

## 개에서 복강경을 이용한 난소자궁절제술시 CO<sub>2</sub>가스에 의한 기복증이 심박수와 동맥혈압에 미치는 영향

조성수<sup>§</sup> · 김영기<sup>\*\*\*§</sup> · 박세진<sup>\*\*\*</sup> · 이승용<sup>\*\*\*</sup> · 이시경<sup>\*\*\*</sup> · 이희천<sup>\*\*\*\*\*</sup> · 이효종<sup>\*\*\*</sup> · 장흥희<sup>\*\*</sup> · 연성찬<sup>\*\*\*1</sup>

\*경상대학교 수의과대학 수의외과, 행동학 연구실, \*\*경상대학교 수의과대학 동물의학연구소,  
\*\*\*경상대학교 수의과대학 수의영상의학 실험실

(게재승인: 2010년 10월 4일)

### Effects of Using Carbon Dioxide on Heart Rate and Arterial Blood Pressure during Laparoscopic Ovariohysterectomy in Dogs

Seong-Su Cho<sup>§</sup>, Young-Ki Kim<sup>\*\*\*§</sup>, Se-Jin Park<sup>\*\*\*</sup>, Seung-Yong Lee<sup>\*\*\*</sup>, Scott-S Lee<sup>\*\*\*</sup>,  
Hee-Chun Lee<sup>\*\*\*\*\*</sup>, Hyo-Jong Lee<sup>\*\*\*</sup>, Hong-Hee Chang<sup>\*\*</sup> and Seong-Chan Yeon<sup>\*\*\*1</sup>

*\*Lab. of Veterinary Surgery and Behavior, College of Veterinary Medicine,  
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea*

*\*\*Institute of Animal Medicine, College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea*

*\*\*\*Lab. of Veterinary Medical Imaging, College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea*

**Abstract :** Cardiovascular changes caused by CO<sub>2</sub> pneumoperitoneum during laparoscopic ovariohysterectomy (LOVH) were measured in nine healthy mixed breed dogs (16.7 ± 4.6 kg). The dogs were premedicated with the combination of atropine, acepromazine, and butorphanol. General anesthesia was induced with propofol and maintained with isoflurane in oxygen. Controlled ventilation maintained partial pressure of end-tidal CO<sub>2</sub> between 35-45 mmHg. The CO<sub>2</sub> pneumoperitoneum was maintained at a constant pressure of 12 mmHg and the dog was placed in the 15° Trendelenburg position as LOVH was performed. Dorsal pedal artery was catheterized for measurements of heart rate (HR) and invasive arterial blood pressure (IBP). Prior to the intraperitoneal insufflation, baseline measurements of HR and IBP were made every minute for a total of 10 min. Then, measurements of HR and IBP were made every 5 min following intraperitoneal insufflation and were also made every 5 min following desufflation for a total of 10 min. The CO<sub>2</sub> pneumoperitoneum during LOVH resulted in a significant (*P* < 0.05) increase in systolic arterial blood pressure at the time of the onset of insufflation. In addition, diastolic and mean arterial blood pressure increased significantly (*P* < 0.05) at the time of the onset of insufflation and 5 min following insufflation. The mean heart rate did not change significantly during LOVH. Although IBP showed sharp initial rise following the CO<sub>2</sub> pneumoperitoneum, the changes were within physiological acceptable limits in these healthy, ventilated dogs.

**Key words :** arterial blood pressure, carbon dioxide, heart rate, laparoscopic ovariohysterectomy, pneumoperitoneum.

### 서 론

수의학분야에서 진단과 수술을 위한 목적으로 실제 소동물 임상에서 복강경의 사용은 널리 사용되고 있지는 않지만 그것의 임상적용 가능성과 장점을 찾기 위한 연구들이 최근 이루어지고 있다. 그 중에서도 복강경을 이용한 난소 또는 난소자궁적출술을 이용한 연구가 많이 이루어지고 있다. 복강

경을 이용한 수술은 술 후 동물의 통증을 줄여주고 정상적인 활동성을 나타내는데 걸리는 시간이 줄어든다는 장점이 있는 것으로 알려져 있으나(4-6,10,24,32,33), 수술 중 상당한 수준의 심박수와 동맥혈압 그리고 호흡기계의 변화를 일으킬 수도 있는 단점을 가지고 있기도 하다(2,27). 이러한 이유로 복강경을 이용한 수술에서 발생할 수 있는 혈액학적 변화를 이해하는 것은 술자에게 있어 아주 중요한 항목이다.

복강경을 이용한 난소자궁절제술시 복강 내 실질장기를 머리쪽으로 견인하기 위해 수술대 위에서 개의 머리부분을 아래쪽으로 약 15°정도 기울이는 Trendelenburg 자세를 유지해야 하며 복강 내에서 수술기구의 조작 공간 및 술야를 확보

<sup>§</sup>Both authors contributed equally to this work

<sup>1</sup>Corresponding author.

E-mail : scyeon@gnu.ac.kr

하기 위해 CO<sub>2</sub>가스를 복강 내로 주입하여 복강을 확장시키는 기복증을 유발하여야 한다.

기복증 유발이 동물모델의 심혈관계와 호흡기에 미치는 영향을 알아보기 위해 일련의 연구들이 다양한 기복증 유발 가스(CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, 실내공기)를 이용하여 다양한 정도의 복강압력(15-40 mmHg)에서 이루어져 왔다(7,14,28,34). 주로 1970년대에 이루어진 이들 연구는 전반적으로 복강 내 압력의 증가가 심박출량의 감소와 전신혈관저항의(systemic vascular resistance) 증가를 유발한다는 내용을 보고하고 있다. 그러나 근래에 들어 더욱 많은 연구가 진행됨에 따라 기복증에 의한 복강 내 압력증가에 따른 혈액학적 변화에 대한 다른 결과들이 보고되고 있다. 즉 Bannenberg 등은(1) 돼지에서 복강 내 압력을 10, 15, 20 mmHg로 유지할 경우 엎드리게 한 자세와 바로 누운 자세 모두에서 심박출량의 감소가 없다고 보고하였으며 Marathe 등은(21) 개에서 복강 내 압력을 15 mmHg 이상으로 유지할 경우 평균 동맥압과 심박수는 변하지 않는다고 보고하였다. 한편 Sáenz 등은(29) 돼지에서 복강경을 이용하여 신장적출술을 시행할 경우 심박출량과 평균 동맥압이 상승한다는 보고를 하였다. 또한 실험 조건이 완벽하게 이루어진 비임상적 연구에서 복부내압이 30-40 mmHg에 도달할 때까지는 혈액학적 변화가 나타나지 않는다는 점을 제시하기도 하였다(25). 이외에도 여러 연구들이 다양한 복강압력과 서로 다른 마취 프로토콜(7,11,23), 환축의 자세 변화(34) 등의 서로 다른 조건들 아래에서 다양한 결과들을 제시하고 있으며 여러 연구자들의 의견이 서로 충돌하는 민감한 분야이다.

복강경 수술을 하는 동안 관찰할 수 있는 혈액학적인 변화는 CO<sub>2</sub>가스에 의해 유발된 기복증과 술전에 사용된 마취프로토콜의 상호작용에 의해 발생한다. 위에서 소개된 이전의 연구들은 마취방법, 수술 자체의 스트레스, 환축의 자세 등이 서로 다른 조건하에서 도출된 결과들을 제시하고 있기 때문에 심혈관계에 영향을 미치는 다양한 인자들을 고려한다면 이전 연구결과들을 모든 상황에서 그대로 적용하기엔 무리가 있다. 또한 많은 연구들이 실제 복강경을 이용한 난소자궁절제술에서 유지하는 기복증 압력보다 상당수준 높은 압력 하에서 도출된 결과들이다. 최근 10년간 개에서 복강경을 이용한 난소자궁절제술을 행한 연구들을 살펴보면 기복증에 의한 복강 내 최대 압력은 술자들의 임의에 의해 결정하였지만 평균적으로 8-15 mmHg의 압력으로 유지한 상태에서 수술을 시행하였다(4-6,10,24,32,33). 이러한 측면에서 볼 때 향후 실험적 상황이 아닌 임상 상황에서 좀더 실제적으로 적용할 만한 조건 즉 실제 복강경 시술을 진행하는 동안에 발생하는 개의 심혈관계통의 변화를 규명할 필요성이 있다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 많이 사용되고 있는 마취 프로토콜 중 하나를 적용한 개에서 실제 복강경 수술에서 사용되는 복강 내 압력(12 mmHg)과 Trendelenburg 자세를 유지한 채 난소자궁절제술을 행하여 수술과정 전반에 걸쳐 나타나는 심혈관계 변화를 관찰해보고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험동물

본 실험의 실험방법과 실험동물의 관리 방법은 경상대학교 동물윤리위원회의 승인을 얻어 시행하였다. 본 실험에서는 중성화가 이루어지지 않은 건강한 9 마리의 잡종견을 실험동물로 사용하였다. 모든 실험견의 나이는 1-2 연령이었으며 평균체중은 16.7 ± 4.6 kg 이었다. 실험에 참가하기 전 엄격한 신체검사결과 실험견 모두 특이적 사항을 관찰할 수 없었으며 혈구검사, 혈액 화학적검사, 심장사상충검사에서도 모든 항목이 정상 범위 안에 있음을 확인하였다. 모든 실험견은 수술 참가 이틀 전부터 개별 케이지에서 사육되었으며 술 전 12시간째부터 절식을 하였고 음수는 6시간째부터 제한하였다.

### 실험동물의 마취

모든 실험견에게 같은 방식의 마취과정을 적용하였다. 전마취제로 atropine(아트로핀®, 제일제약, 한국, 0.04 mg/kg, IM), acepromazine(세다젝트®, 삼우메디안, 한국, 0.04 mg/kg, IM), butorphanol(부토판®, 명문제약, 한국, 0.4 mg/kg, IM) 합제를 투여하였다. 전마취제 투여 20분 후에 propofol(프로바이브주®, 명문제약, 한국, 3-5 mg/kg)을 투여하여 마취 유도를 행하였으며 isoflurane을 100% 산소와 혼합 투여하여 전신마취를 유지하였다. 전신마취를 행한 후 수술 중 심박수와 동맥혈압을 측정하기 위한 동맥 카테터를 장착하였다. 24G 의 동맥 카테터를 좌측 또는 우측 뒷발등동맥에 삽입하였다. 삽입된 카테터는 수술 환측 모니터(AS3, Datex-Ohmeda Division, Finland)와 연결된 blood pressure transducer에 (Accutrans, Biosensors, Singapore) 연결하였다. 동맥혈압의 영점 조정은 수술대에 위치한 환축의 심장높이에서 이루어졌다. 또한 심전도, 호흡수, 호기말 CO<sub>2</sub>, 호기말 isoflurane, 맥박산소를(Capnomac Ultima, Datex Division, Finland) 수술과정 전반에 걸쳐 모니터 하였다. 수술과정 동안 요골쪽 피부정맥을 통해 유산링거액(Hartman, Choongwae, Korea)을 10 ml/kg/hr의 속도로 투여하였으며 습윤 온열패드(Medi-Therm, Gaymer, USA) 이용하여 환축의 체온을 38-39°C로 유지하였다. 또한 인공호흡기를 이용하여 호기말 CO<sub>2</sub>가스농도를 35-45 mmHg로 유지하였다. 수술 중 마취농도는 1.6-1.8%를 유지하였다.

### 수술방법

복강경을 이용한 난소자궁절제술은 이전의 연구에서 발표된 수술방법을 적용하여 시행하였다(5,6,10,24,32,33). 환축을 수술대 위에서 Trendelenburg 자세(15°)를 취한 후 Verres needle을 복강장기가 손상 받지 않도록 제대부위에서 3 cm 아래쪽 측면 복부에서 시작하여 골반강 방향으로 전진시키며 복강 내로 삽입시켰다. Verres needle과 CO<sub>2</sub> insufflator (serial number-1100111601, Richard Wolf, Germany)를 연결하여 기복증을 유발시켰으며 수술과정 동안 CO<sub>2</sub>가스에 의한 복강 내 최대압력은 12 mmHg 를 유지하였다. CO<sub>2</sub>가스를 이용하여 복강의 공간을 넓힌 후 5 mm trocar를 Verres needle 장착 방

법과 같이 복강 내로 장착하여 3개의 port 즉 1개의 카메라 port 와 2개의 기구 port를 생성하였다. 카메라 port는 제대에서 꼬리쪽으로 3 cm 떨어진 백선부위에 생성하였으며 기구 port는 제대 port보다 꼬리쪽 방향에 위치한 백선을 중심으로 좌측과 우측 복부에 각각 장착하였다.

환측의 복부를 중심으로 우측 기구 port를 이용하여 atraumatic grasping forceps를 삽입하고 좌측 기구 port를 이용하여 universal bipolar grasping forceps를 삽입하였다. 먼저 atraumatic forceps를 이용하여 우측 난소의 난소고유인대를 잡아당겨 난소와 난소 동, 정맥을 노출시킨 후 bipolar forceps를 이용하여 난소 동, 정맥을 전기소락하였다. 전기소락의 완료 후 monopolar electrocauterization scissors를 좌측 기구 port를 통해 삽입한 후 소락이 완료된 동, 정맥과 난소 결이인대의 절제를 실시하였다. 우측난소 절제를 완료한 후 atraumatic grasping forceps와 universal bipolar grasping forceps의 삽입위치를 교체한 후 우측난소와 똑같은 방식으로 좌측난소와 난소결이인대의 절제를 시행하였다.

양쪽난소의 절제를 완료한 후 복강경 카메라를 자궁몸통과 자궁목쪽으로 향하였다. 먼저 좌, 우측 자궁동맥을 universal bipolar grasping forceps를 이용하여 소락하였다. 또한 자궁목에서 근위 방향으로 0.5 cm 지점의 자궁몸통 부위를 약 1 cm 넓이로 소락을 행한 후 소락된 자궁몸통과 자궁 동, 정맥부위를 monopolar electrocauterization scissors를 이용하여 절제하였다. 절제된 난소와 자궁은 왼쪽 기구 port가 삽입된 복벽을 통해 체외로 배출하였으며 절제된 난소와 자궁이 쉽게 체외로 배출될 수 있도록 복벽을 1-2 cm 정도 추가적으로 절제하였다. 체외로 절제된 조직을 빼낼 때 함께 떨어져 나오는 자궁 넓은인대는 손으로 뜯어서 복강 내로 환납시키거나 복강 밖으로 제거하였다. 조직절제를 완료한 후 다시 기복증을 유발하여 복강 내 출혈이 없는지 확인하였다. 출혈이 없음을 확인 후 제대 port와 좌, 우측 기구 port를 제거한 후 복벽에 압력을 가하여 복강 내 CO<sub>2</sub>가스를 가능한 많이 제거하였다. 복벽과 피부의 봉합은 일반적 복강 수술에 준해 행하였다.

### 동맥혈압 및 심박수 측정

동맥카테터 삽입 후 약 3분 정도 혈압수치가 안정될 때까지 기다린 후 혈압과 심박수를 기록하기 시작하였다. 복강 내 CO<sub>2</sub>가스 삽입에 의한 기복증을 유발하기 10분 전부터는 1분 단위로 동맥혈압과 심박수를 측정하였으며 10분 동안 측정된 동맥혈압과 심박수의 평균값을 baseline 값으로 설정하였다. 기복증이 완료된 시점에서부터 수술과정 동안은 5분 간격으로 혈압과 심박수를 기록하였으며 수술이 완료된 후 CO<sub>2</sub>가스를 복강에서 제거한 시점으로부터 5분과 10분이 경과된 시점의 동맥혈압과 심박수도 측정하였다.

### 통계분석

측정된 항목들의 결과값은 평균 ± 표준편차로 표시하였으며 모든 통계처리는 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하였다. 수술 중 각 시간대에서 측정된 심박수, 이완기

동맥압, 수축기 동맥압, 평균 동맥압의 변화를 분석하기 위해 One-way ANOVA를 이용하였다. One-way ANOVA에서 유의적인 차이가 확인되는 데이터의 경우 사후분석을 위해 Dunnett multiple comparison test를 이용하여 baseline에서 측정된 수치와 각 시간대에서 측정된 수치를 비교 분석하였다. 모든 통계검정은 P 값이 0.05 미만인 경우를 유의한 것으로 간주하였다.

## 결 과

수술 중 임상적으로 고려할 만한 특이적 부작용은 발생하지 않았으며 모든 실험견은 수술 후 합병증 없이 회복되었다. 수술 중 측정된 각 항목 즉 심박수, 이완기 동맥압, 수축기 동맥압, 평균 동맥압 값을 Table 1 에 제시하였다. 기복증을 유발하기 전 10분간 측정된 변수들의 값(baseline 값)에 따르면 모든 실험견에서 임상적으로 고려할만한 서맥, 빈맥, 저혈압, 고혈압은 관찰되지 않았다.

One-way ANOVA 테스트 결과 수술 시간의 흐름에 따른 유의적 수치변화가 이완기 동맥압( $P=0.000$ ), 수축기 동맥압( $P=0.005$ ), 평균 동맥압( $P=0.000$ )에서 관찰되었다. 그러나 심박수의 경우 baseline 값에 비해 기복증을 유발한 시점부터 평균 심박수가 감소하는 경향을 관찰할 수 있었으나 통계학적 유의성은 관찰되지 않았다.

각 시간대에서 측정된 이완기 동맥압, 수축기 동맥압, 평균 동맥압 값을 baseline에서 측정된 값과 비교했을 때 수축기 동맥압에서는 기복증 완료시점에만 유의적인( $P=0.03$ ) 수치 상승을 관찰할 수 있었다. 기복증 완료 후 5분 시점부터 20

**Table 1.** Measured data (mean ± SD) from dogs underwent laparoscopic ovariohysterectomy and insufflated with carbon dioxide to an intra-abdominal pressure of 12 mmHg.

Time (min)	HR	SAP	MAP	DAP
baseline	118.2 ± 16.4	107.3 ± 7.5	82.4 ± 5.6	70.1 ± 5.4
0	109.9 ± 14.1	1130.8 ± 10.2*	107.2 ± 6.8*	92.9 ± 10.7*
5	110.7 ± 12.9	128.2 ± 16.6	102.8 ± 12*	91.6 ± 12.2*
10	108.7 ± 15.8	121.3 ± 18.8	95.2 ± 11.4	83.3 ± 11.0
15	105.2 ± 16.5	112.2 ± 18.1	87.0 ± 12.5	75.2 ± 12.0
20	103.0 ± 14.2	108.1 ± 17.7	85.1 ± 13.1	73.2 ± 12.5
25	101.8 ± 13.7	107.2 ± 13.6	82.9 ± 10.7	69.3 ± 10.6
30	104.1 ± 16.4	107.8 ± 22.7	84.1 ± 16.3	71.6 ± 15.0
+5	105.3 ± 19.7	105.6 ± 18.2	83.3 ± 13.2	71.2 ± 13.4
+10	109.2 ± 24.9	105.4 ± 20.0	84.9 ± 13.5	71.0 ± 12.2

Abbreviation: HR = heart rate; SAP = systolic arterial blood pressure; MAP = mean arterial blood pressure; DAP = diastolic arterial blood pressure

From 0 to 30 correspond with time after insufflation

+5 and +10 correspond with time after desufflation

\*Indicates value is significantly different from baseline,  $P < 0.05$

분 시점까지는 baseline 값에 비해 평균값의 상승은 있었으나 유의적 차이를 나타내지 않았으며 기복증 완료 후 25분 시점에는 baseline과 비슷한 수치로 돌아왔다. 평균 동맥압과 이완기 동맥압의 경우 기복증 완료시점과 5분 시점에 baseline에 비해 유의적( $P < 0.01$ ) 수치 상승이 관찰 되었으며 이후 지속적으로 감소하여 기복증 완료 후 25분 시점에는 baseline과 비슷한 수치를 나타내었다.

수술완료 후 복강 내에서 CO<sub>2</sub>가스를 제거하고 난 후 5분과 10분 시점에 관찰된 변수들의 평균 또한 baseline과 비교해 유의적 차이를 나타내지 않았다.

## 고 찰

기복증 유발이 심혈관계에 미치는 영향에 대한 연구결과들은 마취방법, 마취시간, 환축의 자세, 기복증에 의한 복강 내 압력에 따라 아주 다양하게 제시되어 있다. 기복증에 의한 복강 내 압력을 15 mmHg 이하로 설정한 뒤 진행된 연구들의 결과를 보면 기복증 유발 후 동맥혈압과 심박수는 연구마다 조금씩 다른 정도의 변화를 나타내었다. Martin 등의(23) 연구에 의하면 propofol을 이용하여 마취를 유도하고 desflurane과 fentanyl을 이용하여 전신마취를 유지한 개에서 복강 내 기복증 압력을 12-14 mmHg로 유지한 채 복강경을 이용하여 위유문부 성형술을 시행할 경우 마취 후 90분째까지는 심박수, 수축기, 이완기, 평균 동맥압 모두에서 유의적 변화가 없었으나 120분이 경과되는 시점부터 평균 동맥압과 수축기 혈압이 감소한다고 보고한 바 있다. 한편 Duke 등은(8) 개에서 기복증에 의한 복강 내 압력을 15 mmHg로 180분 동안 유지한 결과 심박수는 유의적으로 증가하지만 심박출량과 평균 동맥압은 유의적 변화가 없는 것으로 보고하였다. 그러나 위 두 연구는 기복증 유발 후 측정항목들의 관찰을 각각 15분, 30분 간격으로 행하여 기복증 유발 후 빠르게 변화하는 항목들의 수치를 보여줄 수 없다는 한계를 가지고 있다. 이에 비하여 본 연구에서는 기복증 유발 후 5분 간격으로 혈압과 심박수를 관찰하였으며 기복증 완료 후 5분 동안 일시적으로 동맥혈압이 상승한다는 사실을 알 수 있었다.

Gross 등은(9) 자발호흡을 유지한 개에서 기복증을 유발시키기 위한 가스로 N<sub>2</sub>O의 사용을 소개한 바 있다. 그러나 복강 내에서 조직의 전기소락을 행할 경우 복강 내 주입된 N<sub>2</sub>O가스에 의해 연소작용이 발생할 수 있기 때문에 현재에는 CO<sub>2</sub>가 기복증을 유발시키는데 가장 많이 사용되는 가스이다. 또한 CO<sub>2</sub>는 N<sub>2</sub>O에 비해 용해성이 높기 때문에 심각한 색전증을 유발시킬 가능성도 낮다라는 장점을 가지고 있다(3). 그러나 CO<sub>2</sub>가스에 의한 기복증 유발이 혈액학적 변화에 미치는 영향에 관해서는 다양한 연구결과들이 제시되어왔다.

복강경수술을 진행하는 과정에서 나타나는 혈액학적 변화들은 CO<sub>2</sub>가스주입에 의해 유발된 복강 내 압력에 의한 이차적 결과물인 것인지, 복강을 통해 전신으로 흡수된 CO<sub>2</sub>가스에 의한 약리학적 작용에 의한 것인지에 대해서는 많은 논란이 있다(22,26,30). 먼저 복부 내 압력이 증가함으로써 정맥환

류에 대한 두 가지 상반되는 영향을 미칠 수 있다. 첫번째로 혈액을 쥐어짜듯이 강제로 혈액을 밀어냄으로써 정맥 환류량을 증가시킬 수 있고 두번째로는 정맥의 저항을 늘리게 됨으로써 정맥 환류량을 줄어든게 만들 수도 있는 것이다. 복부 내압이 낮은 경우, 다시 말해 20 mmHg 보다 낮은 경우에는 첫번째가 더욱 주를 이루는 것으로 보이고 반면에 40 mmHg 이상의 높은 복부내압이 적용되는 경우에는 두번째에 무게가 더 실리게 된다고 알려져 있다(18,19).

한편 복압상승에 의한 기계적 작용 외에 복강 내에서 흡수된 CO<sub>2</sub>는 고탄산혈증을 유발하여 혈액 산성증을 야기할 수 있으며(8,12) 부신의 교감신경을 자극하여 평균 동맥압의 상승을 유발할 수 있고(15) 심장의 리듬장애에 대한 역치점을 낮출 가능성도 있다(16). Ho 등은(13) 돼지를 통한 실험에서 복강경 수술 시 나타나는 혈액학적 변화는 15 mmHg 수준의 복강내압 증가에 의한 것이 아니며 상당한 양의 이산화탄소가 체내에 흡수됨에 따라 산혈증 및 과탄산혈증 그리고 혈액학적 감퇴가 발생한다고 보고하였다. 그러나 개를 이용한 연구에서는 동맥 PaCO<sub>2</sub>가 200 mmHg까지 올라가더라도 심박출량이 억제되는 등의 혈액학적 변화가 나타나지 않았으며, 그보다 높아지는 경우에만 심박출량의 유의한 감소 양상을 나타내었다(31). 그리고 이번 실험에서 사용된 환기방법과 같이 실제 임상에서는 복강경 수술 시 기계적 인공호흡기를 이용하여 환기를 시켜주기 때문에 호기말 CO<sub>2</sub>분압을 35-45 mmHg로 유지해줄 수 있으며, 난소자궁적출술에 경우 과량의 CO<sub>2</sub>가 체내에 흡수될 만큼의 긴 수술시간이 소요되지 않는다. Ivancovich 등은(14) 적절한 환기를 시행한 개에서 20과 40 mmHg 수준으로 CO<sub>2</sub>가스에 의한 기복증을 유발한 후 PaCO<sub>2</sub>를 측정된 결과, PaCO<sub>2</sub>가 상승하기는 하였으나 생리적으로 의미 있는 수준으로 보기는 어려웠으며 이들 PaCO<sub>2</sub>가 상승하는 것이 심장 자극 효과에는 작용하지 않는다는 결론을 내렸다. 따라서 본 실험에서 나타난 결과 즉 복강내 CO<sub>2</sub> 가스 주입 후 관찰된 전신 동맥압의 유의적 상승은 과탄산혈증으로 인한 생리적 효과로 인해 유발된 증상들이 아니라 복강 내 압력상승이 일시적으로 혈액을 밀어내는 것처럼 작용함으로써 정맥 환류량이 증가되어 나타난 현상이라고 생각한다. 그러나 그 상승폭을 볼 때 내재된 실험관 계통 질환이 없는 환축에서는 임상적으로 고려할 만한 수준은 아니라고 생각한다.

이전의 연구에서 복강경수술 중 심장의 부정맥이 발생했다는 보고가 있으며 CO<sub>2</sub>가스에 의한 기복증 유발 시 복막이 갑작스럽게 늘어남에 따라 미주신경의 긴장도가 증가하는 것이 그 원인으로 알려져 있다(2,22). 실제로, 복강경 수술에서 심박박동의 불규칙적 변화가 가장 빈번히 일어나는 시기는 복막이 최대로 확장되고 혈액학적 변화가 가장 심하게 나타나는 기복증 유발 초기에 발생한다(17,20). 본 연구에서는 이러한 미주신경 긴장도 증가에 의한 심장 부정맥을 미연에 방지하기 위해 전마취제로 atropine을 투여하였으며 수술 과정 중 심장 부정맥을 보인 실험견은 없었다. 그러나 전마취제로 투여된 atropine의 작용이 기복증의 영향으로 나타날 수 있는

심박수와 혈압의 변화에 영향을 주었을 가능성은 배제할 수 없다.

본 연구에서는 전마취제로 atropine, acepromazine, butorphanol합제를 투여하고 propofol에 의한 마취유도 후 isoflurane으로 마취유지를 하였으며 CO<sub>2</sub>에 의한 복강 내 압력을 12 mmHg로 유지한 채 Trendelenburg 자세에서 복강경을 통한 암개의 난소자궁절제술을 시행하였다. 수술과정 전반에 걸쳐 기복증에 의한 심혈관계의 변화를 관찰하기 위해 실제 임상에서 가장 빈번히 환측의 모니터링 수단으로 이용되는 동맥혈압과 심박수를 측정하였다. 그 결과, 심박수는 수술과정 동안 유의적 수치 변화를 나타내지 않았으나 기복증을 유발한 후 일시적으로 동맥혈압의 유의적 상승을 관찰할 수 있었다. 그러나 동맥혈압 수치가 정상범위를 벗어나는 정도의 변화를 나타내진 않았기 때문에 심혈관계 질환이 없는 환측에서 기복증에 의한 혈압변화는 심각히 고려해야 할 항목으로 생각하지 않아도 될 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2005-0049328).

## 참고 문헌

- Bannenberg JJG, Rademaker BMP, Gründeman PF, Kalkman CJ, Meijer DW, Klopper PJ. Hemodynamics during laparoscopy in the supine or prone position - an experimental study. *Surg Endosc* 1995; 9: 125-127.
- Bufalari A, Short C, Giannoni C, Pedrick T, Hardie R, Flanders J. Evaluation of selected cardiopulmonary and cerebral responses during medetomidine, propofol, and halothane anesthesia for laparoscopy in dogs. *Am J Vet Res* 1997; 58: 1443-1450.
- Chui PT, Gin T, Oh TE. Anaesthesia for laparoscopic general surgery. *Anaesth Intens Care* 1993; 21: 163-171.
- Culp WTN, Mayhew PD, Brown DC. The effect of laparoscopic versus open ovariectomy on postsurgical activity in small dogs. *Vet Surg* 2009; 38: 811-817.
- Davidson EB, Moll HD, Payton ME. Comparison of laparoscopic ovariectomy and ovariectomy in dogs. *Vet Surg* 2004; 33: 62-69.
- Devitt CM, Cox RE, Hailey JJ. Duration, complications, stress, and pain of open ovariectomy versus a simple method of laparoscopic-assisted ovariectomy in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2005; 227: 921-927.
- Diamant M, Benumof JL, Saidman LJ. Hemodynamics of increased intra abdominal pressure: Interaction with hypovolemia and halothane anesthesia. *Anesthesiology* 1978; 48: 23-27.
- Duke T, Steinacher SL, Remedios AM. Cardiopulmonary effects of using carbon dioxide for laparoscopic surgery in dogs. *Vet Surg* 1996; 25: 77-82.
- Gross ME, Jones BD, Bergstresser DR, Rosenbauer RR. Effects of abdominal insufflation with nitrous oxide on cardiorespiratory measurements in spontaneously breathing isoflurane-anesthetized dogs. *Am J Vet Res* 1993; 54: 1352-1358.
- Hancock RB, Lanz OI, Waldron DR, Duncan RB, Broadstone RV, Hendrix PK. Comparison of postoperative pain after ovariohysterectomy by harmonic scalpel-assisted laparoscopy compared with median celiotomy and ligation in dogs. *Vet Surg* 2005; 34: 273-282.
- Hewitt SA, Brisson BA, Sinclair MD, Sears WC. Comparison of cardiopulmonary responses during sedation with epidural and local anesthesia for laparoscopic-assisted jejunostomy feeding tube placement with cardiopulmonary responses during general anesthesia for laparoscopic-assisted or open surgical jejunostomy feeding tube placement in healthy dogs. *Am J Vet Res* 2007; 68: 358-369.
- Ho HS, Gunther RA, Wolfe BM. Intraperitoneal carbon dioxide insufflation and cardiopulmonary functions: Laparoscopic cholecystectomy in pigs. *Arch Surg* 1992; 127: 928-933.
- Ho HS, Saunders CJ, Gunther RA, Wolfe BM. Effector of hemodynamics during laparoscopy: CO<sub>2</sub> absorption or intra-abdominal pressure? *J Surg Res* 1995; 59: 497-503.
- Ivankovich AD, Miletich DJ, Albrecht RF. Cardiovascular effects of intraperitoneal insufflation with carbon dioxide and nitrous oxide in the dog. *Anesthesiology* 1975; 42: 281-287.
- Jergens AE, Riedesel DH, Ries PA, Miles KG, Bailey TB. Cardiopulmonary responses in healthy dogs during endoscopic examination of the gastrointestinal tract. *Am J Vet Res* 1995; 56: 215-220.
- Jones BD. Laparoscopy. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1990; 20: 1243-1263.
- Joris JL, Noirot DP, Legrand MJ, Jacquet NJ, Lamy ML. Hemodynamic changes during laparoscopic cholecystectomy. *Anesth Analg* 1993; 76: 1067-1071.
- Kashtan J, Green JF, Parsons EQ, Holcroft JW. Hemodynamic effects of increased abdominal pressure. *J Surg Res* 1981; 30: 249-255.
- Kelman GR, Swapp GH, Smith I, Benzie RJ, Gordon NL. Cardiac output and arterial blood-gas tension during laparoscopy. *Br J Anaesth* 1972; 44: 1155-1162.
- Lewis DG, Ryder W, Burn N, Wheldon JT, Tacchi D. Laparoscopy-an investigation during spontaneous ventilation with halothane. *Br J Anaesth* 1972; 44: 685-691.
- Marathe US, Lilly RE, Silvestry SC, Schauer PR, Davis JW, Pappas TN, Glower DD. Alterations in hemodynamics and left ventricular contractility during carbon dioxide pneumoperitoneum. *Surg Endosc* 1996; 10: 974-978.
- Marshall RL, Jebson PJ, Davie IT, Scott DB. Circulatory effects of carbon dioxide insufflation of the peritoneal cavity for laparoscopy. *Br J Anaesth* 1972; 44: 680-684.
- Martín MF, Lima JR, Ezquerro LJ, Carrasco MS, Usón-Gargallo J. Prolonged anesthesia with desflurane and fentanyl in dogs during conventional and laparoscopic surgery. *J Am Vet Med Assoc* 2001; 219: 941-945.
- Mayhew PD, Brown DC. Comparison of three techniques for ovarian pedicle hemostasis during laparoscopic-assisted ovariohysterectomy. *Vet Surg* 2007; 36: 541-547.
- Morgan BC, Crawford EW, Guntheroth WG. The hemodynamic effects of changes in blood volume during intermittent positive-pressure ventilation. *Anesthesiology* 1969; 30: 297-305.
- Norman J, Atkinson SA. The effect of cardiac sympathetic blockade on the relationship between cardiac output and carbon dioxide tension in the anesthetized dog. *Br J Anaesth* 1970; 42: 592-602.
- Portilla de Buen E, Castanon Morales J, Ramos Mora A,

- Cárdenas Ortega A, García Martínez D, Olivares Gasamarns N. Changes in arterial gases in beagle dogs during carbon dioxide pneumoperitoneum. *Vet Mex* 1998; 29: 53-56.
28. Richardson JD, Trinkle JK. Hemodynamic and respiratory alterations with increased intra abdominal pressure. *J Surg Res* 1976; 20: 401-404.
29. Sáenz J, Asuero MS, Correa C, García J, Villafruela JJ, Cuevas B, Páez A, Linares A, Galindo J, Pascual J, Marcén R, Burgos FJ. Comparative analysis of the hemodynamic and respiratory parameters during laparoscopic versus open living donor nephrectomy: An experimental model. *Transplant Proc* 2007; 39: 2105-2108.
30. Scott DB, Julian DG. Observations on cardiac arrhythmias during laparoscopy. *Br Med J* 1972; 1: 411-413.
31. Steinhart CR, Permutt S, Gurtner GH, Traystman RJ. Beta-adrenergic activity and cardiovascular response to severe respiratory acidosis. *Am J Physiol* 1983; 244: 46-54.
32. Van Goethem BEBJ, Rosenveltdt KW, Kirpensteijn J. Monopolar versus bipolar electrocoagulation in canine laparoscopic ovariectomy: A nonrandomized, prospective, clinical trial. *Vet Surg* 2003; 32: 464-470.
33. Van Nimwegen SA, Van Swol CFP, Kirpensteijn J. Neodymium: Yttrium aluminum garnet surgical laser versus bipolar electrocoagulation for laparoscopic ovariectomy in dogs. *Vet Surg* 2005; 34: 353-357.
34. Williams MD, Murr PC. Laparoscopic insufflation of the abdomen depresses cardiopulmonary function. *Surg Endosc*. 1993; 7: 12-16.