

마취된 개의 자발호흡상태에서 일측폐환기 및 양측폐환기가 심순환기 및 호흡기계에 미치는 영향

송영성 · 장화석 · 김혜진 · 김순신 · 최준철 · 양희택 · 정다정 · 김휘율*

건국대학교 수의과대학 수의외과학교실 및 수의과학연구소
(게재승인: 2005년 5월 27일)

Cadiorespiratory effects of isoflurane-anesthetized dogs with closed chest during spontaneous two-lung and one-lung ventilation

Young-sung Song, Hwa-seok Chang, Hye-jin Kim, Soon-shin Kim, Joon-chul Choi,
Hee-taek Yang, Dai-jung Chung, Hwi-yool Kim*

Department of Veterinary Surgery, College of Veterinary Medicine, Veterinary Science Research Institute,
Konkuk University, Seoul 143-701, Korea
(Accepted: May 27, 2005)

Abstract : One-lung ventilation (OLV) is the isolation and selective ventilation of one lung field. OLV allows the collapse of lung lobes on the side of the thoracic surgical approach to facilitate observation of intrathoracic structures and to achieve lung immobility. OLV be achieved by endotracheal intubation with double lumen tubes or bronchial blockers. In this study, cardiopulmonary consequences of two-lung ventilation (TLV), OLV and Re-TLV (TLV after OLV) were evaluated in 5 dogs. The dogs were anesthetized with mask induction and maintained with isoflurane in oxygen. Tidal volume and respiratory rates were set to maintain end-tidal CO₂ at 40±2 mmHg during instrumentation. Following instrumentation, the dogs were placed in right lateral recumbency and induced spontaneously respiration state. Effect of TLV on hemodynamic and pulmonary variables were recorded. Then, the left bronchus was obstructed by endotracheal intubation with double lumen endotracheal tube to achieve OLV state and recording was continued. After OLV, double lumen endotracheal tube was extubated, and standard endotracheal tubes was intubated again. In this study, spontaneous OLV caused significant decrease in PaO₂, arterial oxygen saturation, mixed-venous oxygen saturation, and increase in PaCO₂. Especially, a significant elevation in PaCO₂ and respiratory acidosis were remarkable findings. So spontaneous ventilation in OLV affected gas exchange and hemodynamic function.

Key words : spontaneous one-lung ventilation, double lumen endotracheal tube, cardiorespiratory effect, dog

서 론

일측폐환기(One-Lung Ventilation, OLV)는 한쪽 폐의 선택적 분리를 시도하는 환기방법 중의 하나이며 흉부 외과 수술 시 적용 되는 방법이다 [7]. 일측폐환기는 기관지 흉막루, 편측성 폐의 수포나 낭종, 흉강경 검사 [13, 31], 폐엽절제술 [13], 식도절제술 [6] 등에 주로 쓰이고 흉부외과의 심혈관 수술이나 수술적인 노출을 위해 사

용하는 방법이다 [7, 18, 29, 31]. 흉부의 수술 및 검사가 이루어질 때 일측폐의 오염 가능성이나 심한 출혈이 의심이 될 때는 이러한 방법이 필수적으로 선택되기도 한다. 이러한 일측폐환기의 유도는 기관지 blocker와 double lumen endotracheal tube(DLET)를 이용하여 선택적 분리를 유도 하는데 기관지 blocker 중에는 Arterial embolectomy catheter와 Univent tube가 있고 DLET 중에는 Carlens, White, Robert-Shaw 형태가 있다. 각각의

*Corresponding author: Hwi-yool Kim

Department of Veterinary Surgery, College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea
[Tel: +82-02-450-3710, Fax: +82-02-446-9876, E-mail: hykim@konkuk.ac.kr]

기관튜브나 기관지 blocker들은 장단점이 있으며 환측의 기관 상태, 크기와 길이, 각 질병의 상황에 알맞게 사용되고 있다. 수의영역에서는 DLET와 Univent tube를 이용한 일측폐환기 연구가 보고되었다 [7, 13].

현재 수의 영역에서 보고된 일측폐환기 연구들은 외측 횡외위에서 기계적 환기와 기관지 blocker를 이용하였으며 이로 인한 동맥혈 산소 분압의 감소, 폐내단락의 증가, 관류량과 환기량의 불일치, 일정하게 유지되는 동맥혈 이산화탄소 분압 등이 보고되었다 [7, 13, 31]. 하지만 흉부마취 상황에서는 자발호흡, 흉강의 개방, 환측의 자세 등에 따라 많은 변화들이 발생할 수 있다. 본 실험에서는 이러한 변화를 주는 요소들 중 자발호흡 상태에서 일측폐환기를 적용하여 이에 따른 심혈관계의 생리학적인 반응을 연구하고 자발 호흡 일측폐환기 이후 나타날 수 있는 변화를 실험을 통해 확인해 보고자 하였다.

재료 및 방법

실험 동물

실험견은 1주일간의 순화기간을 두고 독립 분할된 사육장에 계류하였다. 실험 전에 일반적 신체 검사, 혈액 검사, 혈청 생화학 검사, 심장사상충 검사, 심전도 검사, 흉부 및 복부의 방사선 검사에서 이상이 없는 잡종견 5마리(암컷 1마리, 수컷 4마리, 체중 7.5-9.8 kg, 평균 8.7 ± 0.8 kg, 나이 14 ± 6 개월)를 사용하였다. 실험기간동안 사료는 시판용 건식 개사료(Eukanuba Adult; 한국 Eukanuba)를 권장량으로 하루 두 번 급여하였고 물은 자유음수 하였다.

마취

실험견은 본 실험을 위해 24시간 동안 절식을 하였고 음수는 12시간 동안 제한하였다. Isoflurane으로 유도마취를 실시하여 기관튜브를 삽관하였으며 호흡 마취 하에 22-gauge over-the-needle catheter(Angiocath, Becton Dickinson Vascular Access, USA)로 요골쪽피부정맥에 카테터를 삽입하여 lactated Ringer's solution(Hatman; 제일제당)을 10 ml/kg/hr 로 수액처치를 하였고 실험견은 등측 횡외위로 고정하였다. 호흡마취유지는 isoflurane으로 최소폐포농도(minimum alveolar concentration, MAC)가 1.3%가 되도록 유지를 하였다. 산소는 1.5 L/min 으로 반 폐쇄성 호흡회로로 기화기를 통해 산소를 공급하였다. 이러한 과정까지 용적 조절 인공호흡기(Delta-88X; Royal medical, Korea)를 통하여 기계적 인공호흡을 실시하였으며 본 실험의 data를 측정하기 전까지 End-tidal CO_2 가 $40 \pm 2 \text{ mmHg}$ 가 유지되도록 하였다.

모니터기기의 사용

(1) 이산화탄소 가스분석기

가스분석기(Capnomac ultima; Datex-ohmeda, Finland)를 이용하였고 분석하기 위한 가스 시료의 채취 연결관을 기관튜브의 선단에 위치시켰다. 이 장치는 Standard gases(Quick Cal Calibration Gas; Datex, Finland)를 이용하여 실험 전에 교정하였다.

(2) Pulse oximeter

Pulse oximeter(BSM-8301; Nihon kohden, Japan)의 probe를 실험견의 설근부에 위치시켜 SpO_2 를 측정하였다.

(3) 맥박, 혈압, 동·정맥혈 가스분석

맥박, 혈압, 동맥혈 가스분석을 위한 카테터(polyvinyl chloride tube, ㈜ 메디칼 사푸라이)장착은 총경동맥과 경정맥에 실시하였다. 동맥혈의 카테터의 선단은 혈관 절개를 통해 카테터를 삽입하여 동맥압의 파형을 bedside patient monitor(BSM-8301, Nihon kohden, Japan)로 확인한 후 동맥궁의 기시점 근처에 위치시키고, 정맥혈은 경정맥의 혈관절개를 통해 카테터를 삽입하였으며 bedside patient monitor로 확인하면서 전대정맥까지 위치시켰다. Transducer는 실험견의 우심방위치를 영점으로 교정하여 연결시켰다. 혈액 가스 검사(Stat Profile, Phox Analyzer; Nova Biomedical, USA)는 헤파린 처리된 주사기를 이용하였으며 혈액채취 시 공기가 섞이지 않도록 시료를 채취하였다. 동맥혈의 혈액검사 후 곧바로 정맥혈을 검사하였다. 심전도는 25 mm/s 로 하고 제 II 유도를 선택한 뒤 electrode를 장착하고 체온 측정 probe를 항문을 통해 직장에 위치시켰으며 bedside patient monitor에 연결시켰다. 전 실험과정 중에 체온은 $38.0 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 유지를 시켰다. 체온유지를 위해 hot pack과 담요를 이용하였다.

(4) 일측 및 양측폐환기

카테터 장착이 끝난 후 실험견을 우측 횡외위로 자세를 바꾸고 자발호흡을 유도하였고 간헐적 양압환기법(intermittent positive-pressure ventilation, IPPV)를 시도하여 end-tidal CO_2 가 $40 \pm 2 \text{ mmHg}$ 가 유지되게 한 후 양측 폐환기 0, 5, 10, 15, 20, 30분에 심순환기 및 호흡기계의 각 항목을 측정하였다. 양측폐환기 실험 후 DLET(Broncho-Cath Left; Mallinckrodt Medical, Ireland)를 환측의 우측 횡외위 자세에서 삽관을 시도하였으며 일측 폐환기를 확인하기 위해 청진을 이용하였다 [29]. 일측 폐환기 확인 후 간헐적 양압환기를 다시 시켜주어 end-tidal CO_2 가 $40 \pm 2 \text{ mmHg}$ 가 유지되도록 하였고 이후 자

발호흡 일측폐환기 상태에서 30분간 연속해서 측정하였다. 일측폐환기 상태에서 30분간의 각 항목 측정이 끝난 뒤 일반 기관튜브를 다시 삽관하여 자발호흡 양측폐환기로 전환하여 30분간 측정하였다.

통계 분석

통계 SPSS program을 이용하였다. 각 군내 및 군간에 있어서 시간 경과에 따라 심순환기 및 호흡기계의 각 항목을 반복측정 분산분석(Repeated Measures ANOVA)을 이용하였고 유의성 있는 항목을 Fisher least-significant difference test을 실시하여 다중 비교 하였다. 모든 검정에서 위험을 5% 이하(p<0.05)를 유의성 있는 것으로 판정하였다.

결 과

순환기계의 변화

심박수의 변화에 있어서 TLV, OLV, Re-TLV군에서 각각 114±7.9, 146.5±10.9, 139.8±19.5로 나타났으며 OLV군에서 유의적인 증가를 보였다(p<0.007). 이완기 동맥압의 변화는 TLV, OLV, Re-TLV군에서 각각 78.6±8.9, 59.9±9.0, 68±9.5로 OLV군에서 유의적인 감소를 보였다(p<0.002). 그 외 수축기 동맥압, 평균 동맥압, 중심정맥압은 유의성이 없었다(Table 1).

호흡기계의 변화

OLV군에서 호흡수, 동맥혈 이산화 탄소분압, 동맥혈 pH, 정맥혈 이산화 탄소분압, 정맥혈 pH는 유의성 있는

Table 1. Mean±SD values of hemodynamic variables in isoflurane-anesthetized dogs with closed chest during spontaneous two-lung ventilation, one-lung ventilation, re two-lung ventilation

Variable	TLV	OLV	Re-TLV
HR (beat/min)*	114±7.9 ^a	146.5±10.9 ^b	139.8±19.5 ^b
SAP (mmHg)	113.3±12.8	104.3±50.9	113.5±11.8
MAP (mmHg)	91.2±13.6	81.5±8.0	86.7±8.7
DAP (mmHg)*	78.6±8.9 ^a	59.9±9.0 ^b	68±9.5 ^b
CVP (mmHg)	3.5±2.5	5.7±3.1	3.5±2.1

TLV: Two-Lung Ventilation, OLV: One-Lung Ventilation, Re-TLV: Two-Lung Ventilation after One-Lung Ventilation, HR: Heart rate, SAP: Systolic arterial pressure, MAP: Mean arterial pressure, DAP: Diastolic arterial pressure, CVP: central venous pressure.

*: a significant difference (P<0.05) between all group. Common subscripts are not significantly different from each other.

Table 2. Mean±SD values of pulmonary variables in isoflurane-anesthetized dogs with closed chest during spontaneous two-lung ventilation, one-lung ventilation and re two-lung ventilation

Variable	TLV	OLV	Re-TLV
RR (rate/min)*	28±9 ^a	43±10 ^b	61±6 ^c
EtCO ₂ (mmHg)	43.6±5.4	54.8±10.8	47.9±6.0
PaO ₂ (mmHg)*	571.8±34.3 ^a	214.8±57.8 ^b	483.7±82.1 ^a
PaCO ₂ (mmHg)*	38.5±3.1 ^a	51.3±10.8 ^b	44.6±5.4 ^{ab}
SaO ₂ (%)	99.9±0	99.5±0.6	99.9±0
pHa*	7.37±0.017 ^a	7.27±0.059 ^b	7.32±0.030 ^b
PvO ₂ (mmHg)	106.8±31.6	75.8±6.2	112.2±44.96
PvCO ₂ (mmHg)*	41.8±4.1 ^a	55.2±11.0 ^b	48.7±5.8 ^{ab}
SvO ₂ (%)	96.3±3.0	90.7±2.2	95.4±3.5
pHv*	7.35±0.015 ^a	7.25±0.053 ^b	7.29±0.029 ^b
HCO ₃ ⁻ a	22.57±1.35	24.11±2.31	23.31±2.03
HCO ₃ ⁻ v	23.29±1.75	24.83±2.56	23.84±2.04

TLV: Two-Lung Ventilation, OLV: One-Lung Ventilation, Re-TLV: Two-Lung Ventilation after One-Lung Ventilation, RR: respiratory rate, EtCO₂: end-tidal CO₂, PaO₂: Arterial partial pressure of oxygen, PaCO₂: Arterial partial pressure of CO₂, SaO₂: Arterial oxygen saturation, PvO₂: Mixed-venous partial pressure of oxygen, PvCO₂: Mixed-venous partial pressure of CO₂, SvO₂: Mixed-venous oxygen saturation, pHa: Arterial pH, pHv: Mixed-venous pH, HCO₃⁻a: Arterial bicarbonate concentration, HCO₃⁻v: Mixed-venous bicarbonate concentration.

*: a significant difference (P<0.05) between all group. Common subscripts are not significantly different from each other.

증가를 보였으며(Table 2), 동맥혈의 산소 분압은 TLV, OLV, Re-TLV군에서 각각 571.8±34.3, 214.8±57.8, 483.7±82.1로 OLV군에서 유의적인 감소를 나타내었고(p<0.000) TLV군 30분 이후 급격한 감소를 보이다 OLV군 0분에서 5분 사이 약간의 상승을 보이고 이후 30분까지는 일정하게 유지 되는 것을 관찰할 수가 있었다. Re-TLV군에서는 0분에서 30분까지 점차적인 상승을 나타내었고 TLV군과 비교시 유의적인 변화는 없었다(Fig. 1).

심폐기계의 변화

폐포내 산소분압, 동맥혈, 정맥혈의 산소 함유량은 OLV군에서 유의적인 감소를 보이고 폐포 동맥혈간의 산소 분압차, 단락율은 OLV에서 증가를 보였다(Table 3). 특히, 단락율은 TLV, OLV, Re-TLV군에서 각각 0.3±0.2, 4.1±0.6, 0.9±0.7로 나타났으며 OLV군에서 매우 유의적인 증가 소견을 나타내었고(p<0.000) 이후 점차 감

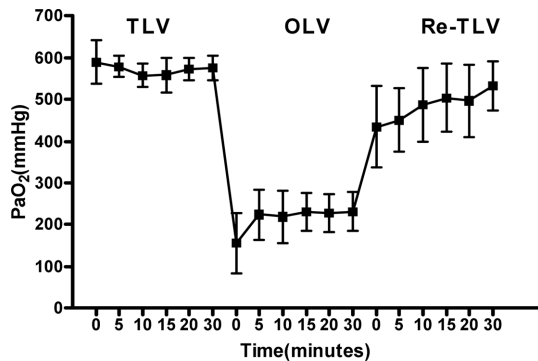


Fig. 1. Change in arterial pressure of oxygen during TLV, OLV, and Re-TLV. TLV: two lung ventilation, OLV: one lung ventilation, Re-TLV: two lung ventilation after one lung ventilation. Each symbol represents the mean value and SD (n=5).

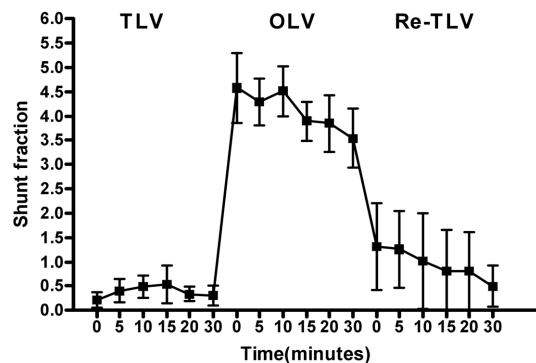


Fig. 2. Change in shunt fraction during TLV, OLV and Re-TLV. TLV: two lung ventilation, OLV: one lung ventilation, Re-TLV: two lung ventilation after one lung ventilation. Each symbol represents the mean value and SD (n=5).

Table 3. Mean±SD values of cardiopulmonary variables in isoflurane-anesthetized dogs with closed chest during spontaneous two-lung ventilation, one-lung ventilation and re two-lung ventilation

Variable	TLV	OLV	Re-TLV
P_AO_2 (mmHg)*	628.1±10.9 ^a	590.9±19.2 ^b	596±12.5 ^b
C_aO_2 (mL/dL)*	27±0.0 ^a	25.8±0.2 ^b	26.7±0.2 ^a
C_vO_2 (mL/dL)*	24.8±0.6 ^a	23.4±0.4 ^b	24.5±0.8 ^a
C_cO_2 (mL/dL)	21.6±3.5	21.5±3.5	21.5±3.5
O_2 ER (%)	8.1±2.3	9.1±2.0	8.1±2.8
A-a (mmHg)*	54.2±33.4 ^a	378.7±66.5 ^b	107.8±65.7 ^a
Q_s/Q_T *	0.3±0.2 ^a	4.1±0.6 ^b	0.9±0.7 ^a

TLV: Two-Lung Ventilation, OLV: One-Lung Ventilation, Re-TLV: Two-Lung Ventilation after One-Lung Ventilation, P_AO_2 : Alveolar oxygen tension, C_aO_2 : Arterial oxygen content, C_vO_2 : Mixed-venous oxygen content, C_cO_2 : Pulmonary end-capillary oxygen content, O_2 ER: Oxygen extraction ratio, A-a: Alveolar-arterial oxygen difference, Q_s/Q_T : Shunt fraction.

*: a significant difference ($P<0.05$) between all group. Common subscripts are not significantly different from each other.

소하여 OLV군 30분 이후 급격하게 감소를 보였다 (Fig. 2).

고 찰

일측폐환기 상황에서는 환축이 외측 횡외위에서 주로 이루어지므로 관류량과 환기량의 영향을 받을 수 있다. 외측 횡외위에서 양측폐환기에서는 위쪽 폐가 심박출량의 40%, 아래쪽 폐가 60% 정도의 관류량을 받게 된다.

정상적으로 산소화 되지 않은 정맥성 혈액(venous admixture)은 심박출량의 10%, 각각 5% 정도를 나누어 갖게 된다. 그러므로 아래쪽 폐에서 이루어지는 가스교환은 55%, 위쪽 폐에서는 35% 정도가 이루어진다 [18]. 여기서 일측폐환기를 적용하면 이론적으로는 35%의 단락(shunt)이 발생되지만 정상적인 생체에서 발생하는 저산소성 폐혈관수축(hypoxic Pulmonary Vasoconstriction, HPV) 현상이 발생하여 아래쪽 폐에서는 약 77.5%, 위쪽 폐에서는 약 22.5%의 관류량이 흐르게 된다. 이로 인해 양측폐환기에서는 총 단락의 양이 10% 정도가 되지만 일측폐환기시에서는 총 단락의 양은 27.5%가 된다 [8, 18, 29]. 일측폐환기에서 폐의 관류량에 대한 중요한 생리학적인 반응인 저산소성 폐혈관수축 반응이란 폐포의 저산소증에 반응하여 혈액의 재분포를 갖게 하는 하나의 생리학적인 방어 기전이다 [4, 5, 10, 11, 15, 22, 25-28, 32]. 저산소성 폐혈관수축 반응은 혈액의 분포에 매우 중요한 영향을 미친다 [8]. 폐야의 혈액들은 높은 농도의 산소가 있는 부위로 이동하고 일측폐환기시 의존적으로 기체교환이 일어나는 곳이 아래쪽 폐이다. 이러한 현상들은 폐내의 단락을 감소시켜 주지만 환기량 대 관류량이 증가한다. 처음에는 PaO_2 가 급격하게 줄어들고 이후 저산소성 폐혈관 수축 반응으로 인해 약간의 상승을 관찰할 수가 있고 이러한 저산소성 폐혈관수축 반응은 20분 이내에 가장 큰 변화를 갖는다고 한다 [8]. 이러한 저산소성 폐혈관수축 반응은 여러 가지 요소들에 의해 많은 변화가 생기는데 호흡마취제에 의해서 변화를 조사한 보고서에서는 0.57% halothane에서 반응이 억제된다고 하지만 1.5% halothane에서는 반응이 감소되지 않는다고 한다 [15, 26, 32]. 정상적인 산, 염기평형의 일탈도 저산소성 폐혈관수축반응을 약화시킨다고 하

나 결과는 다양하게 나타난다는 보고서도 있다 [21, 25]. 체온의 감소, 고령의 나이, 암컷 등의 요소도 혈관수축의 반응에 관여한다고 한다 [4, 5, 7]. 또한, 폐야의 손상이나 수술적인 조작에 의해서 저산소성 폐혈관수축반응은 감소한다고 한다 [8, 10]. 호기말양압(positive and expiratory pressure, PEEP)의 과도한 압력 또한 환기되는 폐의 혈액흐름을 방해하고 혈관수축변화를 감소시킨다고 한다 [22]. 이러한 저산소성 폐혈관수축반응에 대한 연구는 많은 연구를 통해 알려졌으며 일측폐환기를 시도하면서 알아야 할 중요한 생리학적 메커니즘이다.

일측폐환기는 bronchial blocker, Arterial embolectomy Catheter, Univent Tube, DLET 등을 이용하여 만들 수가 있다 [18, 29]. 사람의 경우 개와 비교하여 기관, 기관지의 해부학적 구조가 다르고 인후두부터 기관 분지부까지의 길이가 짧고 기관내경이 크기 때문에 가장 많이 이용되는 것이 DLET 이다 [6]. 이 튜브는 조작이 간편하고 일측폐환기를 다른 기관튜브 보다도 빠르고 정확하게 삽관이 가능하게 하지만 기관튜브의 부적절한 사용은 인후두, 기관에 손상을 일으킬 수 있는 단점이 있다. 개의 경우는 Univent Tube를 이용하여 폐를 분리시킨 연구가 보고 되었다 [7, 31]. Univent Tube란 일반적인 기관튜브에 blocker가 달린 기관튜브이다. 개의 경우는 입에서부터 기관 분지부까지의 길이가 길어서 DLET를 쓰기에 약간의 무리가 있고 Univent Tube가 이러한 단점을 보완해준 기관 튜브이다. 일측폐환기를 만들기 위해 일반적인 기관튜브의 삽관과 비슷하게 이루어지지만 blocker를 다시 삽입하여 기관지 내시경을 이용하여 일측의 폐를 폐쇄한다. 수의영역에서는 현재 이러한 방법을 많이 쓰이고 있다. 하지만, 기관지 내시경이 들어가기 위해선 보통 개의 크기가 크고 기관지 내경이 커야 한다. 이러한 보고에는 실험견들이 20 kg 이상인 실험견이었다 [7, 31]. 수의영역에서도 기관튜브의 기술적 문제로 인해 중대형 품종들에서만 실사가 되어지고 있다. 본 실험에서는 실험견의 기관의 크기를 고려하여 DLET를 이용하였고 일측폐환기를 시도하였다. 정확한 삽관을 고려해 실험하기 전 방사선 검사를 통해 기관의 길이, 크기, 분지부의 위치 등을 고려하였고 약간의 기관 손상을 고려하여 기관튜브에 리도카인 젤을 전체적으로 바르고 삽관을 실시하였다. 삽관 시 자세의 변경이나 목 위치의 움직임 등을 고려하였고 커프의 팽창도 고려를 해야 하는데 일반적으로 과팽창이 되면 기관지에서 빠지거나 미끄러질 수 있기 때문에 기관지 크기를 고려하여 공기 2 ml 정도를 넣어서 팽창을 시켰다.

해부학적으로 기관지 분지는 오른쪽 폐와 왼쪽 폐에 분포되는 양상이 다르다. 오른쪽 폐의 기관지 분포의 경우 분지점에서 바로 옆으로 또는 앞 방향으로 분지되는

반면 왼쪽 폐의 기관지 분포는 약간 밑에서 분지가 이루어져 왼쪽 폐를 차단하는 게 더욱더 쉽다. 본 실험에서도 이점을 고려하여 왼쪽 폐의 폐쇄를 시도하였으며 우측 횡와위에서 실험을 진행하였고 외측 횡와위에서 나타날 수 있는 혈액의 분포, 환기의 영향 등을 고려하였다. 일측폐환기를 확인하기 위해서 청진을 통해 확인하였다 [29].

일측폐환기에서 보여진 심순환기 및 호흡기계의 변화는 큰 폐야의 단락이 만들어지면서 생기는 산소포화도의 감소가 가장 두드러지게 된다. 자발호흡상태에서 일측폐환기는 단락의 증가로 인한 저산소증을 유발시킬 수 있고 이산화탄소의 배출이 용이하지 않을 수 있다. 본 실험에서 OLV 도입 후 동맥혈 산소분압의 급격한 감소가 유의적으로 관찰되었고 5분 동안 약간의 증가현상을 보이다가 유지되는 양상을 띄었다. 동맥혈 산소함량도 역시 비슷한 경향을 나타내었는데 OLV 유도 후 급격한 감소와 5분 이내에 약간의 상승을 관찰할 수가 있었다. 자발호흡을 실시하면서 일측폐환기 시에는 호흡성 산증을 유발시켰다. 동맥혈 이산화탄소분압은 기관튜브 장착에서 5분 동안 급격한 상승을 보였으며 이후 조금씩 상승하였고 Re-TLV 유도 시에는 10분 동안 조금씩 감소되고 이후 유지되는 양상을 나타내었다. 동맥혈 pH 또한 이와 비슷한 양상으로 호흡성 산증을 나타내었다. 산소와 이산화 탄소는 신체 내 생리학적인 반응이 달라서 약간의 차이점이 발생하게 된다. 이산화 탄소의 해리 곡선은 일직선의 반응을 보이므로 환기가 증가하면 이산화 탄소의 배출이 증가되는 현상을 보이고 환기가 감소하면 배출이 감소하는 반응을 보인다. 산소의 해리곡선에서는 환기가 어려울 때에는 환기를 증가시켜주면 일정하게 오르다가 더 이상 오르지 않는 형태의 모습을 보이거나 관류가 어려울 때 즉, 환기량과 관류량의 비가 높을 때에는 높은 산소 농도에도 불구하고 정상적인 혈액의 산소포화도를 유지할 수 없게 된다. 결론적으로 마취 상태에서 일정한 산소 공급 시 일측폐환기에서 산소포화도를 결정하는 인자는 관류량과 관련되는 것이며 이산화탄소의 배출에 대한 문제는 환기와 관련이 있게 된다 [2, 31]. 자발호흡으로 인한 일측폐환기에서 환기로 인한 문제점, 즉 호흡성 산증을 나타내는 문제점을 노출하였다. 산소분압의 급격한 감소를 보였으나 저산소증을 나타내지는 않았다. 그렇지만 본 실험에서 발생한 유의한 변화들 중 단락의 비율은 TLV에서 OLV로 전환 후에는 급격하게 증가를 보였으며 이후 Re-TLV시에는 급격한 하강을 보였으나 TLV보다 약간의 상승을 일으킴을 볼 수 있었다. 이는 환축의 장시간 외측 횡와위 자세를 취하는 동안 삼출액이 발생하고 이는 아래쪽 폐의 기관지를 폐쇄시킬 수 있으며 아래쪽 폐의 팽

창할 수 있는 능력의 감소, 종격동의 아래쪽 변위, 미취로 인한 기능적 잔류용량의 감소로 인해 발생 된다고 여겨진다. 비환기 무기폐의 혈류량의 정도는 술 후 위쪽 폐의 손상을 줄 수 있으며 자발호흡상태에서의 고 탄산혈증으로 인한 산 염기의 불균형은 규칙적인 가스분석으로 인한 감시를 통한 기계적 환기호흡으로 해소 될 수 있을 것으로 사료된다.

일측폐환기에서 저산소증을 예방하고 인위적으로 만들어진 단락의 비율을 얼마나 감소시킬 것인가? 하는 문제는 본 보고서에서도 핵심적으로 다루는 문제이다. 알맞은 기관 튜브의 사용, 저산소성 폐혈관수축 반응에 대한 조사, 일측폐환기 후 전신적인 문제점들이 다루어지고 있으나 수의 임상 부분에서는 그다지 많이 쓰이고 있지 않고 조금 생소한 부분이다. 일측폐환기 마취방법은 여러 가지 주의해야 될 문제를 안고 있고 수의 임상적 용에 약간의 어려움이 있다. 하지만 이를 보완한다면 흉부외과 수술에 있어서 많은 이점을 안겨 줄 수 있을 것으로 기대하고 좀더 나은 수술적 기법을 가능하게 해 줄 것으로 사료된다. 외측 횡외위에서 나타날 수 있는 상황 중 외측 횡외위, 자발호흡, 흉강의 폐쇄된 상태에서 위쪽에 있는 폐의 기관 폐쇄를 통한 일측환기를 적용하여 혈액가스분석 및 심혈관계에 대하여 연구를 하였으며 본 연구는 일측환기법에서 나타날 수 있는 많은 문제점들을 이해하는데 좋은 자료가 될 것이라고 사료된다.

결 론

건강한 성견 5마리를 대상으로 자발호흡상태에서의 양측폐환기와 일측폐환기, 일측폐환기후 다시 양측폐환기를 비교함으로써 심순환기 및 호흡기계에 대한 영향을 조사하였다. 일측폐환기 자발호흡상태에서는 환기의 문제점이 심하게 발생할 수 있어 호흡성 산증을 유발시킬 수 있으나 적절한 기계 환기법으로 충분히 예방할 수 있었다. 그리고 높은 단락의 발생으로 인해 정상적인 산소화가 불가능하였고 동맥혈의 산소분압의 급격한 감소를 보였으나 저산소혈증을 나타내지는 않았고 이후 양측폐환기 후 정상적인 산소 분압의 수치로 나타났다. 그렇지만 일측폐환기 후 양측폐환기의 심폐기능은 이전의 기능보다 약간의 저하를 보였고 이를 보완하는 문제가 임상적용을 하기에 앞서 선행되어야 할 것이다. 수의 임상에서 일측폐환기는 DLET나 다른 기관 튜브를 통해 실시될 수 있으며 좀 더 수의 분야에 알맞은 방법을 모색 한다면 흉부 외과 수술에 있어서 많은 이점을 안겨 줄 수 있는 마취법으로 사료된다.

참고문헌

1. Baraka A, Aouad M, Taha S, El-Khatib M, Kawkabani N, Soueidi A. Apnea-induced hemoglobin desaturation during one-lung vs two-lung ventilation. *Can J Anaesth* 2000, **47**, 58-61.
2. Barer GR, Howard P, McCurrie JR, Shaw JW. Change in the pulmonary circulation after bronchial occlusion in anesthetized dogs and cats. *Cir Res* 1969, **25**, 747-764.
3. Barton L. Respiratory muscle fatigue, *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002, **32**, 1059-1079.
4. Bee D, Wach RA. Hypoxic pulmonary vasoconstriction in chronically hypoxic rats. *Respir Physiol* 1984, **56**, 91-103.
5. Benumof JL, Wahrenbrock EA. Dependency of hypoxic pulmonary vasoconstriction on temperature. *J Appl Physiol* 1977, **42**, 56-58.
6. Campos JH, Reasoner DK, Moyers JR. Comparison of a modified double-lumen endotracheal tube with a single-lumen tube with enclosed bronchial blocker. *Anesth Analg* 1996, **83**, 1268-1272
7. Cantwell SL, Duke T, Walsh PJ, Pemedios AM, Walker D, Ferguson JG. One-lung versus two-lung ventilation in the closed-chest anesthetized dog: A comparison of cardiopulmonary parameters. *Vet Surgery* 2000, **29**, 365-373.
8. Cohen E. Physiology of the lateral position and one-lung ventilation. *Chest Surg Clin N Am* 1997, **7**, 753-771.
9. Cullen DJ, Eger EI. Cardiovascular effects of carbon dioxide in man. *Anesthesiology* 1974, **41**, 345-349.
10. Cutaia M, Rounds S. Hypoxic pulmonary vasoconstriction. Physiologic significance, mechanism, and clinical relevance. *Chest* 1990, **97**, 706-718.
11. Day TK. Blood gas analysis. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002, **32**, 1031-1048.
12. Dries DJ. Permissive hypercapnia. *J Trauma* 1995, **39**, 984-989.
13. Garcia F, Prandi D, Pena T, Franch J, Trasserra O. Examination of the thoracic cavity and lung lobectomy by means of throscopy in dogs. *Can Vet J* 1998, **39**, 285-291.
14. Gentilello LM, anardi D, Mock C, Arreola-Risa C, Maier RV. Permissive hypercapnia in trauma patients. *J Trauma* 1995, **39**, 846-853.
15. Groh J, Kuhnle GE, Ney L, Skell A, Goetz AE.

- Effect of isoflurane on regional pulmonary blood flow during or lung ventilation. *Br. J Anaesth* 1995, **74**, 209-216.
16. **Heneghan CP, Scallan MJ, Branthwaite MA.** End-tidal carbon dioxide during thoracotomy. Its relation to blood level in adults and children. *Anesthesiology* 1981, **36**, 1017-1021.
 17. **Hyman AL, Kadowitz PJ.** Effects of alveolar and perfusion hypoxia and hypercapnia on pulmonary vascular resistance in the lamb. *Am J Physiol* 1975, **228**, 397-403.
 18. **James BE, Edmond C, Steven MN.** Anesthesia for thoracic surgery In: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK (eds.). *Clinical Anesthesia*. pp. 817-833. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2001.
 19. **Johnson DH, Chang PC, Hurst TS, Reynolds FB, Lang SA, Mayers I.** Changes in PETCO₂ and pulmonary blood flow after bronchial occlusion in dogs. *Can J Anaesth* 1992, **39**, 184-191.
 20. **Kiely DG, Cargill RI, Lipworth BJ.** Effects of hypercapnia on hemodynamic, inotropic, lusitropic, and electrophysiological indices in human. *Chest* 1996, **109**, 1215-1221.
 21. **Lejeune P, Brimiouille S, Leeman M, Hallemans R, Melot C, Naeije R.** Enhancement of hypoxic pulmonary vasoconstriction by metabolic acidosis in dogs. *Anesthesiology* 1990, **73**, 256-264.
 22. **Lejeune P, Vachiery JL, De Smet JM, Leeman M, Brimiouille S, Delcroix M, Melot C, Naeije R.** PEEP inhibits hypoxic pulmonary vasoconstriction in dogs. *J Appl Physiol* 1991, **70**, 1867-1873.
 23. **Lumb AB.** Change in the carbon dioxide tension. In: Lumb AB, Nunn JF (eds.). *Nunn's Applied Respiratory Physiology*. pp. 460-471, 5th ed. Butterworth, London, 1987.
 24. **Malmkvist G.** Maintenance of oxygenation during one-lung ventilation. Effect of intermittent reinflation of the collapsed lung with oxygen. *Anesth Analg* 1989, **68**, 763-766.
 25. **Marshall B, Hanson CW, Frasch F, Marshall C.** Role of hypoxic pulmonary vasoconstriction in pulmonary gas exchange and blood flow distribution. 2. Pathophysiology. *Intensive Care Med* 1994, **20**, 379-389.
 26. **Marshall C, Lindgren L, Marshall BE.** Effects of halothane, enflurane, and isoflurane on hypoxic pulmonary vasoconstriction in rat lungs in vitro. *Anesthesiology* 1984, **60**, 304-308.
 27. **Marshall C, Lindgren L, Marshall BE.** Metabolic and respiratory hydrogen ion effects on hypoxic pulmonary vasoconstriction. *J Appl Physiol* 1984, **57**, 545-550.
 28. **Marshall C, Marshall B.** Site and sensitivity for stimulation of hypoxic pulmonary vasoconstriction. *J Appl Physiol* 1983, **55**, 711-716.
 29. **Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ.** Anesthesia for thoracic surgery In: Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ, Larson CP (eds.). *Clinical Anesthesiology*. pp. 525-534, 3rd ed. Lange Medical Books, New York, 1996.
 30. **Powell LL.** Causes of respiratory failure. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2002, **32**, 1049-1058.
 31. **Salman MD.** Effect of one-lung ventilation on oxygen delivery in anesthetized dogs with an open thoracic cavity. *Am J Vet Res* 2003, **64**, 443-448.
 32. **Sykes MK, Gibbs JM, Loh L, Marin JB, Obdrzalek J, Arnot RN.** Preservation of the pulmonary vasoconstrictor response to alveolar hypoxia during the administration of halothane to dogs. *Br J Anaesth* 1978, **12**, 1185-1196.
 33. **Tachibana M, Abe S, Tabara H, Yoshimura H, Matsuura H, Nagasue N, Nakamura T.** One-lung or two-lung ventilation during transthoracic oesophagectomy?. *Can J Anaesth* 1994, **41**, 710-715.