

복강경수술 시 환자의 체질량지수와 체위가 환자의 기도내압과 동적 폐유순도에 미치는 영향

연세대학교 의과대학 ¹마취통증의학교실, ²마취통증의학연구소

김용범¹ · 장철호^{1,2} · 김소연¹ · 남용택^{1,2}

Effect of BMI and Patient Positioning on Airway Pressures and Respiratory Compliance during Laparoscopic Surgery

Yong Bum Kim, M.D.¹, Chul Ho Chang, M.D.^{1,2}, So Yeon Kim, M.D.¹, and Yong Taek Nam, M.D.^{1,2}

¹Department of Anesthesiology and Pain Medicine and ²Anesthesia and Pain Reserch Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Conventional laparoscopic surgery requires a pneumoperitoneum with CO₂ and a change in the patient positioning. Because of the pneumoperitoneum, the peak and plateau airway pressure and respiratory compliances can change compared with initial value. Obesity also affects the patient's respiratory mechanics. The aim of this study was to determine the correlation between the patient's positioning and a pneumoperitoneum with the changes in the respiratory mechanics, and to examine the relationship between the patient's BMI and the changes in the respiratory mechanics.

Methods: Fifty patients undergoing a laparoscopic cholecystectomy and had no pulmonary pathology were enrolled in this study. The patient's basic data were obtained and the Body Mass Index (BMI) was calculated. Conventional induction and maintenance of anesthesia were carried out, and each patient was fully relaxed with a rocuronium during the procedure. The change in the respiratory mechanics was checked 5 minutes after induction, the time that the pneumoperitoneum had been induced, and the end of surgery with the supine and 10° tilting of the Trendelenburg and reverse Trendelenburg position.

Results: There was approximately a 30% reduction in dynamic compliances before and after inducing pneumoperitoneum with CO₂ at each position and a negative correlation between the BMI and the dynamic compliance. There were no significant differences in the respiratory mechanics with the different patient positions.

Conclusions: The respiratory mechanics are influenced by an increase in the patient's BMI and induced pneumoperitoneum but not by a 10° tilting of the reverse Trendelenburg and Trendelenburg position. (Korean J Anesthesiol 2006; 50: 302~7)

Key Words: airway pressure, body mass index, laparoscopy, patient positioning, respiratory compliance.

서 론

최근 수술기법의 발전과 환자들의 비침습적 치료에 대한 요구의 증가로 인해 개복술을 하지 않고 복부 및 골반 내 주요 장기를 관찰하고 수술할 수 있는 복강경술의 적용범위가 증가하고 있다.¹⁾ 복강경술은 큰 절개창을 내지 않고 2-3개의 작은 절제부위로 복강경 및 기구를 넣어 수술을 하므로 반흔 형성이 적고 시술 후 통증이 개복술에 비해

적어서 조기활동이 가능하여 입원기간을 줄이는 장점이 있다. 하지만 시야 확보를 위해 인위적 기복상태를 만들게 되고 여기에 사용되는 CO₂의 흡수와 복압증가로 인해 환자에게 좋지 않은 생리학적 변화를 야기할 수 있게 된다.²⁻⁶⁾ 인위적 기복 상태를 만들기 위해 사용된 CO₂의 흡수로 인해 과이산화탄소증과 산혈증을 초래하며 그 결과 심혈관계에 영향을 주어 부정맥이나 폐혈관의 수축을 야기한다.⁴⁾ 또 복압의 증가로 인해 심혈관계 및 호흡기계에 영향을 주고 복강 내 장기에 직접적인 압력으로 인해 기능 감소를 야기할 수 있다. 이러한 CO₂에 의한 인위적 기복술의 결과로 발생하는 좋지 않은 영향을 줄이기 위해 많은 방법이 시도되고 있으며 그것의 장점에 대해 많은 논의가 되고 있으나⁶⁻¹¹⁾ 보편화 시기키엔 적용대상 범위나 장비도입에 있어 어려움이 있다.

논문접수일 : 2006년 1월 2일

책임저자 : 남용택, 서울시 강남구 도곡동 146-92

영동세브란스병원 마취통증의학과, 우편번호: 120-752

Tel: 02-2019-3521, Fax: 02-3463-0940

E-mail: ytnam@yumc.yonsei.ac.kr

비만의 기준은 골격이나 근육이 아닌 지방조직의 양만을 반영하는 것이 적절하며 이를 잘 반영하는 지수로서 신장이 체중에 미치는 영향을 최소화 할 목적으로 체질량지수(BMI; Body Mass Index)를 흔히 사용한다.³⁾ 체질량지수 값의 정상범위를 18.5-24.9로 정의하며 과체중을 25-29.9로 보고 비만을 30 이상일 때로 정의한다. 특히 BMI 40 이상을 고도비만으로 정의한다.

최근 전 연령에 걸쳐서 비만인구가 증가하는 추세로, 수술장에서 비만환자를 마취하게 되는 경우가 많아지고 있으며 비만이 그 자체로서 질병을 유발하고 다른 질병을 악화시킬 수 있기 때문에 체질량지수(BMI)가 증가함에 따라 유병률과 사망률이 증가하는데³⁾ 앞에서 언급한 복강경술의 장점으로 인해 이런 비만환자들도 복강경적 수술을 적용하는 경우가 늘고 있고 복강경술을 위한 인위적 기복술에 의해 정상체중을 가진 환자들과 마찬가지로 생리학적 변화를 야기할 수 있다.⁴⁾ 복강경술을 이용한 수술동안 시야확보를 위해 외과의로부터 환자의 체위를 변화시켜줄 것을 요구받게 되는데 체위의 변화에 따라서도 환자의 호흡생리의 변화가 올 수 있으며^{12,13)} 각도의 변화를 30° 변화시켰을 때 기능적 잔기량에 영향을 줄 수 있다.¹³⁾ 그러나 인위적 기복상태를 한 경우 그러한 체위변화에 따른 호흡생리 변화 정도가 없다는 보고도 있다.¹⁴⁾ 비만 환자에서는 이미 양와위에서 비만에 의해 정상인에 비해 호흡역학에 차이가 있으나⁴⁾ 체위변화에 따라 정상체중의 환자들에서 보이는 호흡역학의 변화보다 더 많은 차이가 있는지에 대한 연구를 찾기 어려웠다. 따라서 이번 실험에서 인위적 기복술을 이용하는 복강경술을 받는 환자에서 체질량지수와 수술동안에 있을 수 있는 체위변화 및 인위적 기복상태여부가 기도내압과 폐유순도에 미치는 영향을 확인하려 하였다.

대상 및 방법

전신마취하 복강경 수술이 계획된 심혈관계와 호흡기계에 이상이 없는 미국마취과학회 신체등급 1, 2급에 속하는 환자중 사전에 실험에 대한 설명과 이에 대한 질문을 받고 실험에 참여하기로 동의한 20-60세 환자 50명을 대상으로 하였다. 실험에 참여한 환자들의 평균 나이는 45세, 체질량지수는 평균 24였으며 평균수술시간은 82분이었다(Table 1). 각 환자는 마취전 투약으로 glycopyrolate 0.1 mg과 midazolam 1.5 mg을 정주하였고 기본적인 환자 감시장치를 부착하고 마취를 시작하였다. 마취유도는 fentanyl 100µg과 thio-pental sodium 5 mg/kg를 사용하였고 원활한 기관내 삽관과 수술중 적절한 근 이완을 목적으로 rocuronium 0.6 mg/kg를 정주하였으며 신경근 감시장치를 통해 수술동안 연속높이가 25% 미만이 되도록 유지하였다. 기관내 삽관후 튜브는

Table 1. Patient's Demographic Data

Age (yr)	45 ± 11
Sex (M/F)	23/27
Height (m)	1.64 ± 0.09
Weight (kg)	65.1 ± 13.4
BMI (kg/m ²)	24 ± 4.4
ASA class (I/II)	31/19
Op. duration (min)	82 ± 27

All values except sex and ASA class are mean ± SD. BMI: Body Mass Index, ASA: American Society of Anesthesiologists, Op. duration: duration of surgical procedure.

남자의 경우 22-23 cm, 여성의 경우 21 cm에서 고정을 하였다. 양측 mid-axillary line에서 호흡음을 청취하여 양측이 동일할지를 확인하였고 수술중 간헐적으로 반복 청진하여 일측폐환기가 되지 않는지 확인하였다. 필요한 경우 굴곡성 기관지내시경을 이용하여 튜브의 끝과 기관분지 사이의 거리를 확인하여 최소 2 cm 이상 떨어짐을 확인하였다. 이후 환자의 두경부 관절의 과도한 굴곡이나 신전 또는 회전을 가하지 않도록 주의하였다. 마취 유지는 O₂ (1 L/min), air (1 L/min) 및 sevoflurane (2-2.5 vol%)으로 하였으며 용량형 마취호흡기를 이용하여 제지방체중 기준으로 일회환기량 10 ml/kg, 호흡수 12회/분으로 일정하게 조절호흡을 시행하였다. 필요할 경우 별도의 유량계를 사용하여 일회 환기량을 확인하고 위 기준에 맞게 조절하였다. 환자 감시 장치를 이용하여 비침습적으로 혈압, 심박수, 호기말 이산화탄소분압을 측정하였고 폐쇄형회로 마취기(Cato[®], Dräger Medizin-technik GmbH, Germany)에 장착되어있는 감시장치를 이용하여 기도압을 측정하였고 단위는 cmH₂O로 환산하여 기록하였다. 마취유도 5분 후 양와위 상태에서 각각의 최대기도압, 고평압, 혈압, 맥박수 및 호기말 이산화탄소분압을 측정하고 연이어서 각도기(Slant level[®], Tajima, Japan)를 이용하여 10°의 각도가 되도록 Trendelenburg 및 역 Trendelenburg 체위를 시행하고 위의 변수를 동일하게 측정 기록하였다. 동일한 검사를 인위적 기복형성후 5분 후, 수술종료직전에 각각 측정, 기록하였다. 폐유순도는 일회 환기량을 최대기도압으로 나눈 것(ml/cmH₂O)으로 표시하였다.

이상의 실험에서 얻어진 값들은 평균 ± 표준 편차로 표시하였고, SPSS 12.0 프로그램을 사용하여 각 측정대별 체위변화에 따른 기도내압과 폐유순도차이를 one way ANOVA로 검사와 사후분석으로 Bonferroni 방법을 이용했고 체질량지수와 폐유순도와의 관계는 상관분석과 회귀분석을 이용하여 통계적 처리를 하였으며 P값이 0.05 이하일 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

환자의 동적폐유순도는 인위적 기복술을 시행한 후 양와위에서는 평균 29%, 역 Trendelenburg 체위에서는 평균 31%, Trendelenburg 체위에서는 평균 29%의 통계적으로 유의한 감소를 보였다. 수술종료전 기복술을 제거한 후 측정된 동적 폐유순도는 기복술 전, 마취유도 5분 후에 측정된 수치와 유사하게 회복되었다(Fig. 1). 최대기도압 및 고평압 역시 기복술을 시행함에 따라 통계적으로 유의한 증가를 보

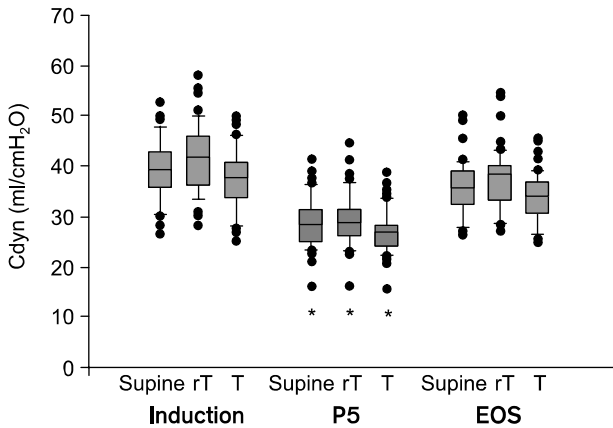


Fig. 1. Comparison of dynamic compliance (Cdyn) at supine, reverse Trendelenburg (rT), and Trendelenburg (T) position during 5 minute after induction (Induction), 5 min after induced pneumoperitoneum (P5), and end of surgery (EOS). There's a significant decrease of dynamic compliance after pneumoperitoneum (*: P < 0.05), but no statistical significance between the position change.

였는데 양와위, 역 Trendelenburg체위 및 Trendelenburg체위에서 각각 최대기도압 평균 41%, 46%, 41%, 고평압 평균 48%, 55%, 48%의 증가를 보였고 인위적 기복술 중지시 처음과 유사하게 회복되었다(Fig. 2). 그러나 각 시점에서 체위변화에 따른 기도내압 및 동적 폐유순도의 차이는 통계적으로 의미가 없었다.

환자의 체질량지수와 동적 폐유순도와의 상관관계를 보면 마취유도후, 인위적 기복술 5분 후 수술 종료 후에서 모두 다소 높은 음의 상관관계를 보였으며(Fig. 3) Pearson's correlation coefficient는 -0.6에서 -0.7 사이의 값을 나타내었다. 체위변화에 따른 회귀곡선의 기울기는 평행관계에서 벗어나지 않았다.

고 찰

최근 전 연령층에서 비만인구가 증가하는 추세에 있고 일반인들의 참살이(well-being)에 대한 욕구가 늘어남에 따라 비만을 하나의 질병으로 보고 이에 대한 치료방법이 모색되고 있는 바, 수술적인 치료 중에서 인위적으로 위장의 용량을 줄여 식사량을 줄게 함으로써 체중을 감소시키는 방법도 시행되고 있다. 1994년 미국에서 Roux-en-Y 우회술을 이용한 소위 bariatric surgery가 처음 소개된 이후 고도비만 환자에서 복강경을 이용한 수술을 접할 기회가 늘어나게 되었고 이들에게 인위적 기복상태를 하여 복압이 증가하게 되면 정상체중의 환자와 마찬가지로 혈액학적 변화 및 심폐기능의 변화를 보이게 되며^{3,4,15} 이산화탄소의 흡수와 복압증가가 이런 변화를 유발하는 요인으로 여겨진다. 그럼에도 불구하고 비만환자에서도 인위적 기복상태를 이용한 복강경술을 비교적 안전하게 시행할 수 있고 고도비만환자

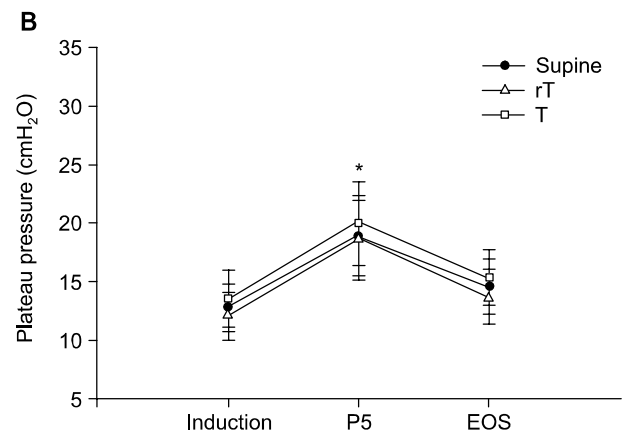
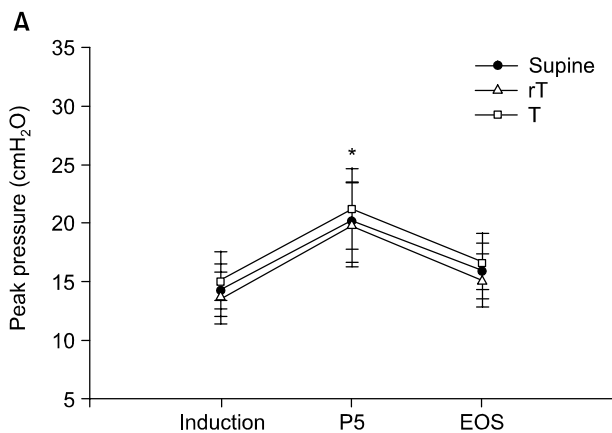


Fig. 2. Comparison of peak (A) and plateau (B) pressure at supine, reverse Trendelenburg (rT), and Trendelenburg (T) position during 5 minute after induction (Induction), 5 min after induced pneumoperitoneum (P5), and end of surgery (EOS). There's a significant increase in airway pressure after pneumoperitoneum (*: P < 0.05), but no statistical significance between the position change.

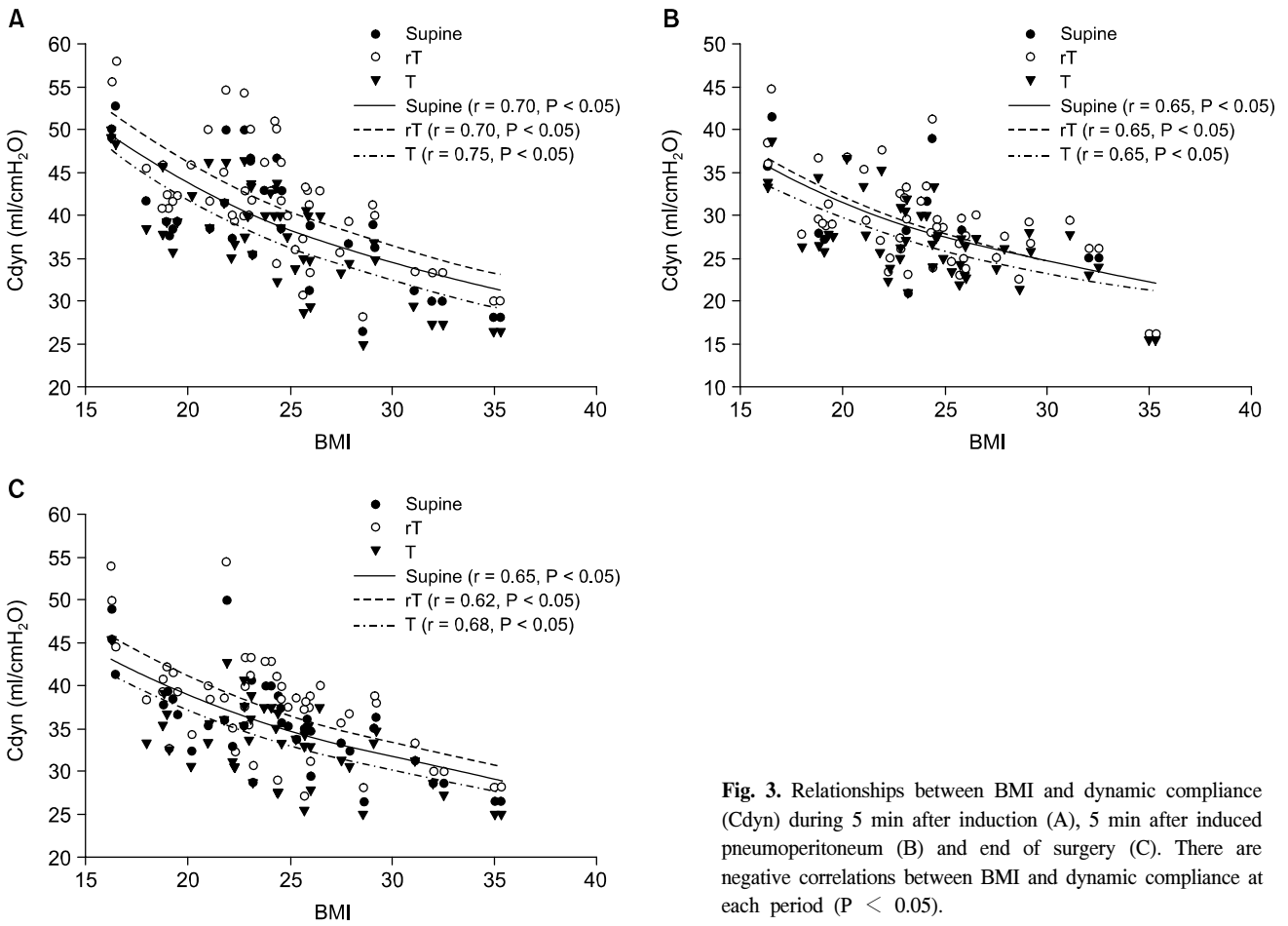


Fig. 3. Relationships between BMI and dynamic compliance (Cdyn) during 5 min after induction (A), 5 min after induced pneumoperitoneum (B) and end of surgery (C). There are negative correlations between BMI and dynamic compliance at each period ($P < 0.05$).

에서 혈액학적 변화에 비교적 잘 적응하는데 이는 정상체 중의 환자들의 기복술 시행이전 복압이 5 cmH₂O 미만인데 비해 이미 복압이 9-10 cmH₂O에 이르기 때문이 아닌가 생각이 된다.¹⁵⁾ 이런 고도비만환자의 마취유지에 있어서 만나게 되는 여러 문제점들 중 하나가 적절한 산소분압 유지이며 산소분압 유지에 있어서 좋지 않은 영향을 주는 인자로 체중이 가장 크게 작용하였으며 환자의 체위 혹은 인위적 기복술여부는 크게 기여하지 않았고 5 cmH₂O의 호기말 양압을 걸어주는 것은 일관성 있게 동맥혈 산소포화도를 개선시키지 못했다는 보고가 있었다.¹⁶⁾ 폐탄성도 및 저항은 인위적 기복술 시행즉시 변화되며 기복술을 중단한 직후에는 증가되어있는 상태를 유지하고 Trendelenburg 체위에서 역 Trendelenburg 체위로 변화 시 저항에서 탄성도 요인이 지배적으로 증가하게 된다.¹⁷⁾ Kim 등도¹⁸⁾ 역시 역 Trendelenburg 체위를 하여 복강경을 시행한 군에 비해 Trendelenburg 체위를 하여 복강경을 시행한 군에서 호기말 이산화탄소치, 최고 기도압, 고평압이 통계적으로 유의한 증가를 보였고 유순도는 유의한 감소를 보였다고 기술하였다. 그러나

이들의 보고서에서는 양와위와의 비교가 없어서 양 극단의 체위변화상태에서는 유의한 차이를 보이지만 이것을 양와위와의 비교에 적용하기에는 무리가 있는 것이 사실이다. 또 복압증가 없이 10°의 역 Trendelenburg 체위만 취한 경우 양와위와 비교해서 변화를 보이지 않았고 기복상태로 인해 발생한 폐유순도의 감소와 기도내압의 증가를 상쇄하기는 역부족이라는 결과도 있었다.¹⁹⁾ 본 실험에서도 10°의 체위변화를 하였을 때 기복상태 여부에 관계없이 폐유순도의 증가와 기도내압의 감소정도가 통계적으로 유의하지 않은 결과를 보였고 수술기간동안의 폐유순도와 기도내압의 변화에 크게 기여하지 않음을 볼 수 있었다. 15°의 Trendelenburg 체위를 시행했을 경우 중력에 의해 복강 내 장기가 횡격막 쪽으로 이동해 양와위에서 횡격막에 가해지는 0 cmH₂O 내외의 복압이 0 cmH₂O 이상의 양압이 되며 체질량지수가 높은 경우도 일관되게 적용된다고 한다.¹⁴⁾

폐유순도 및 기도내압을 조사하는 과정에서 이 두 변수의 값에 혼란을 줄 수 있는 요인으로 자세변화와 기복술 시행 등으로 기관내 튜브의 위치가 달라져서 기관지내로

밀려들어가 일측폐환기만 시행된 결과 기도내압과 폐유순도가 비정상적으로 차이를 보이는 경우가 있을 수 있었다. 그러나 복강경하 탈장정복술 시행시 10°의 Trendelenburg 체위를 시행하고 기관내 튜브의 끝과 기관분기부와와의 거리를 측정된 결과 체위변화와 기복술 후 거리변화는 통계적으로 유의하지 않았다는 보고가 있었다.²⁰⁾ 또 골반경을 시행하는 동안 기관지내 삼관의 가장 큰 위험요인으로 기복상태를 유지하는 것이며 체위변화는 크게 기여하지 않을 수 있다.²¹⁾ 본 실험에서도 기관지내 삼관이 되지 않도록 튜브의 위치를 조절하였으며 의심되는 경우 굴곡 기관지 내시경을 이용하여 튜브의 끝과 기관분기부와와의 거리를 확보하여 튜브의 위치를 조절하였다.

또 한 가지 혼란을 줄 수 있는 인자로서 근이완정도를 생각하였는데, 복부근육의 근 긴장도의 증가로 인해 복압의 증가를 유발하고 그 결과로 폐유순도가 영향을 받을 것을 우려하여 마취유도 직후는 ED₉₅의 2배에 달하는 근 이완제를 사용하므로써 충분한 근이완을 유지하였고 수술 중에 신경근 감시 장치를 통해 나타나는 단일연축높이를 25% 미만으로 유지하려 하였다. 그리고 본 실험과 유사한 실험을 시행한 연구자들이 공통적으로 근 이완을 충분히 유지하려 한 것으로 미루어볼 때 근 이완정도도 폐유순도에 영향을 줄 수 있지 않을까 생각하였고 그래서 마취종료를 위해 깊은 근 이완을 지속할 수 없었던 것이 결과에 어떤 영향을 주는 것은 아닐까 생각하였다. 그러나 돼지를 이용한 동물 실험에서 근 이완여부가 폐와 흉곽의 탄성도에 변화를 일으키지 않았다고 하였고²²⁾ 몇몇의 임상실험에서도 근이완제가 최대 기도압에 영향을 주지 않았다는 보고가 있었다.^{23,24)} 돼지를 이용한 다른 실험에서 근 이완여부가 복강경술동안에 최대 기도압이나 복압에 영향을 주지 않았음을 보고되었고 이 결과로 사람에서의 복강경수술시 불필요하게 과다한 근이완제의 사용에 의문이 제기되었다.²⁵⁾ 이런 여러 보고들로 볼 때 근 이완정도는 본 실험과정에서 폐유순도 및 최대기도압에 영향이 적었을 것으로 생각된다.

이번 실험에서 폐유순도의 변화와 관계가 있었던 요인으로 체질량지수와 인위적 기복상태여부가 있었으며 체질량지수가 높을수록, 기복상태를 유지하는 동안 통계적으로 유의한 폐유순도의 감소를 보였다. Makinen 등은¹²⁾ 지속적 폐활량 감시 장치를 이용해 15°의 체위변화를 시행하고 12 mmHg의 복압을 유지하는 인위적 기복상태를 시행하였을 때 기복상태 없이 체위변화만을 시행했을 경우 폐유순도가 역 Trendelenburg 체위에서는 4%의 증가, Trendelenburg 체위에서는 12%의 감소를 보였고 기복상태를 시행한 후에는 시행 전보다 35%의 폐유순도의 감소를 보였으며 역 Trendelenburg 체위시 변화가 없는데 비해 Trendelenburg 체위는 12%의 추가적 감소를 보였다고 기술하였다. 본 실험에서도

체위변화에 따른 폐유순도의 변화추이가 위의 Makinen 등의 결과와 비슷한 추이를 보이거나 그 차이는 통계적의미가 없었으며 기복술 시행 시는 이들의 결과와 유사하게 약 27%의 통계적으로 유의한 감소를 보인 결과를 얻을 수 있었다. 이는 아마도 본 실험에서는 체위변화를 10°만 시행하였으며, Makinen 등은 순간순간 변하는 일회호흡량과 기도내압을 사용하는데 비해 마취시작시 결정된 일회호흡량을 값으로 사용한 때문은 아닐까 생각하였다. 실험 과정에 마취기에 추가로 호흡측정기를 장착하여 실험해보기도 하였으나 결과에 영향을 주지는 못했다. Makinen 등의 결과와는 다르게 20°의 체위변화에도 기복술후에는 폐유순도와 최대 기도압 평균동맥압에 추가적인 변화를 주지 않았다는 보고가 있으며¹⁴⁾ 본 실험에서 보인 체위변화에 따른 폐유순도의 차가 통계적으로 유의하지 않다는 결과를 뒷받침해주고 있다. 그 원인으로 기복술 후의 체위변화가 호흡역학에 변화를 주지 않은 이유를 체위변화에도 호흡역학에 영향을 주지 않을 만큼 복압으로 인하여 횡격막이 위로 밀려올라간 때문으로 생각할 수 있다.¹⁴⁾ 고도비만환자의 경우 복강경수술에서 기복술 시행이 폐/흉곽유순도에 크게 영향을 주었으며 25°의 과도한 역 Trendelenburg 체위로도 완화시키지 못하였다고 한다.⁹⁾

이번 실험에서 인위적 기복술시 환자의 평균복압은 13 mmHg이었으며 최소 10 mmHg에서 최대 15 mmHg이었다. 미국마취과학회신체등급 1-2에 해당하는 환자군을 대상으로 했을 때 10 mmHg에서 15 mmHg까지의 범위 내에서 복압증가에 따른 최대기도압 및 폐유순도의 차이는 없었다는 보고가 있는바¹⁴⁾ 본 실험에서 보인 복압의 범위 내에서는 호흡역학에 추가적인 변화는 보이지 않았을 것으로 생각한다.

결론적으로, 본 실험에서 환자의 체질량지수와 동적폐유순도와와의 관계는 다소 높은 음의 상관관계를 보였으며 체질량지수와 인위적 기복술여부가 동적 폐유순도에 영향을 주었으나 10°의 역 Trendelenburg 또는 Trendelenburg 체위로 환자의 폐유순도에 통계적으로 유의한 변화를 주지 못하였다. 본 실험에서는 최대 체질량지수가 35였다. 고도 비만에 해당하는 40 이상의 대상이 없었던 관계로 정확한 상관관계를 확인할 수 없었으나 체질량지수가 더 증가할수록 동적폐유순도의 감소와 기도내압의 증가를 보일 수 있을 것으로 생각된다. 인위적 기복술을 시행함에 있어서 추가적인 호흡역학에 악영향을 줄 수 있다. 그러나 10°의 체위변화로는 이런 변화를 보상하거나 악화시키기는 역부족일 것으로 생각된다. 체위변화에 의한 호흡역학의 변화는 이번 실험에서 미미한 것으로 나타났으며 체중이 증가하더라도 체위변화를 하였을 때 정상체중과 별 차이 없는 변화를 보일 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Gonzalez R, Lin E, Mattar SG, Venkatesh KR, Smith CD: Gastric bypass for morbid obesity in patients 50 years or older: Is laparoscopic technique safer? *Am Surg* 2003; 69: 547-54.
2. Saleh JW: *Laparoscopy*. 1st ed. Philadelphia, WB Saunders Co. 1988, p 253.
3. Oberg B, Poulsen TD: Obesity; an anaesthetic challenge. *Acta Anaesthesiol Scand* 1996; 40: 191-200.
4. Nguyen NT, Wolfe BM: The physiologic effects of pneumoperitoneum in the morbidly obese. *Ann Surg* 2005; 241: 219-26.
5. Joris JL: Anesthesia for laparoscopic surgery. In: Miller's Anesthesia. 6th ed. Edited by Miller RD: Philadelphia, PA, USA, Elsevier. 2005, pp 2288-95.
6. Lindgren L, Koivusalo AM, Kellokumpu I: Conventional pneumoperitoneum compared with abdominal wall lift for laparoscopic cholecystectomy. *Br J Anaesth* 1995; 75: 567-72.
7. Tsereteli Z, Terry ML, Bowers SP, Spivak H, Archer SB, Galloway KD, et al: Postoperative randomized clinical trial comparing nitrous oxide and carbon dioxide pneumoperitoneum for laparoscopy. *J Am Coll Surg* 2002; 195: 173-9.
8. Ikechebelu JI, Obi RA, Udigwe GO, Joe-Ikechebelu NN: Comparison of carbon dioxide and room air pneumoperitoneum for day-case diagnostic laparoscopy. *J Obstet Gynaecol* 2005; 25: 172-3.
9. Casati A, Comotti L, Tommasino C, Leggieri C, Bignami E, Tarantino F, et al: Effect of Pneumoperitoneum and reverse Trendelenburg position on cardiopulmonary function in morbidly obese patients receiving laparoscopic gastric banding. *Eur J Anaesthesiol* 2000; 17: 300-5.
10. Larsen JF, Svendsen FM, Pedersen V: Randomized clinical trial of the effect of pneumoperitoneum on cardiac function and hemodynamics during laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 2004; 91: 848-54.
11. Vofsi O, Barak M, Moscovici R, Bustan M, Katz Y: Cardio-respiratory parameters during conventional or gynecological laparoscopy under general or regional anesthesia. *Med Sci Monit* 2004; 10: 152-5.
12. Makinen MT, Yli-Hankala A: Respiratory compliance during laparoscopic hiatal and inguinal hernia repair. *Can J Anaesth* 1998; 45: 865-70.
13. Fahy BG, Bamas GM, Nagle SE, Flowers JL, Njoku MJ, Agarwal M: Effects of Trendelenburg and reverse Trendelenburg postures on lung and chest wall mechanics. *J Clin Anesth* 1996; 8: 236-44.
14. Rauh R, Hemmerling TM, Rist M, Hacobi KE: Influence of pneumoperitoneum and patient positioning on respiratory system compliance. *J Clin Anesth* 2001; 13: 361-5.
15. Dumont L, Mattys M, Mardirosoff C, Picard V, Alle JL, Massaut J: Hemodynamic changes during laparoscopic gastropasty in morbidly obese patients. *Obes Surg* 1997; 7: 326-31.
16. Sprung J, Walley DG, Falcone T, Wilks W, Navratil JE, Bourke DL: The impact of morbid obesity, pneumoperitoneum, and posture on respiratory system mechanics and oxygenation during laparoscopy. *Anesth Analg* 2002; 94: 1345-50.
17. Rizzotti L, Vassiliou M, Amygdalou A, Psarakis CH, Rasmussen TR, Laopodis V, et al: Respiratory system mechanics during laparoscopic cholecystectomy. *Respir Med* 2002; 96: 268-74.
18. Kim JE, Nam YT, Chae YH: The effect of the body position and CO₂ gas insufflation on airway pressure and compliance in normal subjects during laparoscopy or pelviscopy. *Korean J Anesthesiol* 1999; 36: 802-7.
19. Hwang JW, Sim YD, Kim SD: The effect of intraperitoneal CO₂ insufflation and/or reversed Trendelenburg position on airway pressure and compliance. *Korean J Anesthesiol* 2000; 39: 352-6.
20. Mendonca C, Baguley I, Kuipers AJ, King D, Lam FY: Movement of the endotracheal tube during laparoscopic hernia repair. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000; 44: 517-9.
21. Lobato EB, Paige GB, Brown MM, Bennet B, Davis JD: Pneumoperitoneum as a risk factor for endobronchial intubation during laparoscopic gynecologic surgery. *Anesth Analg* 1998; 86: 301-3.
22. Putensen C, Leon MA, Putensen-Himmer G: Effect of neuromuscular blockade on the elastic properties of the lungs, thorax, and total respiratory system in anesthetized pigs. *Crit Care Med* 1994; 22: 1976-80.
23. Westembrook PR, Stubbs SE, Sessler AD: Effects of anesthesia and muscle paralysis on respiratory mechanics in normal man. *J Appl Physiol* 1973; 34: 81-8.
24. Norlander O, Herzog P, Norden I: Compliance and airway resistance during anaesthesia with controlled mechanical ventilation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1968; 12: 132-52.
25. Chassard D, Berrada K, Tournadre JP, Bouletreau P: The effect of neuromuscular block on peak airway pressure and abdominal elastance during pneumoperitoneum. *Anesth Analg* 1996; 82: 525-7.