흉강경하 수술에서 이산화탄소 주입이 혈액학 및 동맥혈 가스에 미치는 영향

계명대학교 의과대학 마취과학교실

김명호 · 김진모 · 김애라 · 전재규

= Abstract =

Effects of Insufflation on Hemodynamics and Arterial Blood Gas during Thoracoscopic Surgery

Myung Ho Kim, M.D., Jin Mo Kim, M.D., Ae Ra Kim, M.D.
and Jae Kyu Cheun, M.D.

Department of Anesthesiology, Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea

Background: To visualize adequately the intrathoracic structures, creation of an artificial pneumothorax by carbon dioxide (CO₂) insufflation under positive pressures has been advocated during thoracoscopic surgery. We hypothesized that positive-pressure insufflation during thoracoscopy would cause significant hemodynamic and ventilatory compromise.

Methods: Thirty patients underwent general anesthesia with a single lumen endotracheal tube and placement of an arterial line. Noninvasive cardiac output monitoring was done on both the side of the neck and chest. Baseline measurements of hemodynamic indices and arterial blood gas analysis (ABGA) were taken before CO₂ insufflation. Data was obtained at 5 minutes after CO₂ insufflation. ABGA was taken 5 minutes after CO₂ deflation.

Results: Insufflation of CO₂ resulted in an increase in heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), and systemic vascular resistance index (SVRI). Whereas cardiac index (CI), accelerated contractility index (ACI), PH, and arterial oxygen saturation (SaO₂) were decreased.

Conclusions: Positive pressure insufflation of CO₂ during thoracoscopy resulted in hemodynamic and arterial blood gas changes. Therefore, we propose that low pressure (< 10 mmHg) insufflation is a safe adjunct to routine thoracoscopic surgical procedures. (Korean J Anesthesiol 2001; 40: 489~495)

Key Words: Monitoring: arterial blood gas; noninvasive cardiac output. Surgery: thoracoscopy.

서 론

흉강경(thoracoscope)을 이용한 수술은 1910년 Jaco-

논문접수일 : 2001년 12월 1일

책임저자 : 김진모, 대구광역시 중구 동산동 194번지

동산의료원 마취과, 우편번호: 700-712

Tel: 053-250-7249, Fax: 053-250-7240

beus에 의해 처음 기술된¹⁾ 이래 요즈음은 비디오(video)를 흉강경 수술에 이용하고 있다. 비디오의 도움을 받아서 흉곽내 수술을 하는 방법(video-assisted thoracic surgery, VATS)은 흉강경(thoracoscope)의 발달로 여러 질병의 진단과 치료에 많이 이용되고 있다. 특히 근자에는 다한증(hyperhidrosis)의 치료법인 흉부 교감신경연쇄절단술(thoracic sympathectomy), 폐기포 절제술(bullectomy), 폐엽절제술(lobectomy), 동맥관 개

존증(patent ductus arteriosus, PDA)의 단락(interruption) 및 관상동맥우회술(coronary artery bypass graft)에도 VATS가 많이 이용되고 있으며 이런 흉강경을 이용한 수술은 고식적인 개흉술보다 술후 통증과 합병증이 적은 이점을 가지고 있다.²⁾ 흉강경을 이용한 수술이 점차로 복잡하고 다양해짐에 따라서 적절한 수술시야의 확보가 더욱 중요하게 되었다. 그리하여 이산화탄소를 흉곽내에 양압으로 주입하여 인위적인 기흉을 만들어서 폐실질을 압박하여 수술시야를 확보하거나, 체위변동을 이용하여 흉곽내의 구조물을 보기에 용이하게 하는 방법이 많이 이용되고 있다.³⁻⁶⁾ 이렇게 이산화탄소를 양압으로 흉곽내에 주입하면 주입된 이산화탄소에 의하여 혈액학적 변화가 생기고 또한 이산화탄소의 혈액내 확산으로 인하여 동맥혈 가스분석상의 변화가 있을 것으로 예측된다. 최근 Jones 등은 돼지를 이용한 실험에서 흉곽내에 이산화탄소를 양압으로 주입하였을 때 심박출지수(cardiac index, CI), 평균동맥압, 일회심박출량(stroke volume)의 감소 및 중심정맥압의 증가 등의 뚜렷한 혈액학적 변화에 대한 보고를 하였다.⁷⁾ 그러나 대부분이 이중관 기관지튜브(double lumen endobronchial tube)를 사용하였을 때의 연구이다.²⁾ 단일관 기관지튜브(single lumen endobronchial tube)를 사용했을 때의 연구도 대부분이 동물실험이며 침습적 감시장치(invasive monitor)를 이용하여 혈액학적 변화를 관찰한 경우였다. 따라서 술중에서 단일관 기관지튜브를 사용하여 수술이 이루어지는 동안의 혈액학적 변화와 동맥혈 가스분석의 변화에 대한 연구는 실제로 많지 않은 실정이다. 이에 단일관 기관지튜브를 삽관한 후 흉강경을 이용한 수술 중 흉부 교감신경연쇄절단을 받는 환자에서 이산화탄소 주입전과 주입시의 심박수, 평균동맥압, 전신혈관저항지수, 심박출지수 및 심수축지수 등의 혈액학적 변화를 Thoracic electrical bioimpedence (TEB)법을 이용한 비침습적 심박출량 측정기(Bioz system, Cardiodynamics, USA)를 이용하여 관찰하고, 이산화탄소 주입 전과 주입 후 그리고 배출 후의 동맥혈 가스 변화를 비교 관찰함으로써 흉강경하 수술에서 이산화탄소 주입이 혈액학 및 동맥혈 가스에 대한 영향을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

본원 흉부외과에서 1998년 8월부터 1999년 1월까지 계획된 흉강경하 흉부 교감신경연쇄절단술을 시술받은 일차성 다한증 환자 중 심전도가 정상이고, 과거력상 심장질환이 없으며 미국마취과학회 신체등급 분류상 I, II군에 해당하는 10대부터 30대 연령의 환자 30명(남자 16명, 여자 14명, 평균연령 23±9세)을 대상으로 하였다.

마취 전 처치로 마취유도 1시간 전에 midazolam 0.04 mg/kg, morphine 0.05 mg/kg, glycopyrrolate 0.2 mg을 근주하였고, 환자가 수술실에 도착하면 산소 4 L/min로 탈질소화 하면서 좌측 손등에 20 G 정주용 카테터를 이용하여 정맥로를 확보하고, 심전도와 혈액학적 지수의 측정을 위해 Thoracic electrical bioimpedence (TEB)법을 이용한 비침습적 심박출량 측정기(Bioz system, Cardiodynamics, USA)의 전극을 환자의 양측 목과 양측 가슴에 부착하였고 비침습적 혈압 감시장치와 맥박 산소 측정기(Omnicare, Hewlett Packard, USA)를 거치하였다. Fentanyl 100 mcg, thiopental sodium 5 mg/kg, vecuronium bromide 0.1 mg/kg를 정주 후 단일관 기관지튜브를 삽관하여 마취유도를 하였고 isoflurane 1.0-1.5 vol.%와 아산화질소/산소 2 L/2 L/min로 투여하되 환자의 혈압을 술전 혈압의 ± 20% 정도로 유지하여 마취유지를 하면서 지속적 동맥압 감시 및 동맥혈 가스분석을 위하여 우측 요골동맥(radial artery)에 20 G 카테터를 거치하였다. 환자를 반좌위(semisitting position)로 한 후에 2 mm 베레스침(veres needle)을 이용하여 우측 폐에 흉곽내의 압력이 8-10 mmHg가 되도록 지속적으로 이산화탄소를 주입하면서 수술을 시행하였고 수술 중 혈액학적 변화 및 동맥혈 가스 분석을 시행하였다.

혈액학적 지수의 측정은 이산화탄소 주입 직전, 주입 후 1분, 2분, 3분, 4분, 5분에서 심박수, 평균동맥압, 전신혈관저항지수, 심박출지수 및 심수축지수를 측정하였다. 동맥혈 가스분석은 이산화탄소 주입 직전, 주입 후 5분, 배출 후 5분에서 시행하였다.

통계학적 검증은 각각 반복측정 분산분석(repeated measures analysis of variance)으로 검증한 뒤, 다중비교를 위해서 혈액학적 지수는 이산화탄소 주입직전

측정치에 대해서 Dunnet 다중비교를 하고, 동맥혈 가스분석은 이산화탄소 주입직전 측정치와의 차이를 계산하여 영(zero)에 대해서 t 검증을 하였다.

결 과

심박수는 마취유도 전 분당 84.33 ± 14.99 회이었으며 마취유도 후 우측 흉곽내에 이산화탄소를 주입하기 직전 분당 76.33 ± 18.29 회로 마취유도 전과 비교하여 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 이산화탄소 주입 후의 심박수는 주입 직전과 비교하여 주입 후 1분에서 5분까지 측정 전기간 동안 통계적으로 유의하게 증가되었다(Table 1).

평균동맥압은 마취유도 전 94.67 ± 7.39 mmHg이었으며 마취유도 후 이산화탄소 주입 직전 78.67 ± 7.94 mmHg ($P < 0.05$)로 마취유도 전과 비교하여 통계적으로 유의하게 감소하였다. 이산화탄소 주입 후에는 주입 직전과 비교하여 주입 후 1, 2, 3분에서 각각 87.33 ± 11.22 mmHg, 89.67 ± 11.04 mmHg, 87.83 ± 11.86 mmHg ($P < 0.05$)로 통계적으로 유의하게 증가하였다($P < 0.05$).

전신혈관저항지수는 마취유도 전 1960.00 ± 117.64 dyne.sec/cm⁵/m²이었으나 마취유도 후 이산화탄소 주

입 직전에는 2176.67 ± 244.43 dyne.sec/cm⁵/m² ($P < 0.05$)으로 마취유도 전과 비교하여 통계적으로 유의하게 증가하였다. 이산화탄소 주입 후에는 주입 직전과 비교하여 주입 후 1, 2, 3분에서 각각 2955.00 ± 239.40 dyne.sec/cm⁵/m², 2726.00 ± 325 dyne.sec/

Fig. 1. Percent changes from base (before CO₂ insufflation) of the heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), and systemic vascular resistance index (SVRI) are shown. †, *, *denote statistical significance in 95% confidence interval. Abbreviations: bae; before CO₂ insufflation, post 1, 2, 3, 4, 5 min; post CO₂ insufflation (right side thorax) 1, 2, 3, 4, 5 minutes.

Table 1. Hemodynamic Measurements

	Pre	Base	Post 1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
HR (beat/min)	84.33 ± 14.99	76.33 ± 18.28	98.16 ± 15.20*	95.33 ± 15.65*	90.83 ± 17.34*	89.33 ± 17.41*	86.33 ± 13.56*
MBP (mmHg)	94.67 ± 7.39	78.67 ± 7.94	87.33 ± 11.22*	89.67 ± 11.04*	87.83 ± 11.86*	85.33 ± 12.24	82.17 ± 9.28
SVRI (dyne.sec/cm ⁵ /m ²)	1960 ± 117	2176 ± 244	2955 ± 239*	2726 ± 325*	2695 ± 185*	2438 ± 100	2405 ± 215
CI (L/min/m ²)	3.57 ± 0.49	2.73 ± 0.23	2.32 ± 0.22*	2.60 ± 0.30	2.58 ± 0.35	2.75 ± 0.33	2.68 ± 0.43
ACI (/sec ²)	1.40 ± 0.24	1.09 ± 0.23	0.73 ± 0.18	0.86 ± 0.26	0.79 ± 0.17	1.01 ± 0.36	0.99 ± 0.36
EDI (ml/min ²)	69.33 ± 11.62	69.67 ± 14.44	64.83 ± 10.07	67.17 ± 11.05	72.05 ± 11.54	70.33 ± 14.19	66.83 ± 10.94

The asterisks (*) denote statistical significance in 95% confidence interval with baseline values.

pre: pre-anesthesia, base: before CO₂ insufflation, post: after CO₂ insufflation, HR: heart rate, MAP: mean arterial pressure, SVRI: systemic vascular resistance index, CI: cardiac index, ACI: accelerated contractility index, EDI: end diastolic index.

cm^5/m^2 , $2695.00 \pm 185 \text{ dyne} \cdot \text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ ($P < 0.05$)으로 통계적으로 유의하게 증가하였다(Fig. 1).

심박출지수는 마취유도 전 $3.57 \pm 0.49 \text{ L}/\text{min}/\text{m}^2$ 이었으나 마취유도 후 이산화탄소 주입 직전 $2.73 \pm 0.23 \text{ L}/\text{min}/\text{m}^2$ ($P < 0.05$)으로 마취유도 전과 비교하여 통계적으로 유의하게 감소하였다. 이산화탄소 주입 후는 주입 직전의 심박출지수와 비교하여 주입 후 1분에서 $2.32 \pm 0.22 \text{ L}/\text{min}/\text{m}^2$ ($P < 0.05$)으로 통계적으로 유의하게 감소하였다.

심수축지수는 마취유도 전 $1.40 \pm 0.24/\text{sec}^2$ 이었으나 마취유도 후 이산화탄소 주입 직전 $1.09 \pm 0.23/\text{sec}^2$ 로 통계적으로 유의하게 감소하였다. 이산화탄소 주입 후에는 주입 전과 비교하여 통계적으로 유의성이 없었다(Fig. 2).

Fig. 2. Percent changes from base (before CO₂ insufflation) of the cardiac index (CI), and accelerated contractility index (ACI) are shown. †: denote statistical significance in 95% confidence interval. Abbreviations: base; before CO₂ insufflation, post 1, 2, 3, 4, 5 min; post CO₂ insufflation (right side thorax) 1, 2, 3, 4, 5 minutes.

이산화탄소 주입에 의한 동맥혈가스분석 중 산도는 마취유도 후 이산화탄소를 우측 흉곽내에 주입하기 직전 7.38 ± 0.06 에서 이산화탄소 주입 후 5분에 7.32 ± 0.09 ($P < 0.05$)로 통계적으로 유의하게 감소하였다(Table 2). 이산화탄소 배출 후 산도는 7.36 ± 0.08 로 이산화탄소 주입 후 5분에서의 산도보다는 통계적으로 유의하게($P < 0.05$) 증가하였으나 주입 직전과 비교하여 여전히 유의하게($P < 0.05$) 감소되었다.

한편 동맥혈산소분압은 마취유도 후 이산화탄소 주입 직전 $176.56 \pm 30.43 \text{ mmHg}$ 에서 이산화탄소 주입 후 5분에 $173.90 \pm 38.95 \text{ mmHg}$ ($P > 0.05$)로 통계적으로 유의성이 없었다. 이산화탄소 배출 후 5분에는 $176.39 \pm 55.15 \text{ mmHg}$ 로 이산화탄소 주입 후 5분의 동맥혈산소분압과 비교하여 통계적 유의성이 없었고($P > 0.05$) 주입 직전과 비교하여서도 통계적으로 유의성이 없었다($P > 0.05$).

동맥혈이산화탄소분압은 마취유도 후 이산화탄소 주입 직전 $40.01 \pm 5.20 \text{ mmHg}$, 이산화탄소 주입 후 5분에는 $48.11 \pm 11.24 \text{ mmHg}$ ($P < 0.05$)로 통계적으로 유의하게 증가하였다. 이산화탄소를 배출한 후 5분에는 $42.59 \pm 9.65 \text{ mmHg}$ 로 이산화탄소 주입 후 5분과 비교하여 통계적으로 유의하게 감소하였으나 ($P < 0.05$) 이산화탄소 주입 직전과 비교하여서는 여전히 통계적으로 유의하게 증가되어 있었다($P < 0.05$).

그리고 동맥혈산소포화도는 마취유도 후 이산화탄소 주입하기 직전 $99.13 \pm 0.40\%$, 이산화탄소 주입 후 5분에는 $98.80 \pm 0.63\%$ ($P < 0.05$)로 주입 직전과 비교하여 통계적으로 유의하게 감소하였다. 이산화탄소 배출 후 5분에는 $98.97 \pm 0.51 \text{ mmHg}$ 로 이산화탄소 주입 후 5분에서의와 비교하여 통계적으로

Table 2. Changes of Arterial Blood Gas Analysis

	Base	Post 5 min	End 5 min
pH	7.38 ± 0.06	7.32 ± 0.09^a	$7.36 \pm 0.08^{a,b}$
PaCO ₂ (mmHg)	40.01 ± 5.20	48.11 ± 11.24^a	$42.59 \pm 9.65^{a,b}$
PaO ₂ (mmHg)	176.56 ± 30.43	173.90 ± 38.95^a	$176.39 \pm 55.15^{a,b}$
SaO ₂ (%)	99.13 ± 0.40	98.80 ± 0.63^a	$98.97 \pm 0.51^{a,b}$

The ^a denote statistical significance in 95% confidence interval with baseline values. The ^b denote statistical significance in 95% confidence interval with post 5 min values. Base: before CO₂ insufflation, Post 5 min: 5 minutes after CO₂ insufflation, End 5 min: 5 minutes after CO₂ deflation.

유의하게 증가하였고($P < 0.05$) 이산화탄소 주입 직전과 비교하여서는 여전히 통계적으로 유의하게 감소되어 있었다($P < 0.05$).

고 찰

비디오의 도움을 받아서 흉곽내 수술을 하기 위해서는 더 나은 시야 확보를 위하여 이산화탄소의 양압 주입으로 인위적인 기흉을 만들어 폐실질을 압박하는 것이 필수적이다. 조용히 자발호흡을 할 때의 흉막강내압은 호기시 -4 cmH₂O, 그리고 흡기시에는 -10 cmH₂O 정도의 음압을 유지하고 있는 데 특히 흡기시에 흉막강내의 음압이 더욱 커지기 때문에 정맥혈액이 큰 저항을 받지 않고 심장으로 돌아올 수가 있으나 양압 환기 시에는 이와 반대로 흡기말에 흉막강내압이 상대정맥(superior vena cava) 및 하대정맥(inferior vena cava)의 압력보다 높기 때문에 높아진 흉막강내압이 이들 정맥을 압박하여 정맥환류량이 줄어들고 심박출량도 줄어들게 된다.^{2,8)} 이런 상황에서 흉곽내에 대량의 이산화탄소를 주입하면 Faurschou 등이⁹⁾ 밝힌 바와 같이 정맥환류량과 심박출량은 더욱 줄어들게 된다. 또한 이렇게 이산화탄소를 대량으로 주입한 상황은 긴장성 기흉(tension pneumothorax)의 상황과 유사하나¹⁰⁾ 긴장성 기흉과는 달리 심박수가 감소하는 경우가 많다. 그 이유는 흉곽내에 주입된 가스에 의해 폐의 신장수용체(pulmonary stretch receptor)의 자극으로 미주신경효과(vagal effect)가 커지기 때문으로 사료된다.¹¹⁾

이번 연구에서는 흉곽내에 이산화탄소를 주입하고 있는 시간이 비슷한 환자를 대상으로 하는 수술군을 택할 뿐 아니라 시술받는 연령이 비슷한 군을 찾기 위하여 요즈음 많이 각광받고 있는 흉강경하 흉부 교감신경절절단술(thoracoscopic thoracic sympathectomy)을 시행받는 환자만을 대상으로 하였다. 또한 실제로 흉강경하 흉부 교감신경절절단술을 시행할 때 단일관 기관지튜브를 사용하는 경우가 많으므로 단일관 기관지튜브를 사용하였을 때의 혈역학적 변화를 보려는 이번 연구의 목적에 더욱 적합하였다고 볼 수 있다. 흉곽내로의 이산화탄소 주입은 흉곽내의 압력이 10 mmHg가 되도록 유지하면서 지속적으로 이산화탄소를 주입하였다 이러한 방법은 이중관 기관지튜브의 경우인 처음에만 이산화탄소를 주입하

고 폐가 완전히 허탈(collapse)되면 이산화탄소의 주입을 끊는 방법과는 다른 방법으로 동맥혈가스분석의 결과에 영향을 더 많이 끼칠 수 있는 방법이다.

본 연구에서의 혈역학 지수의 측정은 TEB법을 이용한 비침습적 심박출량 측정기를 이용하였다. 이는 비침습적인 방법으로 전반적인 혈역학적 변화를 측정할 수 있는 장치로써 침습적인 방법과 비교하여서도 그 정확도가 매우 우수한 것으로 밝혀져 있다.

이산화탄소를 흉곽내에 주입한 후 1분에서 심박수와 평균동맥압이 증가한 것은 주입된 이산화탄소에 의하여 흉곽내 압력이 증가하고 이로 인해 교감신경의 일시적인 기능항진에서 기인한 것으로 사료된다. 또한 그후부터는 시간이 지날수록 점차 감소하는 것으로 보아 이는 Bennett 등의¹²⁾ 연구와 일치한다고 볼 수 있겠다. 그러나 본 연구와는 다르게 Jones 등은⁷⁾ 이산화탄소를 흉곽내 압력을 달리하여 주입한 연구결과에서 흉곽내 압력이 10 mmHg일 때의 혈역학적 변화에서 심박수와 평균동맥압은 감소하는 것으로 보고하였다. 또한 이러한 변화는 흉곽내의 압력이 더 높을수록 현저하게 나타났다. 이는 피부를 절개한 후 트로카(trochar)를 삽입하고 연구대상의 혈역학적 지수가 안정된 후에 이산화탄소를 주입하고 또 그후 3-5분에서 측정한 결과로써 본 연구에서는 실제로 수술하는 상황에서의 혈역학적 변화를 보는 것 또한 중요하게 평가하였기에 혈역학지수의 안정이 유지되기 전에 이산화탄소를 바로 주입하였고 그리하여 심박수와 평균동맥압의 변화가 Jones 등과 차이가 있는 것으로 사료된다. 그러나 이산화탄소 주입 후 1분에서 심박수와 평균동맥압이 가장 증가하였다가 그후 점차로 감소하는 추세를 보이는 것으로 보아 시간이 지나면 결국 Jones 등의 결과와 일치하리라 사료된다. 이로 미루어 보아 이러한 vagal effect를 완화시키기 위해서는 항콜린성 약물을 마취 전처치약물로 사용하는 것 또한 아주 중요하다고 볼 수 있겠다.¹¹⁾ 본 연구에서는 단일관 기관지튜브를 사용하였으나 Wolfer 등의²⁾ 이중관 기관지튜브를 이용하여 흉곽내 이산화탄소의 압력을 달리하면서 연구한 결과에 의하면 심박수나 평균동맥압의 변화가 없는 것으로 보고하고 있다. 그러나 Ronald 등의¹³⁾ 연구에 의하면 역시 이중관 기관지튜브를 사용했을 때 흉곽내 양압이 증가할수록 심박수와 평균동맥압이 감소하는 것으로 보고하고 있다. 따라서 예측컨

데 흉곽내 이산화탄소를 주입한 후 흉강경하 수술을 할 때에는 단일관 기관지튜브보다는 이중관 기관지튜브를 이용하여 일시적인 이산화탄소 주입으로 폐를 허탈시킨 후 이산화탄소의 주입을 끊고 수술을 시행하는 것이 혈액학적으로 더 안전할 것으로 사료된다.

심박출지수의 변화에서는 이산화탄소의 주입 후 심박출량이 감소한 것이 이산화탄소 주입으로 인한 흉곽내의 양압의 증가로 정맥환류량이 감소하고 또 그로 인한 일회심박출량(stroke volume)의 감소에 기인한 것으로 생각되어지며⁹⁾ 다른 한편으로는 흉곽내로 주입된 이산화탄소의 공간을 점유하는 효과(space occupying effect)로 심장의 수축력에 영향을 미친 것으로 생각된다. 본 연구의 경우 이산화탄소 주입 후 1분에서 심박수와 평균동맥압이 증가하였지만 심박출지수가 감소하였던 것은 이산화탄소 주입으로 인한 흉곽내의 양압환경이 정맥환류량을 감소시켜 일회심박출량을 감소시키는 효과로 인하여 비록 심박수가 증가하였으나 심박출지수는 감소한 것으로 사료된다. 또한 이런 변화는 Jones 등의⁷⁾ 연구에서와 같이 흉곽내의 양압이 증가하면 증가할수록 더욱 더 심해지고, 이중관 기관지튜브를 사용한 Ronald 등의¹³⁾ 연구에서도 흉곽내 양압이 증가할수록 심박출지수의 감소가 더욱 현저한 것으로 보아 이러한 수술을 할 때에는 조심스러운 이산화탄소의 주입으로 적당한 양압을 유지하는 것이 중요하리라고 사료된다.²⁾

전신혈관저항지수의 변화에서는 이산화탄소 주입 후 1분부터 증가하는 것으로 나타났다 이는 Jones 등의⁷⁾ 연구와도 일치하는 것으로 흉곽내 주입된 이산화탄소에 의한 양압에 기인한 것으로 사료된다. 그리고 이러한 효과이외에도 이산화탄소 주입으로 인한 일시적인 교감신경 항진에 의하여 전신혈관저항의 증가는 더욱 뚜렷하게 나타난 것으로 보인다. 또한 Jones 등은⁷⁾ 이러한 전신혈관저항지수의 증가는 흉곽내 양압의 증가가 심할수록 더욱 증가하는 것으로 보고하고 있다.

심수축지수의 변화에서 Ronald 등이나¹³⁾ Jones 등의⁷⁾ 보고에서는 흉곽내 양압환경이 증가할수록 심수축이 감소하는 것으로 나타났으나 본 연구에서는 감소를 보이지만 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다. 이는 이산화탄소 주입 후 혈액학적 안정을 취하기 전에 측정된 수치인 때문으로 생각되고 이렇게

이산화탄소를 주입한 직후의 교감신경이 증가한 상황에서도 미약하나마 심수축지수의 감소가 나타나는 것으로 보아 Ronald 등이나¹³⁾ Jones 등의⁷⁾ 연구에서처럼 3-5분 정도의 시간이 지난 후에 심수축지수를 측정하였다면 이들의 연구와 같은 결과가 나왔을 것으로 예측된다.

동맥혈가스분석에서는 이산화탄소 주입 후 5분에서 통계적 유의를 보이며 산도의 감소 이산화탄소분압의 증가 및 산소포화도의 감소를 보였으나 산소분압의 감소는 나타나지 않았다. 이는 확산에 의한 이산화탄소의 혈액내 유입과 흉곽내로 주입된 이산화탄소로 인한 압력의 증가로 발생한 환기 장애가 주원인으로 사료된다. 그러나 본 연구에서는 이러한 환기 장애가 그다지 심하지는 않은 것으로 여겨지는데 이는 산소분압의 변화에서 통계학적 유의성이 없는 것으로도 알 수가 있겠다. 이렇게 이산화탄소가 주입되어 환기장애가 발생하는 상황에서 저산소증(hypoxia)이 나타나지 않는 것은 저산소성 폐혈관 수축(hypoxic pulmonary vasoconstriction)으로 인한 결과 때문으로 사료된다.²⁾ 이는 Wolfer 등의²⁾ 연구 결과와도 일치한다고 볼 수 있겠다. 이산화탄소를 배출한 후 5분에서는 이산화탄소 주입시와 비교하여 통계학적으로 유의하게 산도의 증가, 이산화탄소분압의 증가 및 동맥혈산소포화도의 증가 등이 나타났으나 이산화탄소 주입전과 비교하여서는 여전히 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다 이로 미루어보아 수술이 끝난 후에 충분한 환기를 시켜주는 것이 필요할 것으로 사료된다. 흉곽내에 이산화탄소를 주입하여 흉강경하 수술을 할 경우 본 연구에서는 측정을 하지 않았으나 호기말 이산화탄소분압의 측정 또한 중요할 것으로 생각된다.⁶⁾ 이는 술중 이산화탄소 색전증(CO₂ embolism)의 조기 발견에 아주 중요하기 때문이다. 그러나 호기말이산화탄소분압의 변화 없이도 이산화탄소 색전증이 나타날 수 있다는 것을¹¹⁾ 상기하는 것 또한 필요하다.

결론적으로 흉곽내로 이산화탄소를 주입하여 흉강경하 수술을 시행할 경우 이산화탄소 주입으로 인한 양압으로 일시적인 교감신경의 항진을 초래하여 심박수와 평균동맥압이 증가하나 궁극적으로는 심박수와 평균동맥압의 감소, 심박출지수의 감소, 심수축지수의 감소 및 전신혈관저항의 증가를 초래한다. 또한 동맥혈가스분석상에서 산도의 감소, 이산화탄소

분압의 증가 및 산소포화도의 감소가 나타나는 것으로 보아 이에 대한 생리학적 및 해부학적 변화에 대한 이해와 조심스러운 혈액학적 감시 및 호기말이산화탄소분압의 측정이 중요하고, 이산화탄소의 압력을 10 mmHg 이하로 하며 주입 속도는 분당 2 L 이하로 하는 것이 중요하다고 사료된다. 그리고 본 수술이 합병증이 적다고는 하나¹⁴⁾ 출혈, 감염 및 심혈관계의 이상을 초래할 수 있기에 이에 대한 적절한 처치법을 숙지하고 있는 것 또한 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Jacobeus HC: Possibility of the use of the cystoscope for investigation of serious cavities. *Munch Med Wochenschr* 1910; 57: 2090.
2. Wolfer RS, Krasna MJ, Hasnain JU, McLaughlin JS: Hemodynamic effects of carbon dioxide insufflation during thoracoscopy. *Ann Thorac Surg* 1994; 58: 404-8.
3. Bardini R, Sefalin A, Pavanello M, Peracchia A: Videothoroscopic enucleation of esophageal leiomyoma. *Ann Thorac Surg* 1992; 54: 576-7.
4. Landreneau RJ, Mack MJ, Hazelrigg SR: Video assisted thoracic surgery: basic technical concepts and intercostal approach strategies. *Ann Thorac Surg* 1992; 54: 800-7.
5. Nathanson LK, Shimi SM, Wood RAB, Cuschieri A: Videothoroscopic ligation of bulla and pleuroctomy for spontaneous pneumothorax. *Ann Thorac Surg* 1991; 52: 316-9.
6. Hanley ES: Anesthesia for laparoscopic surgery. *Surg Clin North Am* 1992; 72: 1013-9.
7. David RJ, Geoffrey MG, Gerald GT, Gerry H, Gordon FM: Effects of insufflation on hemodynamics during thoracoscopy. *Ann Thorac Surg* 1993; 55: 1379-82.
8. Braum HA: Introduction to respiratory physiology. 2nd ed. Boston, Little, Brown and Company. 1980, 129.
9. Faurschou P, Madsen F, Viskum K: Thoracoscopy: Influence of the procedure on some respiratory and cardiac values. *Thorax* 1983; 38: 341-3.
10. Bitto T, Mannion JD, Stephenson LW: Pneumothorax during positive-pressure mechanical ventilation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 89: 585-91.
11. Katherine PG, Mark D, David AL: Hemodynamic collapse during thoracoscopy. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1993; 7: 588-9.
12. Bennet RA, Orton EC, Tucker A, Heiller CL: Cardiopulmonary changes in conscious dogs with induced progressive pneumothorax. *Am J Vet Res* 1989; 50: 280-4.
13. Ronald CH, David RJ, Robert AV, Behrooz K: Selective lung ventilation during thoracoscopy: Effects of insufflation on hemodynamics. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 945-8.
14. 김영숙, 김기엽, 김인세: 내시경적 흉부 교감신경절 소작술을 이용한 본 태성 다한증의 치료. *대한마취과학회지* 1997; 33: 133-8.