

전신마취하에서 동맥혈, 정맥혈 및 가온정맥혈의 가스분석치 비교

김 흥 대

영남대학교 의과대학 마취통증의학교실

Comparisons of Gas Analysis in Arterial, Venous and Warmed Venous Blood During Inhalation General Anesthesia

Heung Dae Kim

*Department of Anesthesiology and Pain Medicine
College of Medicine, Yeungnam University, Daegu, Korea*

—Abstract—

Background : We determine whether venous blood, when sampled under carefully controlled conditions, was an acceptable alternative to arterial blood for the measurement of arterial blood gas analysis during inhalation general anesthesia.

Materials and Methods : The arterial blood values of the carbon dioxide tension (PCO_2), pH, base excess (BE), oxygen tension (PO_2) and oxygen saturation (SO_2) were compared with the values of venous blood drawn from the cephalic vein as non controlled routine method and as localized warmed method during inhalation general anesthesia with sevoflurane and N_2O (50%) in 20 cases.

Results : The blood gas analysis values of non controlled cephalic venous blood were close to those of arterial blood. They was similar between the PCO_2 (42.5 ± 0.97 vs. 38.7 ± 0.92 mmHg), pH (7.35 ± 0.01 vs. 7.39 ± 0.01) and BE (-3.13 ± 0.62 vs. -0.18 ± 0.13 mEq/l) of non controlled cephalic venous and of arterial blood. Although the PO_2 in non controlled cephalic venous blood was significantly less than that in arterial blood (130.8 ± 8.1 vs. 245.3 ± 6.8 mmHg), the difference in SO_2 was small (98.9 ± 2.1 vs. $99.7 \pm 0.4\%$). The blood gas values

of warmed cephalic venous blood were more similar to those of arterial blood (PCO_2 , 41.2 ± 0.91 vs. 38.7 ± 0.92 mmHg; pH, 7.37 ± 0.01 vs. 7.39 ± 0.01 ; BE, -2.30 ± 0.62 vs. -0.18 ± 0.13 mEq/l; PO_2 , 157.3 ± 11.4 vs. 245.3 ± 6.8 mmHg; SO_2 , 99.2 ± 1.3 vs. $99.7 \pm 0.4\%$) than to those of non controlled cephalic venous blood.

Conclusion : We found that warmed cephalic venous blood during inhalation general anesthesia can be arterialized and PCO_2 , pH, BE and SO_2 of warmed cephalic venous blood were not significantly different to those of arterial blood. Therefore we conclude that it is reliable to use localized warmed cephalic venous blood for the measurement of arterial blood gas analysis during inhalation general anesthesia.

Key Words : Blood gas analysis, Arterial blood, Cephalic venous blood, General anesthesia

서 론

동맥혈중의 가스분압 및 산염기도의 변화는 호흡기 질환의 진단 및 치료 시, 전신마취 시의 적절한 폐포환기량 측정 시 및 중환자의 치료 시 등에 기본적인 평가자료로서 매우 큰 정보를 제공해 주고 있으며, 그 측정 빈도는 계속 증가되어 가고 있다. 그러나 동맥혈의 채혈은 그 자체의 기술상에 어려움도 있지만 그 보다도 빈번한 시술에 따른 합병증의 위험성은 신생아나 소아뿐만 아니라 성인에서도 적지 않으므로, 혈액가스분석 시 동맥혈 채취를 대신하여 정맥혈을 이용할 수 있다면 그 의의는 크지 않을 수 없다.

Dautrebande 등¹⁾은 정맥혈을 채혈할 부위를 가온한 후에 채혈하여 동맥혈과의 가스분석치를 비교하여 보았더니 매우 유사하였음을 보고 했으며, 또한 Cooper와 Smith²⁾는 정맥혈의 동맥혈 화(arterialization)는 전신마취 하에서도 비슷한 결과를 볼 수 있었다고 보고하였다.

이에 본 연구에서는 흡입전신마취환자에서 요골동맥과 수배부정맥 그리고 국소적으로 가

온시킨 같은 쪽의 수배부정맥에서 혈액을 채취하여 혈중 탄산가스분압, 산염기도, 산소분압 및 산소포화도를 측정하여 서로 비교하여 보았던바 흥미 있는 결과를 얻었기에 이를 보고하고자 한다.

대상 및 방법

2007년 9월 중, 영남대학교 의과대학 부속병원 수술실에서 전신마취 하에 수술을 받은 환자 중에서 수술에 필요하여 요골동맥에 동맥도관(arterial catheter)을 거치해야 할 환자 중 전신상태가 비교적 양호한, 미국마취과학회 신체상태 분류상 Class 1 또는 Class 2에 해당되는 환자 20명을 연구대상으로 하였다.

전신마취는 통상적인 방법으로 thiopental sodium 4 mg/kg와 rocuronium bromide 1 mg/kg을 정주하여 기관내삽관을 시행하였으며, 마취유지는 50% N_2O 와 sevoflurane 2~3% 또는 desflurane 7~10%를 사용하였고, 수술 중 근육이완제는 vecuronium bromide 0.5 mg/kg을 필요에 따라 투여하였으며 마취용 인공호흡기

를 이용하여 반폐쇄순환 방법으로 호흡을 시켰는데, 환자의 1회 환기량은 7~8 mg/kg, 호흡수는 12회/분으로 하였다.

혈액 채취는 마취깊이가 어느 정도 유지되고 혈압과 맥박이 안정된 것으로 생각되는 마취유도 약 30분 후에, 이미 거치되어 있는 요골동맥 도관에서 동맥혈을, 그리고 반대편 수배부에서 정맥혈(일반수배부정맥혈)을 채취하였고, 또한 꺼즈(4 × 4 inch) 3장을 더운 물에 적신 후 가볍게 짜고 편 뒤 흔들어서 피부가 따뜻하게 될 정도의 온도인 따뜻한 꺼즈(약 38°C)를 같은 쪽의 수배부정맥 위에 30초 정도 덮어 둔 후의 가온정맥혈(가온수배부정맥혈)을 채혈하였다. 정맥천자 시에는 구혈대를 사용하지 않았으며, 모든 채혈은 heparin이 첨가된 23 guage 3 ml주사기를 사용하여 무기적으로 시행하였고 채혈 후 수술실내의 혈액가스분석기(미국 Instrumentation Laboratory 사의 Blood Gas/Electrolyte Analyzer, GEM Premier 3000, Model A5700)를 이용하여 즉시 분석 하였다. 혈액가스분석은 이산화탄소분압(PCO₂), 산도(pH), 염기과잉(BE), 산소분압(PO₂) 및 산소포화도(SO₂)를 측정하였으며, 검사치의 평균치는 mean ± SD로 표시하였고, 얻어진 성적의 각 군 간의 비교는 Student's t-test를 시행하였으

Table 1. Age and sex distribution

Age/Sex	Male	Female	Total
30-39	1	0	1
40-49	3	1	4
50-59	6	4	10
60-69	2	3	5
Total	12	8	20

며, p<0.05이면 통계학적 유의성을 부여하였다.

결 과

본 연구의 대상이 된 환자는 남자 12명 여자 8명으로 총 20명 이었으며, 이들의 연령분포는 32세에서 65세로 평균 44.5세이었고 (Table 1), 동맥혈 과 일반수배부정맥혈 그리고 가온수배부정맥혈을 가스분석하여 얻어진 결과는 Table 2와 같다.

1) 이산화탄산가스 분압

동맥혈중 PCO₂는 35 mmHg에서 40 mmHg까지의 범위내에 있었으며 그 평균치는 38.7 ± 0.92 mmHg이었다. 일반수배부정맥혈의 PCO₂는 37 mmHg에서 45 mmHg의 범위로 그 평균치는 42.5 ± 0.97 mmHg이었고 동맥혈과 일반수배부정맥혈간 차이는 3.8 ± 0.05 mmHg로

Table 2. Mean values of arterial and venous blood gas analysis

	Radial arterial blood	Venous blood	
		Cephalic	Warmed cephalic
PCO ₂ (mmHg)	38.7 ± 0.92	42.5 ± 0.97*	41.2 ± 0.91*
pH	7.39 ± 0.01	7.35 ± 0.01*	7.37 ± 0.01
BE (mEq/l)	-0.18 ± 0.13	-3.13 ± 0.62**	-2.30 ± 0.62**
PO ₂ (mmHg)	245.3 ± 6.8	130.8 ± 8.1**	157.3 ± 11.4**
SO ₂ (%)	99.7 ± 0.4	98.9 ± 2.1	99.2 ± 1.3

The values expressed as mean ± SD. *: p<0.05, **: p<0.01.

서, 일반수배부정맥혈의 PCO_2 는 동맥혈치에 상당히 근접함을 볼 수 있었다($p < 0.05$). 가온수배부정맥혈의 PCO_2 는 36 mmHg에서 46 mmHg까지의 범위로 그 평균치는 41.2 ± 0.91 mmHg 이었고 동맥혈과의 차이는 2.5 ± 0.01 mmHg로서, 가온수배부정맥혈의 PCO_2 는 동맥혈치에 매우 근접함을 볼 수 있었다($p < 0.05$).

2) 산염기도

동맥혈의 pH는 7.34에서 7.43의 범위로 그 평균치는 7.39 ± 0.01 이었고, BE는 -2.6 mEq/l에서 $+1.4$ mEq/l의 범위로 그 평균치는 -0.18 ± 0.13 mEq/l 이었다. 일반수배부정맥혈의 pH는 7.31에서 7.38의 범위로 그 평균치는 7.35 ± 0.01 이었고 동맥혈과의 차이는 0.04 ± 0.01 이었으며($p < 0.05$), BE는 -6.2 mEq/l에서 $+1.0$ mEq/l의 범위로 그 평균치는 -3.13 ± 0.62 mEq/l이었고 동맥혈과의 차이는 -2.95 ± 0.49 mEq/l로서($p < 0.01$), 일반수배부정맥혈의 pH 및 BE는 동맥혈치와 약간의 차이를 볼 수 있었다. 가온수배부정맥혈의 pH는 7.31에서 7.41의 범위로 그 평균치는 7.37 ± 0.01 이었고 동맥혈과의 차이는 0.02 ± 0.01 로 큰 차이를 볼 수 없었으며, BE는 -3.2 mEq/l에서 -2.0 mEq/l의 범위로 그 평균치는 -2.30 ± 0.62 mEq/l이었고 동맥혈과의 차이는 -2.12 ± 0.51 mEq/l로서($p < 0.01$), 가온수배부정맥혈의 pH는 동맥혈치에 매우 근접하였으나 BE는 약간의 차이를 볼 수 있었다.

3) 산소 분압

동맥혈의 PO_2 는 177 mmHg에서 278 mmHg의 범위로 그 평균치는 245.3 ± 6.8 mmHg이었다. 일반수배부정맥혈의 PO_2 는 104 mmHg에서 171 mmHg의 범위로 그 평균치는 130.8

± 8.1 mmHg 이었고 동맥혈과의 차이는 114.7 ± 7.3 mmHg로서, 일반수배부정맥혈의 PO_2 는 동맥혈치와 상당한 차이가 있었다($p < 0.01$). 가온수배부정맥혈의 PO_2 는 130 mmHg에서 193 mmHg의 범위로 그 평균치는 157.3 ± 11.4 mmHg이었고 동맥혈과의 차이는 92.3 ± 9.7 mmHg로서, 가온수배부정맥혈의 PO_2 는 동맥혈치와 상당한 차이가 있었다($p < 0.01$).

4) 산소 포화도

동맥혈의 SO_2 는 99%에서 100%의 범위로 그 평균치는 $99.7 \pm 0.4\%$ 이었다. 일반수배부정맥혈의 SO_2 는 98%에서 100%의 범위로 그 평균치는 $98.9 \pm 2.1\%$ 이었고 동맥혈과의 차이는 $0.8 \pm 1.1\%$ 로서, 일반수배부정맥혈의 SO_2 는 동맥혈치에 매우 근접함을 볼 수 있었다. 가온수배부정맥의 SO_2 는 99%에서 100%의 범위로 그 평균치는 $99.2 \pm 1.3\%$ 였으며 동맥혈과의 차이는 $0.5 \pm 0.8\%$ 로서, 가온수배부정맥혈의 SO_2 는 동맥혈치와는 거의 차이가 없었다.

고 찰

동맥혈의 가스분압 및 산염기도의 변화는 호흡관리 시나 전신마취 시 및 중환자치료 시에 큰 비중을 차지하고 있으므로 그 측정의 빈도는 매우 증가되고 있다. 그러나 동맥혈 채취는 기술상의 어려움도 있지만 그 보다도 빈번한 시술에 따른 혈관손상이나 혈관폐쇄 등 합병증의 위험성은 신생아나 소아뿐만 아니라 성인에서도 적지 않게 일어나고 있다. 따라서 혈관 분포가 풍부한 손가락 끝이나 귓볼로부터 채취한 혈액 또는 혈액 채취가 용이한 부위의 정맥혈을 동맥혈 대신에 사용하는 간접혈액가

스분석 방법이 오래전부터 모색되어 왔다.

1922년 Lundsgaad 및 Moller³⁾는 정맥혈을 동맥혈 화(arterialization) 시킬 수 있으며 이를 동맥혈 대신에 이용할 수 있음을 언급한 후, Dautrebande 등¹⁾과 Goldschmidt 및 Light⁴⁾도 이와 같은 결과를 확인하였다. Lilienthal 및 Riley⁵⁾는 가온한 귀باط을 천자해서 채취한 모세혈관에서 SO₂를 측정하여 동맥혈과 비교하여 보았던 바 동맥혈중의 SO₂와 근접함을 보고하였고, Brooks 및 Wynn⁶⁾ 역시 혈액채취 부위의 피부온도를 35°C로 가온 유지시키고 혈류 정체가 일어나지 않도록 한 상태 하에서 채취한 동맥혈과 정맥혈간의 pH 및 PCO₂치에는 의의 있는 차이가 없음을 보고하였다. 그러나 Jung 등⁷⁾이나 Forster 등⁸⁾은 채혈하려는 부위를 가온 하므로써 정맥혈이 동맥혈 화되므로 정맥혈의 PCO₂, pH, BE 및 SO₂치는 동맥혈과 비슷하나 PO₂치는 차이가 생길 수 있다고 보고 하였다. 이러한 정맥혈의 동맥혈 화현상은 채혈부위의 가온에 의해서 뿐만 아니라 전신마취 하에서도 비슷한 결과를 볼 수 있다고 하는데, Cooper 및 Smith²⁾는 혈관확장을 위한 특별한 조치 없이 전신마취 중 수배부에서 채취한 정맥혈중 PCO₂가 호기말가스 중의 PCO₂와 큰 차이가 없음을 보고하였다. France 등⁹⁾도 전신마취 중 PCO₂는 0.9 mmHg, pH는 0.02 unit 및 SO₂는 2.3%의 동맥혈과 정맥혈간의 차이를 보고하였고, Harrison 및 Galloons¹⁰⁾이나 문 등,¹¹⁾ 박 등¹²⁾의 연구결과에서도 전신마취 중에는 동맥혈가스분석 대신 수배부 정맥혈을 이용하여도 큰 차이가 없음을 보고하였다.

Sevoflurane이나 Desflurane 등 현재 주로 사용되고 있는 할로젠화 탄수화물의 흡입마취제는 중추신경계를 억제하므로 혈관운동중추와

교감신경활성도가 억제될 뿐만 아니라 말초적으로 압수용체와 화학수용체, 그리고 혈관평활근과 자율신경절을 억제하므로 말초혈관이 확장되고 또한 교감신경계의 억제로 catecholamines의 유리가 감소된다고 한다.¹³⁻¹⁵⁾ 마취 및 수술 초기에는 생체자극에 의하여 catecholamines의 유리가 증가되나 마취가 깊어지면 중추 및 말초신경계의 억제로 catecholamines의 혈중치가 감소되고 따라서 말초혈관이 확장되므로 전모세혈관괄약근과 후모세혈관괄약근으로 혈액의 유입량이 증가된다.¹⁶⁾ 뿐만 아니라 전신마취 중에는 조직의 산소소모량도 크게 감소되는데 비록 인체의 단위조직 gm당 산소소모량은 피부나 골격근이 가장 낮기는 하나, 골격근은 운동에 의한 산소소모량의 증가 이외에도 절대분량이 많기 때문에 정상적인 활동 하에서는 신체의 전 산소소모량의 20% 정도를 차지한다.¹⁷⁾ 그러나 전신마취 하에서는 근육운동에 의한 산소소모량이 거의 기본 상태를 유지하므로 신체의 전 산소소모량은 최소상태가 되며 이러한 여러 가지 기전으로 해서 전신마취 시에는 말초정맥혈의 동맥혈 화는 더욱 현저해 질 수 있다. 또한 전신마취 중의 혈액 가스분석치 측정에서 동맥혈 대신 사용할 수 있는 정맥혈로는 수배부정맥혈이 가장 타당함은 이미 강 등¹⁸⁾의 연구에서도 보고 된 바가 있다.

본 연구에서도, 산소흡입농도 50%의 전신흡입마취 하에서 동맥혈과 수배부정맥혈, 그리고 가온된 수배부정맥혈의 가스분석을 시행해 본 결과, 동맥혈의 PCO₂는 38.7 ± 0.92 mmHg이었고 일반수배부정맥혈은 42.5 ± 0.97 mmHg로서 3.8 ± 0.05 mmHg의 차이로 동맥혈과 크게 차이가 없었으며 이는 France 등⁹⁾의 보고와도 비슷하였고, 특히 가온수배부정맥혈의 PCO₂

는 41.2 ± 0.91 mmHg로 동맥혈과는 2.5 ± 0.01 mmHg의 차이 밖에 나타나지 않았다. pH는 동맥혈은 7.39 ± 0.01 , 일반수배부정맥혈은 7.35 ± 0.01 로 약간의 차이는 있었으나, 가온수배부정맥혈은 7.37 ± 0.01 로 동맥혈에 더욱 근접 되었으며, BE 차이는 동맥혈, 일반정맥혈, 가온정맥혈에서 -0.18 , -3.31 , -2.30 mEq/l로 적은 차이를 보였다. SO_2 는 이들 혈액 간에 99.7, 98.9, 99.2%로 아주 근사한 치를 볼 수 있었으나, PO_2 는 245.3, 130.8, 157.3 mmHg로 가온수배부정맥혈 치가 가장 동맥혈 치에 접하였으며, 일반수배부정맥혈의 PO_2 치는 동맥혈 치와는 상당한 차이를 나타내었지만 임상에서 저산소혈증의 유무를 판단 하는 데는 큰 오류를 유발할 정도는 아니었다.

따라서 마취 중에는 동맥혈가스분석을 하기 위해서 요골동맥을 천자하여도 되지만, 피하혈관을 확장시키기 위하여 채혈할 수배부정맥부위를 따뜻한 물에 적신 따뜻한 꺼즈로 가온시키고 구혈대를 사용하지 않는 상태에서 채혈한 가온수배부정맥혈의 PCO_2 , pH, BE 및 SO_2 는 동맥혈과 큰 차이가 나지 않기 때문에 동맥혈 가스분석치로 대체하여 사용할 수 있으며, PO_2 치는 가온수배부정맥혈치가 동맥혈치보다 조금 낮기는 하지만, 양자 간에 거의 차이가 없는 SO_2 치를 참고로 한다면, 산소결핍증 유무에 대한 평가에는 큰 어려움이 없을 것으로 생각 된다

요 약

동맥혈중의 가스분압 및 산염기도의 변화는 호흡기 질환의 진단 및 치료뿐만 아니라 전신마취나 중환자 치료 시 등에 기본적인 평가자료로서 매우 유용한 정보를 제공해 주고 있으

며, 그 측정 빈도는 계속 증가 되고 있다. 그러나 동맥혈의 채취는 그 자체의 기술상 어려움도 있지만 빈번한 시술에 따른 혈관합병증 등의 위험성은 신생아나 소아뿐만 아니라 성인에서도 적지 않으므로, 동맥혈을 대신하여 정맥혈을 이용할 수 있다면 그 의의는 크지 않을 수 없다. 따라서 혈관 분포가 풍부한 손가락 끝이나 귓볼로부터 채취한 혈액 또는 혈액 채취가 용이한 부위의 정맥혈을 동맥혈 대신에 사용하는 간접혈액가스분석 방법이 오래전부터 모색되어왔는데, 최근에는 채혈할 부위를 가온한 후에 채혈한 정맥혈의 혈액가스분석치가 동맥혈의 분석치와 근사하였다는 보고가 있으며, 또한 전신마취 하에서도 정맥혈의 동맥혈 화(arterialization) 현상이 나타난다는 보고도 있다.

이에 저자는 20명의 마취환자에서 sevoflurane 또는 desflurane과 50% N_2O 의 전신흡입마취 하에서 요골동맥에서 채취한 동맥혈과 반대쪽 수배부에서 일반적인 방법으로 구혈대를 사용하지 않고 채취한 정맥혈(일반수배부정맥혈), 그리고 같은 쪽 수배부를 따뜻한 물에 적서 쥘 38°C 정도의 꺼즈를 덮어 국소적으로 가온시킨 후의 수배부정맥혈(가온수배부정맥혈)을 채취하여 혈중 탄산가스분압(PCO_2), 산도(pH), 염기과잉(BE), 산소분압(PO_2) 및 산소포화도(SO_2)를 측정하여 비교해 보았다.

동맥혈의 PCO_2 는 38.7 ± 0.92 mmHg이었고 일반수배부정맥혈은 42.5 ± 0.97 mmHg로서 3.8 mmHg의 차이로 동맥혈과 크게 차이가 나지 않았으며 특히 가온수배부정맥혈의 PCO_2 는 41.2 ± 0.91 mmHg로 동맥혈과는 2.5 mmHg의 차이 밖에 나지 않았다. pH 역시 동맥혈은 7.39 ± 0.01 , 일반수배부정맥혈은 7.35 ± 0.01 로 큰 차이가 없었으며, 가온수배부정맥혈은 7.37

± 0.01로 동맥혈에 더욱 근접되었고, BE 역시 동맥혈, 일반수배부정맥혈, 가온수배부정맥혈에서 -0.18, -3.13, -2.30 mEq/l의 적은 차이를 보였다. SO₂ 역시 99.7, 98.9, 99.2%의 근사한치를 볼 수 있었으며, PO₂는 245.3, 130.8, 157.3 mmHg로 가온수배부정맥혈 치가 가장 동맥혈 치에 근접하였다.

따라서 마취 중에는 동맥혈가스분석을 하기 위해서 요골동맥을 천자하여도 되지만, 피하혈관을 확장시키기 위하여 채혈할 수배부정맥부위를 따뜻한 물에 적서 짠 따뜻한 커즈로 가온시키고, 구혈대를 사용하지 않는 상태에서 채혈한 가온수배부정맥혈의 PCO₂, pH, BE 및 SO₂는 동맥혈과 큰 차이가 나지 않기 때문에 동맥혈 가스분석치로 대체 사용할 수 있으며, PO₂치는 가온수배부정맥혈치가 동맥혈치보다 조금 낮기는 하지만, 산소결핍증 유무에 대한 평가에는 큰 어려움이 되지 않을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Dautrebande L, Davidnes WH, Meakings J. The influence of circulatory changes on the gaseous changes of the blood. *Heart* 1923; 10:133.
2. Cooper EA, Smith H. Indirect estimation of arterial PO₂. *Anaesthesia* 1961 Oct;16:445-9.
3. Lundsgaard C, Moller E. Investigations on the oxygen content of cutaneous blood (so called capillary blood). *J Exp Med* 1922;36:559.
4. Goldschmidt S, Light AB. A method of obtaining from venous blood similar to arterial blood in gaseous content. *J Biol Chem* 1925;64:53.
5. Lilienthal JL Jr, Riley R. On the determination of arterial oxygen saturations from samples of "capillary" blood. *J Clin Invest* 1944 Nov;23 (6):904-6.
6. Brooks D, Wynn V. Use of venous blood for pH and carbon-dioxide studies especially in respiratory failure and during anesthesia. *Lancet* 1959 Jan31;1(7066):227-30.
7. Jung RC, Balchum OJ, Massey FJ. The accuracy of venous and capillary blood for the prediction of arterial pH, PCO₂ and PO₂ measurements. *Am J Clin Pathol* 1966 Feb; 45(2):129-38.
8. Forster HV, Dempsey JA, Thomson J, Vidruk E, DoPico GA. Estimation of arterial PO₂, PCO₂, pH and lactate from arterialized venous blood. *J Appl Physiol* 1972 Jan;32(1):134-7.
9. France CJ, Eger EI, Bendixen HH. The use of peripheral venous blood for pH and carbon dioxide tension determinations during general anesthesia. *Anesthesiology* 1974 Mar;40(3): 311-4.
10. Harrison EM, Galloon S. Venous blood as an alternative to arterial blood for the measurement of carbon dioxide tensions. *Br J Anesth* 1965 Jan;37:13-8.
11. 문경수, Ian S Robb, 오홍근. 전신마취중 동정맥혈 중 기체분압 및 pH의 비교연구. *대한마취과학회지* 1976;9(1):17-21.
12. 박동호, 이진근, 김홍대, 김완식. 전신마취하의 동맥혈 및 정맥혈의 PO₂, pH 및 O₂ Saturation의 비교 관찰. *대한마취과학회지* 1978;11(2):28-31.
13. Gray TC, Nunn JF, Utting JE. *General Anaesthesia*. 4th ed. Butterworths (London): 1980. p164.
14. Lightman SL, Forsling ML. Evidence for endogenous opioid control of vasopressin release in man. *J Clin Endocrinol Metab* 1980 Mar; 50(3):569-71.
15. Moran WH Jr, Zimmermann B. Mechanism of antidiuretic hormone(ADH) control of importance

- to the surgical patient. *Surgery* 1967 Oct;62 (4):639-44.
16. Lichtiger M. Moya F. *Introduction to the Practice of Anesthesia*. 2nd ed. Hagerstown: Harper & Row Publishers; 1978. p.402.
17. Ganong WF. *Review of Medical Physiology*. 20th ed. New York: Lange Medical Books; 2001. p.588.
18. 강희주, 김홍대. 고산소농도 흡입 시 동맥혈과 정맥혈 간 가스분석치의 비교 연구. *대한마취과 학회지* 1988;21(4):652-7.