

복강경하 부분 간 절제술 시 발생한 긴장성 이산화탄소 기흉 - 증례보고 -

계명대학교 의과대학 마취통증의학교실

이 한 민 · 이 용 철 · 김 진 모

Tension Carbon Dioxide Pneumothorax Developed during Laparoscopic Partial Hepatectomy - A case report -

Han Min Lee, M.D., Yong Cheol Lee, M.D., and Jin Mo Kim, M.D.

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

Pneumothorax is a rare and potentially serious complication that can be occurred during laparoscopic surgery. This is a case report of a 34-year-old man who underwent elective laparoscopic partial hepatectomy under general anesthesia. About 45 min after carbon dioxide pneumoperitoneum, hypotension, tachycardia, decreased oxygen saturation, increased peak inspiratory pressure, increased end-tidal CO₂ tension, hypercapnia, and hypoxemia were suddenly developed. Altering for the worse vital sign was owing to tension pneumothorax by accidental CO₂ influx through inadvertently perforated diaphragm. Repairing diaphragm under open laparotomy, positive manual bagging was effectively applied enough not to require surgical drainage. Therefore, closed observation and careful monitoring is essential to prevent tension pneumothorax during laparoscopic surgery. (*Korean J Anesthesiol* 2007; 53: 132~5)

Key Words: carbon dioxide, complication, laparoscopy, tension pneumothorax.

복강경을 이용한 수술은 수술 후 통증이 비교적 적고 재원 일수를 줄일 수 있는 장점이 있어 점차 증가하고 있으며^{1,2)} 최근에는 간세포 종양이나 간경화 환자에게 시행하는 간엽 절제술 등 수술 범위가 크지 않을 경우에는 복강경을 이용하는 것이 비교적 안전하고 용이한 방법으로 인식되고 있다.³⁾

이러한 복강경 수술 시에는 공기배증(pneumoperitoneum)에 따른 합병증으로 피하기종, 종격동기종, 기흉 등이 발생할 수 있고,⁴⁾ 심할 경우 혈압변동, 부정맥 등 심혈관계에 영향을 미치게 되고^{5,6)} 폐용적 감소, 기도압 증가, 폐탄성 감소 등 호흡 기능을 변화시킬 수 있다.⁷⁾ 또한 수술 조작 부위나 방법, 환자의 체위에 따라 연관되는 합병증이 발생하기도 한다.

저자들은 복강경을 이용한 부분 간 절제술 시 오른쪽 횡격막 부위를 박리하던 중 횡격막이 천공되면서 벽쪽 흉막

이 개방되어 급작스럽게 긴장성 이산화탄소 기흉이 발생한 경우를 경험하였기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례

체중 68 kg, 신장 172 cm인 34세 남자가 1개월 전 간세포암으로 진단 받고 부분 간 절제술을 시행하기 위해 입원하였다. 환자는 만성 B형 간염과 간경화가 동반되어 있었고 과거 병력상 고혈압이나 당뇨, 만성 폐질환 등의 전신 질환은 없었다.

Midazolam 2.5 mg과 glycopyrrolate 0.2 mg을 수술 시작 30분 전에 근주하여 마취전처치를 하였으며 수술실에 도착하여 마취유도 전 환자 감시 장치(IntelliVue MP50 Anesthesia, Philips, Boeblingen, Germany)로 심전도, 맥박산소측정기, 비침습적 자동혈압기를 부착하였고, 기본 환자 감시 장치 상에서 수술 전 생체 징후는 정상이었다. 환자 의식하에 국소 마취제 침윤 후 우측 요골 동맥을 천자하여 침습적 동맥압 감시(Pressure Monitoring Kit with TruWave Disposable Pressure Transducer, Edwards Lifescience LLC, Irvine, USA)를 시행하였고, 마취 유도 후 air/O₂를 각각 1.5 L/min, isoflurane 1.5 vol%, remifentanyl 0.2–0.5 µg/kg/min를 투여하였다. 우측 내

논문접수일 : 2007년 3월 26일

책임저자 : 이용철, 대구 중구 동산동 194

계명대학교 동산의료원 마취통증의학과

우편번호: 700-712

Tel: 053-250-7193, Fax: 053-250-7240

E-mail: yclee@dsmc.or.kr

경 정맥을 통해 중심 정맥 도관(Easy-Safe[®] Central Venous Catheterization, SEWOON Medical Co., Cheonan, KOREA)을 삽입하여 중심정맥압을 측정하고 수액 및 혈액, 여러 가지 약물 주입을 할 수 있도록 하였고, 호기말 이산화탄소 분압 측정기(IntelliVue MP50 Anesthesia, Philips, Boeblingen, Germany)로 호기말 이산화탄소 분압이 35 ± 5 mmHg로 유지 되도록 일회 호흡량을 8-10 ml/kg, 호흡수를 8-12회/분의 범위에서 조절하였다. 평균 동맥압과 심박수는 마취 전의 기본값의 30% 내외의 범위로 유지 시키면서 isoflurane과 remifentanyl의 투여 용량을 조절하였다.

수술이 진행되던 중 공기배증 시행 후 약 45분 경 갑자기 혈압이 80/50 mmHg 이하로 감소하고, 심박수가 분당 80회에서 120회로 증가하였으며 맥박산소측정기에 의한 산소포화도가 100%에서 92%로 서서히 감소하였다. 또 최대흡기압이 20 cmH₂O에서 34 cmH₂O로 증가하였고 호기말 이산화탄소 분압이 32 mmHg에서 60 mmHg으로 증가하였다. Ephedrine을 8 mg 투여하고 흡입 산소 분율을 100% O₂로 유지하며 용수 환기를 시행하였고, 호흡음을 청진했을 때는 우측 호흡음이 아주 약하게 들렸다. 이에 저자들은 기관내 분비물과 기관지내 삽관의 가능성을 배제한 후 기흉을 의심하면서 흉부 방사선 검사를 시행하기로 하였다. 이 때 시행한 동맥혈 가스 분석 소견은 pH 7.10, PaCO₂ 68 mmHg, PaO₂ 82 mmHg, HCO₃⁻ 28 mmol/L, BE 2.6 mmol/L, SaO₂ 91%를 보였다. 그런데 환자의 혈압 저하와 최대 흡기압의 증가, 호기말 이산화탄소 분압의 증가가 매우 급작스럽게 진행되었기 때문에 이산화탄소의 자연 흡수 보다는 기질적인 원인이 있을 수 있다고 판단하고 외과의에게 수술 진행과정 중 발생한 문제점과 수술 과정 중 구조물의 손상이 없는 지 확인해 볼 것을 요구했고, 이에 복강경으로 관찰 결과 횡격막의 우측 부위에 1.5 cm 정도의 천공된 부위가 관찰 되었다. 이에 기흉이 발생하게 된 원인을 우측 횡격막 천공으로 인해 우측 벽쪽 흉막이 개방되어서 흉막강 내로 이산화탄소가 직접 유입되어 이산화탄소흉이 발생한 때문이라고 판단하였다. 이에 복강경을 이용해서 천공된 횡격막을 봉합하고 흉관 배출을 시행하려고 계획했으나 봉합이 쉽지 않고 과이산화탄소증과 높은 최대 흡기압, 저혈압 등이 지속되어 개복을하기로 결정하였다. 복강내 가스를 배출하고 개복을 하자마자 최대 흡기압이 즉시 20 mmHg으로 감소하고 호기말 이산화탄소 분압이 35 mmHg까지 감소하였으며 맥박산소측정기상의 말초동맥 산소포화도가 점차 증가하여 98% 이상으로 유지되었다. 외과의가 횡격막을 봉합하는 중 마취의는 용수환기로 폐를 팽창시켜서 흉막강내 가스를 배출하였고 흉관은 별도로 삽입하지 않았다. 횡격막 봉합이 끝나고 개복하에 부분 간 절제술을 계속 진행하였고 환자의 상태는 혈압, 맥박, 산소포화도, 기도압, 호기말

이산화탄소 분압, 동맥혈 가스 분석 소견 등이 모두 정상범위에서 유지되었다. 수술 후 흉부 X-선 촬영을 시행한 결과 기흉의 소견을 관찰되지 않았고 특별한 문제없이 7일 후에 퇴원 하였다.

고 찰

복강경 수술 시 자발적인 기흉이 발생하는 경우에 대한 예가 몇가지 있다.⁸⁾ 그 기전은 CO₂가 횡격막의 선천성 결손, 즉 식도구멍의 약한 부위나 조직면을 따라 형성된 바리 부위를 통과하여 확산된다는 것과 흉복막강루, 흉복막강막의 미성숙, 복막뒤공간으로부터 흉부로 가스 통로가 형성된다는 것이다.⁹⁾ 그리고 공기배증 상태에서 분시환기량을 증가 시킴에 따라 폐포가 확장 되어서 이미 존재하는 폐 기포가 파열하여 기흉이 유발 되기도 한다.

복강경하 담낭절제술이 시행된 초기에는 이산화탄소 기흉을 흉관 삽입 또는 개복 수술로의 전환 등으로 해결 하였지만 그 이후로 침습적 방법이 없이도 기흉이 자연소실된다는 많은 보고들이 있어왔다. 즉 대부분의 이산화탄소흉은 어떤 시술이나 중재없이 신속히 흡수되고¹⁰⁻¹²⁾ 폐의 외상이 없이 N₂O나 CO₂와 같이 확산이 잘 되는 가스로 인해 기흉이 발생한 경우 가스를 배출한 후 30-60분 내에 자연소실되는 경우가 대부분이다.¹³⁾ Marcus 등은¹¹⁾ 돼지 모델을 통한 공기배증에서 이산화탄소흉의 심폐 영향에 관한 연구를 시행하였는데 심혈관 및 호흡 기능의 변화를 침습적 시술 없이 쉽게 감시하고 치료하였고, 복강경을 이용한 상복부 수술 250예에서 수술 후 회복실에서 흉부 X-선 검사를 시행하여 이산화탄소 기흉이 발생한 10예를 발견하였고 모두 흉관 삽입 등의 침습적 방법을 쓰지 않고 자연소실되었으며 특별한 합병증이 유발되지 않았다고 보고하였다.

인체에서 기흉은 공기배증 후 30-45분 경에 잘 생기고^{14,15)} 복강경 수술 시 자발적 기흉의 가장 흔한 징후는 호흡기계 영향으로 동맥혈 산소 분압과 산소포화도의 감소, 동맥혈 이산화탄소 분압과 호기말 이산화탄소 분압의 증가, 기도압 증가 등이고 기흉의 정도에 따라 빈맥, 동맥압 감소 등의 혈액학적 변화도 초래된다.^{11,14,15)} 기흉의 정도가 심하면 흉곽내압이 증가됨에 따라 정맥 환류가 감소되어 심박수가 증가하고 심박출량이 줄어서 혈압이 감소한다. 또한 심한 과탄산혈증과 산증은 산소해리곡선을 오른쪽으로 이동시켜서 수술 직후 동맥혈 가스분석상 PaO₂가 높아도 산소포화도를 감소시킨다. Ludemann 등은¹⁶⁾ 동물 실험을 통해서 복강경 수술 시 발생한 이산화탄소 기흉이 전흉부 심전도 상 QRS 군의 점진적 감소 등 심폐계에 영향을 미친다고 하였고 그 정도는 기흉의 크기와 연관이 있다고 하였다.

복강경 수술 중 저환기나 흉부탄성의 감소 소견이 보일

때 기흉 이외에 고려해야 할 사항으로는 인공호흡기 튜브의 이상, 기관내 튜브의 격임이나 막힘, 기관지내 삼관, 기관지 경련 등이 있다.

본 증례에서는 저혈압, 산소포화도 감소, 기도압 증가, 호기말 이산화탄소 분압 증가 등의 징후가 나타났을 때 기관내 삼관과 관련된 이상을 배제하고 난 후 기흉을 의심하게 되었으며 발현된 이상 징후가 너무나도 급작스럽게 진행되었기 때문에 수술 조작에 의한 기질적인 손상으로 인해 많은 양의 가스가 순간적으로 흉막내로 밀려 들어왔을 가능성을 생각하였다. 복강경 수술 시 공기배증 상태에서 벽쪽 흉막이 개방될 경우 상대적으로 높은 압력하의 복강내 이산화탄소 가스가 흉막강 내로 급격히 밀려 들어오게 된다.

공기배증 후에 생길 수 있는 과탄산혈증의 정도는 이산화탄소 부하량, 환자의 신체 질량과 연관된 흡수를 위한 표면적, 이산화탄소를 배출해 내는 환기의 유효성에 의해 결정된다. Murdock 등은¹⁷⁾ 복강경 수술 시 피하기중, 기흉, 종격동 기종 등이 발생할 위험 요인으로 장시간의 수술, 높은 호기말 이산화탄소 분압, 많은 수의 트로카, 고령 환자 등이 있다고 보고하였다.

복강경 수술 중 발생한 기흉에 대해 호기말 양압을 적용하는 방법도 소개 되었다. Joris 등은¹⁰⁾ 복강경을 이용한 위바닥주름술 시 발생한 기흉의 치료로 호기말 양압을 적용하여 복강내와 흉강사이의 압력차를 감소시키는 방법을 소개하였다. 호기말 양압에 의해 허탈한 폐포가 팽창하여 흉막강 내로의 이산화탄소 통로를 줄여주고 연속적으로 이산화탄소 흡수를 감소시켜서 부분적으로 이산화탄소흡을 교정하면서 동맥혈 가스 소견도 호전시킨다고 하였고 흉강천자 등의 침습적 방법은 환자가 혈액학적으로 불안정 할 때만 필요하다고 주장 하였다.

한편 흡입 가스 중에 N_2O 가 존재하는 것도 이산화탄소흡의 흡수율에 영향을 미친다. 짧고 간단한 복강경 수술 시 N_2O 를 일상적으로 사용하는 것은 수술 환경에 영향을 미치지 않는다는 보고도 있지만¹⁸⁾ 이산화탄소의 복강 외 유출, 이산화탄소흡이 의심될 때는 N_2O 투여를 중단하는 것이 좋다.¹⁹⁾ 이유는 근막면의 연속체가 있어서 광범위한 피하기중이 복부에서 흉벽과 목 부위로 확장될 수 있고 목과 얼굴 부위의 피하기중은 흉부와 종격으로의 가스 통로를 만들어서 기흉과 종격동 기종이 발생할 수 있기 때문이다. 또 Nyarwaya 등은²⁰⁾ 동물실험에서 N_2O 가 혈관내로 주입된 CO_2 기포의 수명을 연장시키고 심폐계에 더 나쁜 결과를 초래한다고 보고 하였다.

따라서 복강경 수술 시 기흉이 발생했을 때 처치 방법으로 N_2O 투여를 중단하고 흡입산소분율을 높일 것, 저산소혈증을 교정하기 위해 환기기를 조정하고 필요시 호기말 양압을 적용할 것, 복강내압을 가능한한 감소시키고 외과의

와 긴밀히 의논할 것 등이 있고, 기흉은 복강내 가스를 제거할 때 저절로 사라지는 경우가 많으므로 가능하면 흉강천자를 피한다. 그리고 자연적으로 발생한 기흉이 아니라 수술 조작에 따른 기질적인 손상이 있으면 빨리 교정해 주어야 한다. 본 증례에서 발생한 기흉은 자연적으로 발생한 것이 아니라 수술적 조작에 의해 횡격막이 손상되어 일어난 것으로 많은 양의 이산화탄소가 직접 유입되어서 긴장성 기흉으로 발전하였으므로 환자의 안전을 고려하면서 수술을 계속 진행하기 위해서는 복강경을 이용해서 천공된 횡격막을 빨리 봉합하고 흉관 배출을 시행할 지, 복강경 수술을 포기하고 개복 수술로 전환을 할 지를 신속히 판단해야 하는 상황이 되었다. 먼저 외과의가 횡격막의 봉합을 시도했으나 쉽게 되지 않아서 개복을 결정하였고 개복하여 횡격막을 봉합 하는 과정에서 마취의가 용수환기로 양압을 가하여서 흉막강내 가스를 배출하여 흉관 삽입을 할 필요는 없게 되었다.

결론적으로 복강경 수술 시에는 공기배증에 의한 호흡기계의 변화와 혈액학적 반응이 동반될 수 있으므로 호기말 이산화탄소 분압과 산소포화도, 최대흡기압, 복강내압을 세심하게 관찰해야 하고 필요한 경우 동맥혈 가스 분석을 통하여 동맥혈 산소분압과 이산화탄소 분압을 확인해야 한다. 특히 본 증례에서처럼 수술적 조작에 의해 급작스럽게 기흉이 발생할 가능성을 항상 염두에 두고 마취관리에 임하여야 하겠다.

참 고 문 헌

1. Grace PA, Quereshi A, Coleman J, Keane R, McEntee G, Broe P, et al: Reduced postoperative hospitalization after laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 1991; 78: 160-2.
2. Joris J, Cigarini I, Legrand M, Jacquet N, De Groote D, Franchimont P, et al: Metabolic and respiratory changes after cholecystectomy performed via laparotomy or laparoscopy. *Br J Anaesth* 1992; 69: 341-5.
3. Cherqui D, Husson E, Hammoud R, Malassagne B, Stephan F, Bensaid S, et al: Laparoscopic liver resections: a feasibility study in 30 patients. *Ann Surg* 2000; 232: 753-62.
4. Gerges FJ, Kanazi GE, Jabbour-Khoury SI: Anesthesia for laparoscopy: a review. *J Clin Anesth* 2006; 18: 67-78.
5. Odeberg S, Ljungqvist O, Svenberg T, Gannedahl P, Backdahl M, von Rosen A, et al: Haemodynamic effects of pneumoperitoneum and the influence of posture during anaesthesia for laparoscopic surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 1994; 38: 276-83.
6. Cheong MA, Kim YC, Park HK, Cho SY, Yeom JH, Shin WJ, et al: Paroxysmal tachycardia and hypertension with or without ventricular fibrillation during laparoscopic adrenalectomy: two case reports in patients with noncatecholamine-secreting adrenocortical adenomas. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 1999; 9:

- 277-81.
7. Rauh R, Hemmerling TM, Rist M, Jacobi KE: Influence of pneumoperitoneum and patient positioning on respiratory system compliance. *J Clin Anesth* 2001; 13: 361-5.
8. Perko G, Fernandes A: Subcutaneous emphysema and pneumothorax during laparoscopy for ectopic pregnancy removal. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997; 41: 792-4.
9. Perez JE, Alberts WM, Mamel JJ: Delayed tension pneumothorax after laparoscopy. *Surg Laparosc Endosc* 1997; 7: 70-2.
10. Joris JL, Chiche JD, Lamy ML: Pneumothorax during laparoscopic fundoplication: diagnosis and treatment with positive end-expiratory pressure. *Anesth Analg* 1995; 81: 993-1000.
11. Marcus DR, Lau WM, Swanstrom LL: Carbon dioxide pneumothorax in laparoscopic surgery. *Am J Surg* 1996; 171: 464-6.
12. Karayiannakis AJ, Anagnostoulis S, Michailidis K, Vogiatzaki T, Polychronidis A, Simopoulos C: Spontaneous resolution of massive right-sided pneumothorax occurring during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2005; 15: 100-3.
13. Togal T, Gulhas N, Cicek M, Teksan H, Ersoy O: Carbon dioxide pneumothorax during laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 2002; 16: 1242.
14. Gabbott DA, Dunkley AB, Roberts FL: Carbon dioxide pneumothorax occurring during laparoscopic cholecystectomy. *Anaesthesia* 1992; 47: 587-8.
15. Prystowsky JB, Jericho BG, Epstein HM: Spontaneous bilateral pneumothorax--complication of laparoscopic cholecystectomy. *Surgery* 1993; 114: 988-92.
16. Ludemann R, Krysztopik R, Jamieson GG, Watson DI: Pneumothorax during laparoscopy. *Surg Endosc* 2003; 17: 1985-9.
17. Murdock CM, Wolff AJ, Van Geem T: Risk factors for hypercarbia, subcutaneous emphysema, pneumothorax, and pneumomediastinum during laparoscopy. *Obstet Gynecol* 2000; 95: 704-9.
18. Taylor E, Feinstein R, White PF, Soper N: Anesthesia for laparoscopic cholecystectomy. Is nitrous oxide contraindicated? *Anesthesiology* 1992; 76: 541-3.
19. Joshi GP: Complications of laparoscopy. *Anesthesiol Clin North America* 2001; 19: 89-105.
20. Nyarwaya JB, Pierre S, Mazoit JX, Umbrain V, Romain M, Samii K, et al: Effects of carbon dioxide embolism with nitrous oxide in the inspired gas in piglets. *Br J Anaesth* 1996; 76: 428-34.