이산화탄소를 이용한 전신마취하의 복강경수술이 동맥혈 CO₂ 가스치 및 폐환기량의 변화에 미치는 영향

영남대학교 의과대학 마취과학교실

이 경 숙 · 김 세 연 · 김 흥 대

= Abstract =

Effects of Intraabdominal CO₂ Gas Insufflation on PaCO₂ and Tidal Volume during Laparoscopic Surgery under General Anesthesia

Kyeung Sook Lee, M.D., Sae Yeun Kim, M.D. and Heung Dae Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Yeungnam University, Taegu, Korea

Plasma CO₂ gas tension, tidal volume and peak inspiratory airway pressure were investigated before CO₂ gas insufflation, 30 minutes and 60 minutes after gas insufflation in 32 laparoscopic surgery patients to study the effects of intraabdominal CO₂ gas insufflation during laparoscopic surgery under general endotracheal anesthesia with controlled ventilation.

Our results were as follows

- 1) Arterial CO₂ gas tension values were significantly higher 30 minutes after CO₂ gas insufflation compared to before gas insufflation (36.8 ± 4.2 mmHg vs. 28.3 ± 6.8 mmHg).
- 2) Tidal volume was increased 30 minutes after CO₂ gas insufflation compared to before gas insufflation (505.1 ± 78.2 ml vs. 462.0 ± 83.2 ml).
- 3) Peak inspiratory airway pressure was significantly increased 30 minutes after CO₂ gas insufflation compared to before gas insufflation (16.4 ± 1.7 cmH₂O vs. 9.8 ± 1.0 cmH₂O).

And these increasing states were maintained during laparoscopic surgery.

As the above results show, during laparoscopic surgery using CO₂ gas insufflation under general anesthesia with controlled ventilation, arterial CO₂ gas tension, tidal volume and peak inspiratory airway pressure were significantly increased 30 minutes after CO₂ gas insufflation.

Cautions may be advised if laparoscopic surgery, by whatever operation, is indicated in subjects who are affected by increasing PaCO₂ and peak inspiratory airway pressure.

Key Words: Laparoscopic surgery, Intraabdominal gas insufflation, General anesthesia

서 론

복강경을 이용한 복강내 시술이 1902년에 처음 소개된 이후 부인과 환자의 골반내 질환의 진단 및 치료와 내과적 검사용으로 주로 이용되었으나, 광원의 밝

기가 불충분하고 기계를 통하여 관찰할 수 있는 복강내의 범위가 좁아서 만족할 만한 결과를 얻지 못하였다. 그러나 최근 강력한 광원의 개발, 광섬유를 이용한 광축(cable)의 이용, 복강내에 CO₂와 같은 가스의 주입, 광각(wide angle)렌즈의 발달 등으로 복강경을 이용한 시술이 더욱 용이하게 됨에 따라 외과의사들에

개도 많은 호기심을 주었으며 근래에는 복강경을 이용한 복강 및 흉강내 수술도 가능하게 되었다.

복강경 수술은 기존의 개복수술보다 절개부위가 적으므로 흉터가 거의없고 술후 통증이 적으며 회복이 빠르므로 입원기간이 짧아서 치료비용이 절감되며 또한 수술에 따른 위험도가 적은것 등의 많은 장점으로 인하여 최근에는 복강경 수술이 증가되고 있는 추세이지만 그러나 복강내의 CO₂ 가스 주입은 이들 CO₂ 가스가 순환내에 확산되어 들어감으로서 여러가지 문제점을 유발시킬 수 있다.

이에 저자들은 전신마취하에 복강경 수술을 받는 환자들에서 복강내 CO₂ 가스 주입이 동맥혈 CO₂ 가스치 및 폐환기량의 변화를 관찰해 보기 위하여 본 연구를 시행하였으며 이에 따른 결과를 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

대상 및 방법

본 연구의 대상은 1991년 6월부터 동년 8월까지 영남대학교 의과대학 부속병원 수술실에서 복강경 수술을 받은 환자 32명(남자 7명, 여자 25명, 연령 24~68세, 체중 43~80 kg)으로서 이들은 미국 마취과학회 분류법에 의하면 Class 1 또는 2에 해당되었다.

모든 환자에게는 마취전 처치로 atropine sulfate 0.5 mg과 hydroxyzine hydrochloride(Ucerax®) 50 mg을 마취 40분 전에 근육주사하였으며 수술실에 도착한 후 마취유도는 thiopental sodium 4~5 mg/kg를 정주후 안검반사가 소실된 후 succinylcholine chloride 1.0~1.5 mg/kg를 정주하고 보조호흡을 하여 충분히 근육이완이 이루어진 후 기관내 삽관을 시행하였으며 마취유지는 반폐쇄식 방법으로 O₂와 N₂O를 각각 2.5 L/min와 enflurane을 사용하였으며 근육이완제는 vecuronium bromide(Norcuron®) 또는 pancuronium bromide(Mioblock®)를 사용하였으며 용량형 마취호흡기(Dräger anesthesia ventilator)로 일회호흡량을 10 ml/kg, 분당 호흡수를 12회로 조절호흡을 시행하였다.

마취유도후 척골동맥으로 측부 순환이 잘 되는지를 확인한 후 22 G 카테타를 사용하여 요골동맥 천자를 시행하였다.

마취유도후 환자상태가 안정되었을 것으로 추정되는

15분 후에 동맥혈을 채취하여 혈중 이산화탄소 가스치를 측정하여 이를 대조치로 하였으며 이때의 일회 환기량(tidal volume) 및 최고 기도압(peak inspiratory airway pressure)을 측정하여 이를 또한 각각의 대조치로 하였는데, 일회 환기량 및 최고 기도압의 측정은 마취기계의 호기 밸브밀에 부착된 Dräger 회사(West Germany)의 호흡량 측정기와 기도압 계기를 사용하여 측정하였다. 복강경하 담낭 절제술시는 환자의 체위를 중립위치 또는 두부거상위치 하에서 수술을 시행하였으며, 복강경하 난관 절제술 또는 복강경하 난소 절제술시는 Trendelenburg 위치를 취하였다. 그리고 복강내 이산화탄소가스 주입은 복강내압이 대체로 12 mmHg 전후가 되도록 자동으로 조절하여 유지하였다.

복강내 이산화탄소가스 주입후 30분 및 60분에 다시 동맥혈을 채취하여 동맥혈중 이산화탄소가스치를 측정하여 이를 각각의 실험치로 하였으며 이때의 일회 환기량 및 최고 기도압을 또한 측정하였다.

혈중가스분석은 채취된 혈액을 고무마개로 주사바늘을 잘 막은후 얼음이 채워진 상자에 넣은후 검사실로 보내어 Gas Analyzer(Model; Corning 178, Corning Co., Massachusetts, USA)를 사용하여 분석하였으며 각각 얻어진 성적의 통계처리는 Student's t-test를 이용하였고, P<0.05이면 통계학적 유의성을 부여하였다.

성 적

1) 동맥혈중 이산화탄소가스치의 변화

복강내 이산화탄소가스 주입후 30분에는 36.8 ± 4.2 mmHg로서 대조치인 28.3 ± 6.8 mmHg에 비하여 매우 유의있게 증가하였으며(P<0.01), 이러한 증가상태는 계속 유지되었다. 그러나 두부거상위치, 중립위치, Trendelenburg 위치에 따른 차이는 크지 않았다(Table 1).

2) 일회 환기량의 변화

복강내 이산화탄소가스 주입 후 30분에는 505.1 ± 78.2 ml로서 대조치인 462.0 ± 83.2 ml에 비하여 유의있게 증가하였으며(P<0.05), 이러한 증가상태는 계속 유지되었으나 환자위치에 따른 차이는 없었다(Table

Table 1. Changes of PaCO₂ Values(mmHg)

Pt. position	(No.)	Control	After CO ₂ gas insufflation	
			30 min.	60 min.
Head up	(16)	30.5±8.1	38.7±4.2*	39.3±3.4*
Neutral	(7)	25.9±9.1	34.8±3.6*	35.9±3.9*
Trendelenburg	(9)	28.2±3.2	36.9±4.2*	37.6±4.5*
Total	(32)	28.3±6.8	36.8±4.2*	37.6±3.9*

Values are show as mean±SD

*: p<0.01 compared with control values

Table 2. Changes of Tidal Volume(ml)

Pt. position	(No.)	Control	After CO ₂ gas insufflation	
			30 min.	60 min.
Head up	(16)	461.8±105.0	511.0±107.6*	511.0±107.6*
Neutral	(7)	464.3± 53.5	514.3± 39.9*	514.3± 39.9*
Trendelenburg	(9)	460.0± 91.2	490.0± 87.7*	490.0± 87.7*
Total	(32)	462.0± 83.2	505.1± 78.2*	505.1± 78.2*

Values are show as mean±SD

*: p<0.05 compared with control values

Table 3. Changes of Peak Inspiratory Airway Pressure Value(cmH₂O)

Pt. position	(No.)	Control	After CO ₂ gas insufflation	
			30 min.	60 min.
Head up	(16)	9.5±0.9	16.0±2.4*	16.0±2.4*
Neutral	(7)	9.9±1.2	15.7±1.4*	15.7±1.4*
Trendelenburg	(9)	10.1±0.8	17.4±1.4*	17.4±1.4*
Total	(32)	9.8±1.0	16.4±1.7*	16.4±1.7*

Values are show as mean±SD

*: p<0.01 compared with control values

2). 는 계속 유지되었으나 환자위치에 따른 차이는 없었다
(Table 3).

3) 최고 기도압의 변화

복강내 이산화탄소가스 주입후 30분에는 16.4±1.7
cmH₂O로서 대조치인 9.8±1.0 cmH₂O에 비하여 매
우 의의있게 증가하였으며(P<0.01), 이러한 증가상태

고 찰

1902년 Kelling에 의하여 복강경 검사법이 처음

소개된 이후 몇몇 분야에서 복강경을 이용한 시술들이 행해져 왔다. 그러나 최근 복강경의 기능이 많이 개선됨에 따라 복강경을 이용한 시술이 증가되고 있으며 또한 전신마취하에 복강경을 이용한 복강내 또는 흉강내 수술이 증가되고 있다.

복강경을 이용한 수술의 장점으로는 수술시간이 짧고 술후 통증이 적고 입원기간이 짧고 상처부위가 적으며 개복술 정도의 많은 정보를 제공해준다¹⁾는 장점이 있어서 시술자 및 환자들로부터 호평을 받고 있으나 복강경 주입시의 장 천공(perforation), 장폐쇄(ileus), 일시적인 기종(emphysema), 장기간의 복수(ascitis)유출²⁾, 어깨통증, 구역 등의 합병증도 보고되고 있다.

또 복강경 수술시는 복강내로 주입되는 가스로 인한 여러가지 부작용도 발생될 수 있다. 복강경 수술시 사용되는 가스로는 N₂O 가스와 CO₂ 가스가 사용될 수 있는데 N₂O 가스는 폭발성은 없으나 조연성이 있으며 복막 자극 증상은 발생되지 않지만^{3,4)} CO₂ 가스보다 혈액에 잘 녹지않기 때문에 공기전색증의 발생 가능성이 더 높아서 N₂O 가스보다는 CO₂ 가스를 더 잘 사용하는데 CO₂ 가스를 이용한 복강경 수술시에도 많은 부작용 및 합병증이 보고되고 있다⁵⁻⁸⁾. CO₂ 가스는 생리적 기체이기 때문에 혈액에 잘 용해되므로 공기전색증을 잘 일으키지 않으며 폐를 통하여 배출될 수 있고, 조연성이 없어서 안전하게 사용할 수 있는 장점이 있어 N₂O 가스보다 많이 이용되고 있으나 CO₂ 가스는 복막의 물과 결합하여 carbonic acid를 생성하여 복막 자극현상을 초래할 수 있다.

또한 복강경수술 시 발생될 수 있는 부작용 및 합병증으로는 투관침(trocar) 조작에 의한 기계적인 부작용과 이산화탄소 가스에 의한 복강내압의 증가로 인한 부작용 및 체위변경으로 인한 합병증들로 설명될 수 있다. Yacoub등⁹⁾은 CO₂ 가스를 이용한 복강경 수술시 공기 전색증의 발생을 보고하였으며, 임등¹⁰⁾은 복강내 CO₂ 가스 주입 후에는 P_{ET}CO₂가 증가하고 복강내 CO₂ 배출 후에는 P_{ET}CO₂가 감소함을 보고하였다. David등¹¹⁾에 의한 보고에서는 국소마취하의 복강경 수술시 PaCO₂, pH, base excess 등에는 의의있는 변화는 관찰할 수 없었는데 이는 자발적인 급성 교환기 상태의 유발에 의한 것으로 그원인은 국소적인 자극에 의한 교환기 때문인 것으로 생각되며, Mah-

moud등¹²⁾은 전신 마취하의 복강경수술시 N₂O 가스를 주입한 군과 비교해서 pH, PaCO₂ 및 PaO₂는 의의있는 감소를 하였으나 HCO₃, base excess는 변화가 크지 않았던 것으로 보아 이는 CO₂ 가스의 확산에 의한 증가때문인 것으로 언급하였다. 또 Baratz등¹³⁻¹⁵⁾은 전신마취하의 자발호흡 하에서와 조절호흡 하에서의 복강경수술시 PaCO₂의 변화를 조사해 보았던 바 전신마취하에서는 PaCO₂가 증가됨을 보고하였으나 Hugh등^{1,5-8)}은 PaCO₂의 변화는 있었으나 의의있는 정도는 아니었다고 보고하였다.

본 연구에서도 전신마취후 복강내 CO₂ 가스 주입시 환자의 자세에 관계없이 대조치에 비하여 통계학적으로 의의있게 증가하였으나 복강내에 CO₂ 가스 주입전의 과도한 조절호흡의 시행으로 인하여 PaCO₂가 40 mmHg 이상으로 증가되지는 않았다. Mahmoud등¹²⁾에 의하면 복강내 CO₂ 가스 주입은 심박동수의 증가와 혈압의 상승을 동시에 관찰할 수 있었으며 복강내의 CO₂ 가스를 제거한 후에도 상당기간 심박동수의 증가와 혈압의 상승이 대조치에 비하여 증가하였으나 N₂O 가스를 복강내 주입시는 심박동수의 증가와 혈압의 상승이 CO₂ 가스 주입시 만큼 증가되지 않았으며 가스 제거시에는 즉시 심박동수와 혈압이 주입전의 정도로 돌아왔었는데 이는 CO₂ 가스를 복강내 주입시켰을 때는 동맥혈 중 이산화탄소가스치의 증가, 복수(ascitis)에 의한 교감신경 활동도 증가로 인한 혈중 catecholamine치의 증가 및 복강내 대동맥에 가해진 외력으로 인한 것이며 복강내 N₂O 가스 주입시는 혈중 이산화탄소가스의 증가로 인한 catecholamine치의 증가없이 외력으로 인한 심박동수 및 혈압의 증가였으므로 가스제거시에는 즉시 주입전의 정도로 돌아왔다고 설명이 된다. 또한 복강내 CO₂ 가스 주입시의 PaCO₂ 증가의 원인으로는 복강내 공간은 폐쇄되어있고 또한 허탈(collapse)되어 있는 체강이어서 여기에 가스를 주입하면 복강내압은 주입되는 가스량과 복벽의 탄성(compliance)에 따라 증가되며 복강내 가스가 혈액-조직 단위 사이에 가스교환이 시작되며 복강내 가스는 혈액내 가스와 평형상태를 이루게 된다. 복강내로 100% CO₂가스를 주입시 대기압인 760 mmHg의 CO₂ 가스분압과 복강내 혈관과의 CO₂ 가스분압의 차이로 인하여 CO₂ 가스가 순환대로 신속한 흡수가 일어난다. 이때의 가스확산률은 다양하나 복강

내의 표면적, 복강내의 가스주입속도, 그리고 가스의 압력과 연관이 있다. 따라서 CO₂ 가스가 폐를 통하여 배출되지 않으면 혈액내의 CO₂ 가스치는 크게 증가될 것이다.

이러한 이유들에 의하여 PaCO₂의 증가는 저자들의 연구에서 나타난 것과같은 일회환기량의 증가를 초래하는데 이는 혈액내에 녹아있던 CO₂ 가스가 폐포내로 확산되어지는 가스의 량과 용량형 마취호흡기의 사용에 따른 흡입시의 높은 기도압에 의한 폐쇄회로내의 공기압축량의 증가, 그리고 복강내압의 증가에 의한 횡경막의 흉강내로의 밀림에 의하여 기침시에 일어나는 것과같은 능동적인 호기와 같은 효과를 나타내어서 폐내환기는 더욱 균등하게 이루어지는 결과로 생각된다¹⁶⁾.

이외 복강내 가스주입 후 유발되는 생리적인 변화들은 평균 총 탄성(mean total compliance)의 감소를 들 수 있는데 이는 특히 흉부탄성의 감소 때문이며 그의 FRC의 감소도 일어나지만 이때의 식도압의 증가가 없는것으로 봐서 폐의 recoil의 변화는 일어나지 않는 것 같다. 또한 순환계 특히 동맥혈 산소화에도 많은 영향을 미치는데^{17,18)}, 이는 복강내압의 증가정도, 주입된 가스의 종류¹⁵⁾ 및 폐기능의 변화 등이 영향을 미치는 요인인 것 같다.

복강내 가스주입시 부정맥이 종종 발생되는데 자발 호흡의 유지시 더 잘 나타나며¹⁹⁾, 이러한 부정맥의 발생은 사용되는 마취약제에 많은 영향을 받는데^{6,20,21)} 특히 순환혈액내의 catecholamine치가 높을 때에는 enflurane의 사용시가 halothane의 사용시보다 부정맥의 발생빈도가 낮다고 한다²²⁻²⁵⁾.

본 연구에서 저자들은 모든 예에서 enflurane을 사용하였는데 이는 일반외과 수술은 모두 담낭절제술 이어서, 그리고 산부인과수술은 모두 응급수술이었기 때문이며 따라서 수술 중 부정맥의 발생빈도는 낮았다.

이상에서 고찰해 본 바와같이 전신마취하의 복강경 수술시에는 많은 문제점들이 발생될 수 있음을 감안하여 복강내 가스주입시에는 많은 주의를 요하는데 특히 과탄산혈증이 있는 환자, 심혈관계의 장애가 있는 환자의 복강경수술시에는 혈압상승, 빈맥, 부정맥 및 공기전색증의 발생에 주의를 해야하며 이를 예방하기 위한 조치와 적절한 감시기기를 활용해야 될 것으로 사

료된다.

결 론

복강경수술시 복강내 이산화탄소가스 주입이 혈중 이산화탄소 가스치, 폐환기량 및 최고 기도압의 변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 복강경을 이용한 담낭절제, 난관절제 및 난소절제수술을 받는 32명의 수술환자에서 동맥혈중 이산화탄소 가스치, 일회 환기량 및 최고 기도압을 복강내 이산화탄소 가스 주입전, 주입후 30분 및 60분에 각각 측정하여 비교해 보았던 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 복강내 이산화탄소 가스 주입 후 30분에는 동맥혈중 이산화탄소 가스치가 36.8 ± 4.2 mmHg로서 대조치인 28.3 ± 6.8 mmHg에 비하여 매우 유의있게 증가하였으며($p < 0.01$), 이러한 증가상태는 계속 유지되었다.

2) 복강내 이산화탄소 가스 주입후 30분에는 일회 환기량이 505.1 ± 78.2 ml로서 대조치인 462.0 ± 83.2 ml에 비하여 유의있게 증가하였으며($p < 0.05$), 이러한 증가상태는 계속 유지되었다.

3) 복강내 이산화탄소 가스 주입후 30분에는 최고 기도압이 16.4 ± 1.7 cm H₂O로서 대조치인 9.8 ± 1.0 cmH₂O에 비하여 매우 유의있게 증가하였으며($p < 0.01$), 이러한 증가상태는 계속 유지되었다.

이상의 결과로 미루어보아 이산화탄소 가스를 이용한 복강경수술시에는 동맥혈중 이산화탄소 가스치가 현저히 증가되므로 이러한 변화에 영향을 받을 수 있는 환자의 복강경수술시에는 세심한 관찰이 요구될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Hugh BR, Gardner WS. *Applications for laparoscopy in general surgery*. Surg Gynecol Obstet 1976; 143: 829.
- 2) Bourke JB, Cannon P, Ritchie HD. *Laparoscopy for jaundice*. Lancet 1967; 521: 7515.
- 3) Hulka JF, Stiratton GG. *Textbook of laparoscopy*. Orland: 1985; 33.
- 4) Peterson EP. *Anesthesia for laparoscopy*. Ferti Steril 1971; 22: 695.

- 5) Alexander GD. *Anesthesia for laparoscopy*. *Anesth Analg* 1969; 48: 14.
- 6) Hodgson C, McClelland RM, Newton JR. *Some effects of the peritoneal insufflation of carbon dioxide at laparoscopy*. *Anesthesia* 1970; 25: 382.
- 7) Kelman GR. *Cardiac output and PaO₂ during laparoscopy*. *Br J Anesth* 1972; 44: 1152.
- 8) Motew M, Ivankovich AD, Bieniarz J. *Cardiovascular effects and acid-base and blood-gas changes during laparoscopy*. *Am J Obstet Gynecol* 1973; 115: 1002.
- 9) Yacoub OF, Cardona IJ, Coreler LA, et al. *Carbon dioxide embolism during laparoscopy*. *Anesthesiology* 1982; 52: 553.
- 10) 임석환, 장영익, 이상귀, 등. 이산화탄소를 이용한 복강경검사시 호기말 이산화탄소분압의 변동. *대한마취과학회지* 1989; 22: 714.
- 11) David RB, John IF, Roberson VO, et al. *Ventilatory and blood-gas changes during laparoscopy with local anesthesia*. *Am J Obstet Gynecol* 1988; 124: 741.
- 12) Mahmoud FE, Wahbi O, El-Bagouri IS, et al. *Physiologic changes during CO₂ and N₂O pneumoperitoneum in diagnostic laparoscopy*. *J Reprod Med* 1981; 26: 338.
- 13) Baratz RA, Karis JH. *Blood gas studies during laparoscopy under general anesthesia*. *Anesthesiology* 1969; 30: 463.
- 14) Seed RF, Shakespeare TF, Muldoon MJ. *Carbon dioxide homeostasis during anesthesia for laparoscopy*. *Anesthesia* 1970; 25: 492.
- 15) Marshall RL, Jebson PTR, Davie IT, et al. *Circulatory effects of carbon dioxide insufflation of the peritoneal cavity for laparoscopy*. *Br J Anesth* 1972; 44: 480.
- 16) Roussos CS, Fukuchi Y, Macklem PT, et al. *Influence of diaphragmatic contraction on ventilation distribution in horizontal man*. *J Appl Physiol* 1976; 40: 417.
- 17) Desmond J, Gordon RA. *Ventilation in patients anesthetized for laparoscopy*. *Can Anesth Soc J* 1970; 17: 378.
- 18) Corall IM, Knights K, Potter D, et al. *Arterial oxygen tension during laparoscopy with nitrous oxide in the spontaneously breathing patient*. *Br J Anesth* 1974; 46: 925.
- 19) Harris MNE, Plantevin OM, Crowther A. *Cardiac arrhythmias during anesthesia for laparoscopy*. *Br J Anesth* 1984; 56: 1213.
- 20) Scott DB. *Some effects of peritoneal insufflation of carbon dioxide at laparoscopy*. *Anesthesia* 1970; 25: 590.
- 21) Lewis DG, Ryder W, Burn N, et al. *Laparoscopy an investigation during spontaneous ventilation with halothane*. *Br J Anesth* 1972; 44: 685.
- 22) Reisner LS, Lipman NM. *Ventricular arrhythmia after epinephrine injection in enflurane and in halothane anesthesia*. *Anesth Analg* 1975; 54: 468.
- 23) Johnston RR, Eger EI, Wilson. *A comparative interaction of epinephrine with enflurane, isoflurane and halothane in man*. *Anesth Analg* 1976; 55: 709.
- 24) Wright CJ. *Dysrhythmias during oral surgery*. *Anesthesia* 1980; 35: 775.
- 25) Ryde W, Wright PA. *Halothane and enflurane in dental anesthesia*. *Anesthesia* 1981; 36: 492.