

흉강경술을 위한 일측폐환기시 호기말 이산화탄소 분압은 동맥혈 이산화탄소 분압을 적절히 반영하는가 ?

연세대학교 의과대학 마취과학교실

이종석 · 한정욱 · 신증수 · 임광호

- Abstract -

Does End-tidal PCO₂ Reflect Adequately Arterial PCO₂ during One-lung Ventilation for Thoracoscopy ?

Jong Seok Lee, M.D., Jeong Uk Han, M.D., Cheung Soo Shin, M.D. and Kwang Ho Lim, M.D.

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

Background: Maintenance of normal arterial carbon dioxide tension(PaCO₂) is not generally a problem if the same tidal volume can be maintained when changing from two-lung(TLV) to one-lung ventilation(OLV). However, there have been a few studies on the use of capnography in monitoring the adequacy of ventilation during one-lung anesthesia. We have therefore studied how closely end-tidal PCO₂(PETCO₂) values reflect changes in PaCO₂ in patients undergoing thoracoscopic sympathectomy during TLV and after transition to OLV.

Methods: We have measured arterial oxygen tension(PaO₂), PaCO₂, PETCO₂, and (PaCO₂ - PETCO₂) in 24 adult, either sex, patients by infra-red spectrometry. They were measured after induction of anesthesia, in supine position(TLV_{sup}), after a lateral decubitus position(TLV_{lat}), at 15 minutes after left OLV(OLV_L), after right OLV(OLV_R), and at 10 minutes in the supine position re-positioned at the end of the operation(TLV_{rep}). Data were analyzed with a one-way analysis of variance with repeated measures followed by multiple comparison. The correlation between PaCO₂ and PETCO₂ were tested using linear regression.

Results: PaCO₂ did not significantly change, whereas PETCO₂ significantly decreased at OLV_L, OLV_R compared with TLV_{sup} value (OLV_L, 29.7 mmHg OLV_R, 30.5 mmHg and TLV_{sup}, 33.6 mmHg; P< 0.05). Compared with TLV_{sup}(0.2 mmHg), (PaCO₂ - PETCO₂) significantly increased at OLV_L, OLV_R, TLV_{rep}(3.7 mmHg, 2.3 mmHg, 3.5 mmHg). The correlation between PaCO₂ and PETCO₂ in these series is consistent. (r>0.65, P<0.0006)

Conclusions: In the patients undergoing thoracoscopic sympathectomy with TLV or OLV in the lateral decubitus position, PETCO₂ is a reliable estimate of the PaCO₂. However, when the operative time is prolonged the arterial PCO₂ may be more reliable than PETCO₂. (Korean J Anesthesiol 1996; 31: 466~471)

Key Words: Monitoring: blood gas; capnography; carbon dioxide. Surgery: thracoscopy. Ventilation: one-lung.

서 론

내시경을 이용한 수술이 발달함에 따라서 최근에는 흉강경을 이용하여 개흉을 하지 않은 상태에서 여러 가지 수술을 할 수 있게 되었다. 수술시야를 확보하기 위해 동측폐는 허탈을 유도하고 일측폐를 이용하여 환기를 할 때 환자의 산소화를 주의 깊게 감시하는 것은 필수적이다¹⁾. 흉강경을 이용하여 수술을 할 때 일측폐 환기를 시키는 경우, 양측폐 환기기와 같은 양의 일회 호흡량으로 동흡수 호흡을 유지하며 환기를 시키면 정상적인 동맥혈 이산화탄소분압(PaCO_2)을 유지하는 데는 별 문제가 없다²⁾. 그러나 환기의 적절함에 대한 감시로 호기 탄산가스 측정법(capnography)의 사용에 관한 적정 여부를 제시한 연구는 거의 없는데³⁾ 최근에 일측폐 환기시 호기말 이산화탄소분압(PETCO_2)으로 PaCO_2 를 추정하는 것은 정확성에 문제가 있다고 하였다⁴⁾. 한편 측와위에서는 환기/관류에 이상을 초래함은 물론^{5,6)} "Kidney position"에서 마취를 하는 환자에서 측와위를 취하고 난 후 동맥혈 이산화탄소분압과 호기말 이산화탄소분압의 차($\text{PaCO}_2 - \text{PETCO}_2$)가 의의 있게 증가될 수 있다⁷⁾.

일반적으로 PaCO_2 를 비침습적으로 측정을 할 때 PETCO_2 의 측정이 추천되고 있는데⁸⁻¹⁰⁾ 마취시 PETCO_2 는 PaCO_2 보다 낮게 측정되고^{11,12)} PaCO_2 와 PETCO_2 의 차(差)는 개개별이나 시간대별로 차이를 보인다^{12,13)}.

이에 본 저자들은 이산화탄소를 주입하여 인공적 기흉을 만들고 동측 폐허탈을 도모하여 일측폐환기를 시키면서 흉강경하 양측 교감신경절 절제술을 시행할 때 PaCO_2 와 PETCO_2 를 측정하여 체위 및 환기방법에 따른 차이를 평가 하고 이들간의 상관관계와 차이의 유의성을 관찰하여 PETCO_2 의 지속적인 관찰이 PaCO_2 를 적절히 반영하는지 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

연세대학교 의과대학 영동세브란스병원에서 흉강경하 양측 교감신경절 절제술을 시행 받는 성인 남

녀 환자 24명을 대상으로 하였다. 본 연구는 연세대학교 연구위원회의 승인과 본 교실의 연구회의의 심의를 거친 후 시행되었다. 미국 마취과학회 환자 분류 I, 혹은 II에 해당하는 환자를 선택하였으며 심폐질환이 있는 환자는 연구대상에서 제외하였다. 대상 환자는 남녀 각각 12명으로 평균연령은 24.7 ± 4.9 세였으며, 16세부터 38세까지였다.

수술 1시간 전 마취 전처치로서 glycopyrrolate 0.004 mg/kg와 lorazepam 0.06 mg/kg을 근주하였다. 심전도와 동맥 산소포화도 측정기를 부착한 후 요골 동맥에 2% lidocaine 국소마취 하에 20G 플라스틱 주사침 Angiocath[®]을 거치한 후 압박환기를 통한 동맥압을 지속적으로 감시하면서 동맥혈을 각 필요한 시기에 채취하여 마취준비실에 설치된 동맥혈 가스분석기(GEM-STAT, Malinkrodot, USA.)를 이용하여 동맥혈 산소분압(PaO_2) 그리고 PaCO_2 을 측정하였다. 이때 가스분석은 기계자체에서 37°C로 가온되어 분석되었다. PETCO_2 는 이중관기관지 카테터의 원위부에 Y형관을 연결하여 측정하였는데(Capnomac, Datex, Finland) 매 환자마다 Datex사에서 제공된 안내서에 따라 측정전 보정을 한 후 관찰하였다.

Thiopental sodium 5 mg/kg을 정주한 후 succinylcholine 1 mg/kg의 정주 하에 35 또는 37 Fr 크기의 좌측 이중내관튜브(Lt. Double lumen tube)를 사용하여 기관내삽관을 시행하고 근이완제로 pancronium 0.07 mg/kg 투여했다. 청진으로 이중내관튜브의 바른 위치를 확인하였고 수술시 흉강경을 통한 비디오 화면에서 폐허탈이 용이치 않고 일부 환기가 일어나는 것이 확인된 경우는 본 연구대상에서 제외하였다. 마취기(Narkomed 2B)를 사용하여 일회호흡량 10 ml/kg, 호흡수 10회/분로 수술이 끝날 때까지 조절호흡 하였다. 마취유지는 100% 산소(4 L/min)와 enflurane을 사용하고 필요한 경우 fentanyl을 투여해서 동맥압과 맥박수가 마취전 측정치의 $\pm 20\%$ 를 넘지 않도록 하였다. 모든 환자는 일측 측와위에서 흉강경을 삽입하기 전 이산화탄소를 주입했고 수술이 끝난 후 이산화탄소를 제거한 후 수술 종료되면 곧 양와위로 체위 변경하였다. 반대측 수술조작도 같은 조건에서 연이어 진행하였다.

마취유도 후 환자를 양와위에서 10분간 호흡시킨 후(TLV_{sup}), 측와위를 취한 후 10분간 양측폐환기 후

Table 1. Ventilatory and Cardiovascular Variables (n=24)

Measurement	PaO ₂	PaCO ₂	P _{ET} CO ₂	P(a-ET)CO ₂	H.R.	MAP
TLV _{sup}	535 ± 111.7	33.6 ± 3.7	33.6 ± 3	0.2 ± 2.6	105 ± 15.5	82 ± 11.2
TLV _{lat}	564 ± 69.4	32.2 ± 3.3	31.0 ± 3.5	1.5 ± 2.2	93.5 ± 11.7 ^a	82 ± 8.5
OLV _{Lt}	270 ± 92.1 ^{a,b,c}	32.9 ± 4.2	29.7 ± 4.4	3.7 ± 2.9 ^{a,b}	97.5 ± 12.5	84 ± 10.4
OLV _{Rt}	290 ± 76.4 ^{a,b,c}	32.9 ± 4.2	30.5 ± 3.3 ^a	2.3 ± 2.9 ^a	95 ± 9.7 ^a	84 ± 9.7
TLV _{rep}	505 ± 77.7	34.7 ± 4.3	31.0 ± 3.5	3.5 ± 3.4 ^a	90 ± 11.7	79 ± 7.5

All values are expressed as mean ± SD. <0.05 : a vs TLV_{sup}, b vs TLV_{lat}, & c vs TLV_{rep} in the same column. PaO₂, arterial O₂ tension, mmHg. PaCO₂, arterial CO₂ tension, P_{ET}CO₂, end-tidal CO₂ tension, P(a-ET)CO₂, difference of arterial and end-tidal CO₂ tension. HR, heart rate ; MAP, mean arterial pressure. TLV_{sup} : two lung ventilation after induction TLV_{lat} : two lung ventilation in lateral position, OLV_{Lt} : dependent one lung ventilation, OLV_{Rt} : Rt. dependent one lung ventilation, TLV_{rep}: two lungs ventilation after operation.

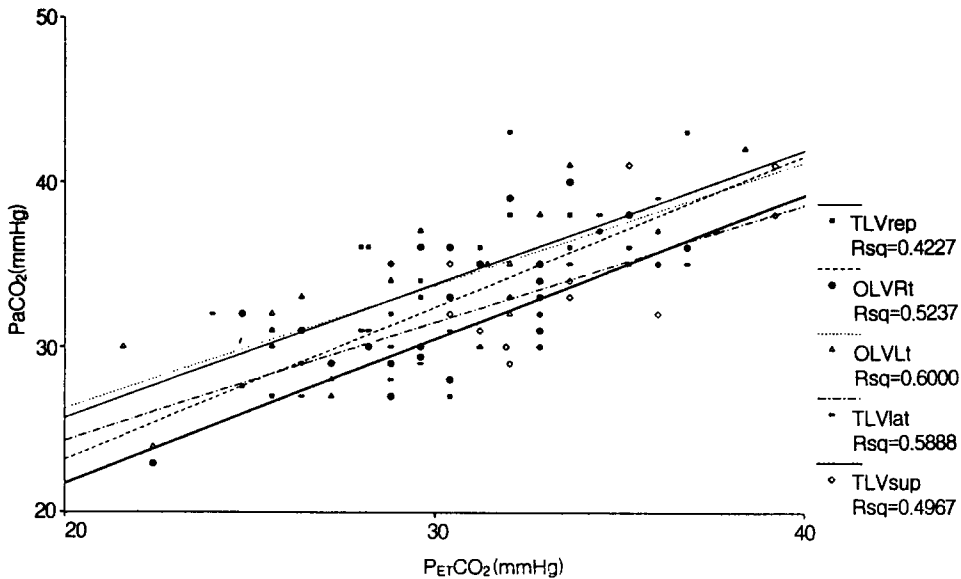


Fig. 1. Correlation between PaCO₂ and PETCO₂ by linear regression. All correlation are significant(P<0.0006). Correlation coefficients range from 0.65 to 0.77. TLV_{sup}, TLV_{lat}, OLV_{Lt}, OLV_{Rt} and TLV_{rep} are same as in table 1.

(TLV_{lat}), 좌 측와위에서 좌측 일측폐환기 15분 후 (OLV_{Lt}), 우 측와위에서 우측 일측폐환기 15분 후 (OLV_{Rt}) 그리고 다시 양와위를 취하고 양측폐환기를 10분간 시킨 후(TLV_{rep}) 동맥혈 가스분석과 PETCO₂를 동시에 측정하였다.

모든 값은 평균 ± 표준편차로 표시하였다. 통계처리는 각 사건대별 비교를 위하여 ANOVA를 적용한

후 다중비교를 위해 Tukey-B test를 하였고 PETCO₂와 PaCO₂간의 상관관계는 회귀분석(linear regression analysis)을 이용하였다. P값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의 있는 것으로 간주하였다.

결 과

PaCO₂는 체위의 변동이나, 일측폐 혹은 양측폐환

기와 무관하게 모든 사건대별에서 변화를 보이지 않았다.

PETCO₂는 양측폐환기인 경우 체위에 따른 변화를 볼 수 없었으나 일측폐환기인 경우(OLV_L/OLV_R) 29.7 mmHg/ 30.5 mmHg로 TLV_{sup}의 33.6 mmHg에 비해 의의 있게 낮은 값을 보였다(P<0.05).

동맥혈과 호기말 이산화탄소분압 차는 TLV_{sup}(0.2 mmHg)에 비해 OLV_L, OLV_R 그리고 TLV_{rep}(3.7 mmHg, 2.3 mmHg, 3.5 mmHg)에서 의의 있게 그 차이가 증가하였고 TLV_{in}(1.5 mmHg)에 비해 OLV_L(3.7 mmHg)이 의의 있게 그 차이가 증가함을 볼 수 있었다(P<0.05, Table 1).

측정시간에 따른 동맥혈과 호기말 이산화탄소분압의 상관관계는 측정시간 모두에서 강한 상관관계를 보였다(P<0.0006)(Fig. 1).

동맥혈 산소분압은 일측폐 환기시 OLV_L 270 mmHg/ OLV_R 290 mmHg로, 양측폐 환기시 체위에 관계없이 평균 505~564 mmHg에 비해 의의 있게 낮았다(P<0.05).

수술 중 평균 동맥압은 큰 변화를 보이지 않았지만 심박수는 TLV_{in}(94±12회/분), OLV_R(95±10회/분)이 TLV_{sup}(105±16회/분)에 비해 낮은 값을 보였다(P<0.05).

고 찰

본 연구는 흉강경하 양측 교감신경절 절제술시 체위변화와 이산화탄소를 주입하여 인공적으로 기흉을 만든 후 동측 폐허탈을 유지하고 반대측 폐만으로 환기를 유지할 때 환기양상의 변화로 인한 동맥혈 및 호기말 이산화탄소분압의 차이를 측정함으로써 PETCO₂가 PaCO₂를 대변할 수 있는지 관찰하였다. 이산화탄소의 흉강내 주입이나 측와위 그리고 일측폐환기 등은 이러한 환경에 노출되는 시간이 비교적 짧아서 PETCO₂나 PaCO₂의 변화에 큰 영향을 미치지 못했고 두 변수간에 강한 상관관계를 보였으므로 PETCO₂는 환자의 환기상태를 지속적으로 감시하는데 유용하게 이용할 수는 있겠다. 그러나 좀 더 정확히 환자의 환기상태를 평가하기를 원하거나 수술시간이 길어질 경우는 간헐적으로 동맥혈 가스분석이 필요할 것으로 판단된다.

복강 내로 이산화탄소를 주입하면 이산화탄소가 혈관 및 조직 내로 확산되어 혈액 내로 들어가 폐를 통해 배출되나 일부는 혈장에 녹아 혈액의 이산화탄소 분압이 증가된다고 하였는데¹⁴⁾ 이와 마찬가지로 흉강내로 이산화탄소를 주입하게 되면 PaCO₂는 증가될 것이다. 이등¹⁵⁾은 이산화탄소를 이용하여 인위적 기흉을 만든 후 동맥혈가스의 변동에 관한 보고에서, 동맥혈 산소분압의 변화는 흡입 산소농도 50%에서 기관내 삽관 후 양와위, 측와위에서 양측폐환기시는 정상 수준이었으나 일측폐환기시는 132.89±79.54 mmHg로 감소를 보여 본 연구와 비슷한 양상을 보였다. PaCO₂의 변화에서는 이산화탄소를 흉강내 주입한 후 30분 뒤에 측정된 PaCO₂가 주입 전에 비해 36.40 mmHg에서 45.56 mmHg으로 증가되었다고 보고하였다. 복강내 이산화탄소를 주입하고 복강경 담낭절제술을 시행 받는 환자를 대상으로 한 이등¹⁶⁾의 연구에서도 이산화탄소 주입 후 30분 뒤에 측정된 PaCO₂의 증가를 보고하였으며 Gunnarsson 등¹⁷⁾은 마취유도 후 30~90분 사이에 단락과 무기폐의 증가를 보고하였다. 본 연구에서 PaCO₂가 이산화탄소 주입 후에도 증가하지 않은 것은 이들의 연구에서는 이산화탄소 주입 후 30분이 경과한 뒤 동맥혈 이산화탄소의 농도를 측정하였으나 본 연구에서는 측와위로 체위변화를 시킨 후 일측폐환기를 시작한 후 15분 뒤에 측정하였으므로 사실상 환기가 되지 않는 폐가 이산화탄소에 노출된 시간은 수술 조작상 10여분 정도에 불과했기 때문인 것으로 생각된다.

전신마취중 (PaCO₂-PETCO₂)는 마취지속시간, 호흡의 양상, 혈압, 체온 등에 의해 변하는데 보고자에 따라 다르지만 Whitesell등⁸⁾은 1.7 mmHg, Takki등¹⁸⁾은 3.5 mmHg, Raemer등¹⁹⁾은 4.1 mmHg, 최등²⁰⁾은 6.83 mmHg로 보고하였다. 본 연구에서 PETCO₂가 TLV_{sup}의 33.6 mmHg 보다 OLV_L, 29.7 mmHg, OLV_R, 30.5 mmHg로 감소되고 PaCO₂는 별다른 변화가 없었으므로(PaCO₂-PETCO₂)는 양측폐환기시(TLV_{sup}, TLV_{in})는 0.2 mmHg, 1.5 mmHg로 이들 보다 낮은 값을 보였고 일측폐환기시와 수술이 끝날 때 양와위로 자세를 바꾼 후 측정된 (PaCO₂-PETCO₂)는 OLV_L, 3.7 mmHg, OLV_R, 2.3 mmHg, TLV_{rep}, 3.5 mmHg로 이들의 결과와 유사한 값을 보였다.

마취된 환자에서는 측와위로 인해 환기/관류비가 일측폐환기시 위쪽 폐(환기가 되지 않는 폐)에서의 우-좌 단락으로 인해 생리적사강이 증가하게 되고 ($\text{PaCO}_2 - \text{PETCO}_2$)가 커지리라 예상되지만 이때 ($\text{PaCO}_2 - \text{PETCO}_2$)는 원래의 양측폐환기시보다 크지 않다고 하였다^{4,21)}.

동맥혈과 호기말 이산화탄소 분압간의 상관관계에 대한 보고 중 심폐기능이 정상인 환자들을 대상으로 한 연구에서 상관관계수 0.8²⁰⁾, 0.7²²⁾로 상관관계가 높다고 보고하였다. 복강경 담낭절제술시 Liu 등²³⁾은 심폐질환이 없는 환자들을 대상으로 한 결과 PaCO_2 와 PETCO_2 가 31.4 mmHg 및 42.1 mmHg에서 33.3 mmHg 및 43.7 mmHg로 약간의 증가를 보였다고 하였으며 또한 PETCO_2 가 PaCO_2 를 충분히 예측할 수 있다고 하였다. 그러나 이들은 시간의 경과에 따른 PaCO_2 와 PETCO_2 의 상관관계를 규명하지는 않았다. 한편 민등²⁴⁾은 복강내 이산화탄소 주입 후 Liu 등²³⁾과 비슷한 정도의 경미한 PaCO_2 와 PETCO_2 의 증가를 보였으나 반면 두 변수간의 차이는 점차 증가하는 추세를 보였을 뿐 아니라 두 변수간의 상관관계도 없음을 보고하였다. 측와위에서 마취를 받는 환자는 환기/관류에 이상을 초래하는데 Pansard 등⁷⁾은 kidney rest position에서 환자의 체위 때문에 ($\text{PaCO}_2 - \text{PETCO}_2$)가 의의 있게 증가되고 환기시간이 길어짐에 따라 ($\text{PaCO}_2 - \text{PETCO}_2$)는 다양해지므로 측와위 kidney position에서 PETCO_2 로 PaCO_2 를 추정할 때 두 변수간에 일정한 변화를 보인다고 추정하는 것은 무리가 있다고 했다. 측와위에서 일측폐 환기를 시키면서 폐절제를 받는 환자를 대상으로 한 연구⁴⁾에서 ($\text{PaCO}_2 - \text{PETCO}_2$)가 0.1~2.8 kPa(체온과 대기압으로 교정시 -0.7~0.8 kPa)로 PETCO_2 로 PaCO_2 를 추정하는데 있어서 정확성에 문제가 있다고 하였다. 본 연구에서는 측와위에서 일측폐 환기를 시키고 이산화탄소를 이용하여 인위적 기흉을 만들었지만 각 측정 시간에서의 PaCO_2 와 PETCO_2 간에는 상관관계수가 0.65 이상으로 강한 상관관계를 보였다. 이는 일측폐로 환기를 시킨 시간이 이들의 연구에 비해 짧았기 때문에 체위, 이산화탄소 주입 그리고 일측폐환기에 의한 영향을 적게 받았기 때문이라고 추측되지만 추후 상기 조건에서 수술적 조작이 30여분 이상 되는 경우의 연구가 필요할 것이다.

PaO_2 는 일측폐환기시 양측폐환기시보다 낮은 값을 보이는데 이는 환기가 되는 폐에서 환기가 되지 않는 폐의 기능을 대신해서 충분한 산소를 흡수하지 못하기 때문이다. 반면 PaCO_2 는 일측폐환기시와 양측폐 환기 시에 크게 변화가 없는 것을 보이는데, 이것은 환기가 되는 폐에서 환기가 되지 않는 폐의 기능을 대신하여 이산화탄소를 충분히 배출해 낼 수 있기 때문이다¹²⁾.

결론적으로 흉강경을 이용하여 교감신경 적출술시 PETCO_2 는 PaCO_2 와 강한 상관관계를 가지므로 환자의 환기상태를 일차적으로 감시하는 데에 유용하게 이용할 수는 있겠으나 좀 더 정확히 환자의 환기상태를 평가하기를 원하거나 각 조건에서 환기시간이 길어질 경우는 간헐적으로 동맥혈 가스분석이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Kerr JH, Smith AC, Prys-Roberts C, Meloche R, Foex P: Observations during endobronchial anaesthesia. II: Oxygenation. *Br J Anaesth* 1974; 46: 84-92.
2. Kerr JH, Smith AC, Prys-Roberts C, Meloche R: Observations during endobronchial anaesthesia. I. *Br J Anaesth* 1973; 45: 159-66.
3. Kaplan JA: Thoracic Anesthesia. New York, Churchill Livingstone. 1991, pp 285-319.
4. Yam PCI, Innes PA, Jackson M, Snowdon SL, Russell GN: Variation in the arterial to end-tidal PCO_2 difference during one-lung thoracic anaesthesia. *Br J Anaesth* 1994; 72: 21-4.
5. Rehder K, Knopp TJ, Sessler AD: Regional intrapulmonary gas distribution in awake and anesthetized-paralyzed prone man. *J Appl Physiol* 1978; 45: 528-35.
6. Benumof JL: Anesthesia for Thoracic Surgery. Philadelphia, W. B. Saunders. 1987, pp 104-24.
7. Pansard JL, Cholley B, Devilliers C, Clergue F, Viars P: Variation in arterial to end-tidal CO_2 tension differences during anesthesia in the "kidney rest" lateral decubitus position. *Anesth Analg* 1992; 75: 506-10.
8. Whittessell R, Asiddao C, Gollman D, Jablonski J: Relationship between arterial and peak expired carbon dioxide pressure during anesthesia and factors influencing the difference. *Anesth Analg* 1981; 60: 508-12.

9. Badgwell JM, McLeod ME, Lerman J, Creighton RE: End-tidal PCO₂ measurements sampled at the distal and proximal ends of the endotracheal tube in infant and children. *Anesth Analg* 1987; 66: 959-64.
10. McNulty SE, Roy J, Torjman M, Seltzer JL: Relationship between arterial carbon dioxide and end-tidal carbon dioxide when a nasal sampling port is used. *J Clin Mont* 1990; 6: 93-8.
11. Nunn JF: *Applied respiratory physiology*. 3rd ed. London, Butterworths. 1977, pp 213-45
12. Fletcher R, Jonson B: Dead-space and the single-breath test for carbon dioxide during anaesthesia and artificial ventilation. *Br J Anaesth* 1984; 56: 109-19
13. Fletcher R: Smoking, age and the artificial-end-tidal PCO₂ difference during anaesthesia and controlled ventilation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1987; 31: 355-6.
14. Yacoub OF, Cardona IJr, Coveler LA, Dodson MG: Carbon dioxide embolism during laparoscopy. *Can J Anaesth* 1984; 31: 455-9
15. 이해원, 강영호, 김종욱, 임혜자, 채병국, 신정순, 등: 이산화탄소를 이용한 흉강경하 수술시 혈액학적 및 동맥혈가스의 변동. *대한마취과학회지* 1992; 25: 1163-70.
16. 이경숙, 김세연, 김홍대: 이산화탄소를 이용한 전신마취하의 복강경수술이 동맥혈 CO₂ 가스치 및 폐환기량의 변화에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1992; 25: 935-40.
17. Gunnarsson L, Strandberg A, Brismar B, Tokics L, Lundquist H, Hedenstierna G: Atelectasis and gas exchange impairment during enflrane/nitrous oxide anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 1989; 33: 629-37.
18. Takki S, Aromaa U, Kauste A: The validity and usefulness of the end tidal PCO₂ during anaesthesia. *Ann Clin Res* 1972; 4: 278-84.
19. Raemer DB, Francies D, Philip JH, Gabel RA: Valiation in PCO₂ between arterial blood and peak expired gas during anaesthesia. *Anesth Analg* 1983; 62: 1065-9.
20. 최종호, 홍성진, 이종호, 최성철, 문세호, 정동석, 등: 마취중 동맥혈 탄산가스분압과 호기말 탄 산가스분압과의 상호관계. *대한마취과학회지* 1987; 20: 65-9.
21. Fletcher R: The arterial-end-tidal CO₂ difference during cardiothoracic surgery. *Journal of cardiothoracic Anesthesia* 1990; 4: 105-17
22. 함병문: 전신 마취시 호기말 이산화탄소분압과 동맥혈 이산화탄소분압과의 관계. *대한마취과학회지* 1988; 21: 205-8.
23. Liu SY, Leighton T, Davis I, Klein S, Lippmann M, Bongard F: Prospective analysis of cardiopulmonary responses to laparoscopic cholecystectomy. *J Laparosc Surg* 1991; 1: 241-6.
24. 민경태, 박윤근, 박병석: 복강경 담낭절제술시 호기말 이산화탄소 분압과 동맥혈 이산화탄소 분압의 상관관계. *대한마취과학회지* 1995; 28: 803-8.