\text{PtcCO}_2) + 14.87$ 을 나타냈다.

5) 제 5 군(만성 폐쇄성 폐질환환자)의 PtcO₂ 및 PtcCO₂지수는 0.84 및 1.04였고 PtcO₂와 PaO₂ 및 PaCO₂와 PtcCO₂와의 상관계수는 0.81 및 0.63을 나타냈다. 직선회귀방정식은 $\text{PaO}_2 = 1.16(\text{PtcO}_2) + 7.35$ 와 $\text{PaCO}_2 = 0.52(\text{PtcCO}_2) + 21.59$ 을 나타냈다.

이상의 결과로 보아 경피기체분압측정은 신생아(제 1 군)와 혈액학적으로 안정되었는 비수술, 내과제환자(제 2 군)에서는 임상적으로 유용했으나, 피부관류가 일정치 않은 심장수술직 후의 환자(제 3 군)에서는 신빙성이 없었다.

참 고 문 헌

- 1) Rowe MI, Weinberg G: *Transcutaneous oxygen monitoring in shock and resuscitation. J of Ped Surg* 14: 773, 1979
- 2) Eberhard P, Mindt W and Schäfer R: *Cutaneous blood gas monitoring in the adult. CCM* 9:702, 1981
- 3) Glenski JA, Cucchiara RF: *Transcutaneous O₂ and CO₂ monitoring of neurosurgical patients: A detection of air embolism. Anesth Analg* 63:175, 1984
- 4) Adriano KP, Pace NL and Wilbrink J, et al: *Intraoperative transcutaneous PO₂(TCPO₂) monitoring quantitates PaO₂, Fact or Fiction? Anesth Analg* 63:175, 1984
- 5) Deckardt R, Steward DJ: *Noninvasive arterial hemoglobin oxygen saturation versus transcutaneous oxygen tension monitoring in preterm infants. CCM* 12:935, 1985
- 6) Tremper KK, Shoemaker WC and Shippey CR: *Transcutaneous PCO₂ monitoring on adult patients in the ICU and the operating room. CCM* 9:752, 1981
- 7) Huch R, Lübbers PW and Huch A: *Quantitative continuous measurements of partial oxygen pressure on the skin of adults and newborn babies. Pflügers Arch* 337:185, 1971
- 8) Tremper KK, Kapur PA, Thangathurai D, et al: *Transcutaneous PO₂ monitoring during one lung anesthesia. Anesth Analg* 62:245, 1983
- 9) Rafferty TD, Marrero O and Nardi D, et al: *Transcutaneous PO₂ as a trend indicator of arterial PO₂ in normal anesthetized adults. Anesth Analg* 61: 252, 1982
- 10) Lübber DW: *Theoretical basis of transcutaneous blood gas measurement. CCM* 9:721, 1981
- 11) Goldman MD, Gribbin HR and Martin RJ, et al: *Transcutaneous PCO₂ in adults. Anesthesia* 37:944, 1982
- 12) Löfgren O: *continuous transcutaneous carbon dioxide monitoring in the fetus during Labor. CCM* 9:750, 1981
- 13) Wimberley PD, Pedersen KG and Thode J, et al: *Transcutaneous and capillary PCO₂ and PO₂ and PO₂ measurement in healthy adults. Clin Chem* 29:1471, 1983
- 14) Kilbridi HW, Merenstein GB: *Continuous transcutaneous oxygen monitoring in acutely ill preterm infants. CCM* 12:121, 1984
- 15) Martin RJ, Herrel N and Pultusker M: *Transcutaneous measurement of carbon dioxide tension; effect of sleep state in term infants. Pediatrics* 67:622, 1981
- 16) Rafferty TD, Marrero O, Nardi D, et al: *Relation between transcutaneous and arterial carbon dioxide tension in adult patients anesthetized with N₂O-fentanyl and N₂O enflurane. Anesth Analg* 60:504, 1981
- 17) 김원옥, 김 찬, 엄대자의: 전신마취하에서 성인 환자의 경피산소 및 이산화탄소분압의 측정. 대한마취과학회지 18:244, 1985
- 18) Rithalia SVS: *Factors influencing transcutaneous oxygen tension. Intensive Care World* 126:2, 1985
- 19) Peabody JL, Gregory GA, Willis MM, et al: *Transcutaneous oxygen tension in sick infants.*

- Am Rev of Resp Dis* 118:83, 1978
- 20) Tremper KK, Waxman KS, Applebaum RA, et al: *Transcutaneous PO₂ monitoring during sodium nitroprusside infusion. CCM* 13:65, 1985
- 21) Eberhard P, Mindt W and Schäfer R: *Abstracts of the international workshop on continuous PCO₂ monitoring by skin surface sensors. Intensive Care Med* 7:249, 1981
- 22) Herrel N, Martin RJ and Marrin LMP, et al: *Optimal temperature for the measurement of transcutaneous carbon dioxide tension in the neonate. J of Pediatrics* 97:114, 1980
- 23) Brüstler I, Enders A and Versmold HT: *Skin surface PCO₂ monitoring in the newborn infants in shock; effect of hypotension and electrode temperature. J of Pediatrics* 100:454, 1982
- 24) Vesteräger: *Effect of electrode temperature on monitoring of transcutaneous carbon dioxide in premature. Biotelemetry Patient Monitg* 9:181, 1982
- 25) Hutchison DCS, Rocca G and Honeybourne D: *Estimation of arterial oxygen tension in adult subjects using a transcutaneous electrode. Thorax* 36:473, 1981
- 26) Monaco F, Mcquitty JC and Nickerson BG: *Calibration of a heated transcutaneous carbon dioxide electrode to reflect arterial carbon dioxide. Ann Rev Resp Dis* 127:322, 1983
- 27) Hansen TN, To ley WH: *Skin surface carbon dioxide tension in sick infants. Pediatrics* 64:942, 1979
- 28) Choi H, Asrani R and Tremper KK, et al: *Continuous transcutaneous Monitoring during epidural analgesia. Anesth Analg* 63:196, 1984
- 29) Evans NTS, Naylor PFO: *The systemic oxygen supply to the surface of human skin. Resp Physiology* 3:21, 1967
-