복강경 보조적 원위부 위절제술 중 발생한 심한 피하기종과 교정되지 않는 고탄산혈증

— 증례보고 —

제주대학교 의과대학 마취통증의학교실

박 종 국 · 최 윤 숙 · 박 상 현

Massive Subcutaneous Emphysema and Uncontrolled Hypercarbia during Laparoscopic Assisted Distal Gastrectomy - A case report -

Jong Cook Park, M.D., Yun Suk Choi, M.D., and Sang Hyun Park, M.D.

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Cheju National University College of Medicine, Jeju, Korea

We experienced a case of massive subcutaneous emphysema and marked hypercarbia during a laparoscopic assisted distal gastrectomy. Forty minutes after the start of pneumoperitoneum, the end-tidal carbon dioxide (CO₂) tension was raised rapidly up to 70 mmHg. At this time, subcutaneous emphysema was detected on the neck and anterior chest of the patient. Carbon dioxide insufflation was then stopped, and surgery was restarted when the end-tidal CO₂ level was normalized. During a second laparoscopic trial, the patient developed hypercarbia unresponsive to marked hyperventilation. As the laparoscopic procedure terminated, the end-tidal CO₂ level no longer increased. Subcutaneous emphysema remained even at the recovery room. The patient was transferred to a ward in the usual procedure, and was discharged uneventfully nine days thereafter. (*Korean J Anesthesiol* 2007; 53: 382~6)

Key Words: hypercarbia, hyperventilation, laparoscopy, subcutaneous emphysema.

복강경수술은 기존 개복 수술에 비해 절개부위가 적어 회복이 빠르고 통증을 줄여주어 입원기간을 단축시키는 장점이 있어 최근 시술이 증가하고 있다. 현재 대부분의 복강경수술시 사용되는 탄산가스(carbon dioxide, CO₂)는 가스색전증, 고탄산혈증, 피하기종, 기흉, 종격동 기종 등의 합병증을 유발할 수 있다.¹⁾ 본원에서는 복강경 보조적 원위부 위절제술 도중 발생한 심한 피하기종과 교정되지 않는 고탄산혈증을 경험하였기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

증례

환자는 74세 여자 환자로 신장 146 cm, 체중 46 kg으로, 미국 마취과 학회 신체 등급 분류상 II 등급에 해당되었다.

논문접수일 : 2007년 3월 23일

책임저자 : 박상현, 제주시 삼도2동 154번지

제주대학교병원 마취통증의학과, 우편번호: 690-031

Tel: 064-750-1260, Fax: 064-750-1166

E-mail: lanlan@cnuh.org

위 내시경 검사 상 조기 위암으로 진단받았으며, 수술전 시행한 동맥혈 가스 검사에서 pH 7.401, PaCO₂ 40.9 mmHg, PaO₂ 83.8 mmHg, HCO₃⁻ 25 mEq/L 및 base excess 0.6 mmol/L이었고, 흉부 방사선 검사에서 특이 소견은 보이지 않았다. 환자는 전투약 없이, 복강경 보조적 원위부 위절제술(laparoscopic assisted distal gastrectomy)을 받기 위해 수술실에 도착하여, 심전도, 비침습적 혈압계 및 맥박산소측정기를 거치하였다. 심전도 상 정상 동율동을 보였으며 혈압은 155/90 mmHg, 맥박수는 분당 65회, 그리고, 산소 포화도는 99%로 측정되었다. 마취 유도는 thiopental sodium 200 mg 정주 후, 산소와 아산화 질소 그리고 isoflurane을 각각 분당 2 L, 분당 2 L 및 2 vol%로 용수환기 하였으며, succinylcholine 60 mg을 정주하고 속상 수축이 사라진 후 기관내 삽관을 시행하였다. 기관내 삽관을 첫 번째 시도에 성공하였으며 어려움 없이 진행되었다. Vecuronium 6 mg을 정주하고 쇄골하정맥 접근법으로 중심정맥 도관술을 시행하였다.

기관내 삽관 40분 후 수술을 시작하였다. Verres 바늘을 통해 이산화탄소 기복을 형성한 후, 직경 10 mm의 투관침

Fig. 1. Figure shows rapid rise of end-tidal CO₂ during first, and second laparoscopic trials (1st, 2nd). EtCO₂: end-tidal carbon dioxide tension (mmHg), FiO₂: fraction of inspiratory O₂ (%), V_E: exhaled minute ventilation (L/min).

(trocar)을 배꼽 아래 부위에, 직경 5 mm 투관침을 겸상돌기 아래 부위에 1개, 그리고 배꼽 주위에 3개를 포함하여 총 5 개의 투관침이 복벽을 통해 복강 내로 삽입되었다. 삽입하는 동안 특이 소견이 없었으며, 기복을 유지하는 복강내 압력은 12 mmHg 이상 증가하지 않았다. 수술 시작시 기계적 환기 설정은 용적 조절 환기(volume controlled ventilation)로 일회호흡량 450 ml, 호흡수 분당 10회, 그리고 흡입 산소 농도 40%였다. 이때 기관 튜브 말단부에서 채취된 호기말 이산화탄소 분압은 31 mmHg로 측정되었다. 마취기 호흡 회로 내의 이산화탄소 흡수장치 내에는 소다라임(Sodalyme, Dong-A health care, Korea) 입자를 사용하였고 수술 전일 새로 교체 하였다.

수술 시작 25분부터 점진적으로 맥박수와 혈압이 감소되었으며 맥박수 분당 49회와 혈압 83/59 mmHg가 측정되어 atropine 0.5 mg을 정주후, 곧바로 맥박수와 혈압이 상승되었다. 혈압 상승과 함께 호기말 이산화탄소 분압의 증가가 동반되었는데, 점점 증가하여 감시장치 상 55 mmHg까지 상승되었다(Fig. 1). 통상적인 복강경 수술 중 호기말 이산화탄소 분압 증가라고 간주하여, 분시 환기량을 증가하기 위해 일회 호흡량은 고정한 채 호흡수를 14회로 증가하여 환기를 조절하였음에도 불구하고 이산화탄소 분압증가가 진행되어 식도에서 체온을 측정하고 신체검사를 시행하였다. 체온은 36.5°C였고 흉곽의 움직임은 좌우 대칭적이고 청진음도 특이소견이 없었다. 청진과 함께한 촉진 시 전흉부 전체와 경부, 그리고 하악 아래 부위에서 염발음(crepitation)이 들렸다. 피하기종이 생긴 것을 확인하고 바로 외과의를 통해 복부와 투관침 부위의 상태를 물었으나, 특이 소견을 찾지 못하였다. 호기말 이산화탄소 분압 수치의 착오 여부나 동맥혈 분압과의 차이를 검토하기 위해 동맥혈 가

스 검사를 실시하였다. 검사상 pH 7.246, PaCO₂ 66.2 mmHg, PaO₂ 206 mmHg, HCO₃⁻ 24.5 mEq, base excess 0.1 mmol/L, total CO₂ 26.7 mmol/L의 소견을 보였다. 복강경을 통한 수술은 계속 진행한 채 호흡수 증가를 통한 분시 호흡량을 약 7.5 L까지 증가시켜 환기를 시행하였으나 호기말 이산화탄소 분압은 점점 증가하여 수술 시작 50분경 61 mmHg이 측정되었다. 심한 혈압 변화나 심전도 이상 소견은 보이지 않았으나, 과탄산혈증에 의한 호흡성 산증과 그에 따른 심혈관계 합병증이 우려되어 복강경 수술을 잠시 멈출 것을 지시하고 기복을 해제하였다. 10분 정도 과환기를 지속하여 호기말 이산화탄소 분압을 40 mmHg로 낮춘 후 복강경 수술을 재개하였다. 재시작 20분 후 호기말 이산화탄소 분압은 빠르게 다시 증가하여, 외과의를 통해 복강경 수술에서 개복 수술로 전환할 것을 제안했으나, 복강경 수술을 통한 위 절제가 곧 종료된다고 주장하여 수술을 진행하였다. 하지만 복강경 수술을 마치고 기복을 해제하기 직전까지, 일반적인 분시 호흡량의 2배에 이르는 과환기에도, 호기말 이산화탄소 분압은 교정되지 않는 양상을 보이며 더욱 증가되었다. 동시에 혈압이 점진적으로 상승되었으나, 심전도 상 부정맥이나 다른 징후는 보이지 않았다(Fig. 2). 기복을 해제하고 작은 복부 절개(mini laparotomy)를 통한 위-장 문합술과 림프절 절제를 행하는 동안 분시 환기량을 점차 감소시키며 호기말 이산화탄소 분압을 정상화하였다. 마취 유도 후 수술의 모든 과정 동안, 기관 튜브를 통한 최고 기도압은 24 mmHg 를 넘지 않았다. 복부 절개 110분 후 수술이 종료되었으며, 각성과 근력회복을 확인하고, 양압누출검사를 통해 상기도의 열림(patency)를 확인한 후 발관시행하고 회복실로 이송하였다. 회복실에서 시행한 흉부 방사선 검사 결과, 경부와 액와부, 그리고 양쪽 옆구리의 피하 조직에 공

Fig. 2. Figure shows changes of SBP, DBP, HR and SpO₂ during surgery. HR: heart rate (beats/min), SpO₂: percutaneous Oxygen saturation (%), SBP: systolic blood pressure (mmHg), DBP: diastolic blood pressure (mmHg).

Fig. 3. Postoperative chest AP shows massive subcutaneous emphysema on whole trunk especially neck, axillary, anterior chest, and both flank area.

기 음영이 다수 관찰되었으며, 양쪽 폐의 기흉 소견은 나타나지 않았다(Fig. 3). 단순 마스크를 이용하여 산소를 분당 5 L로 투여하며 감시하는 동안 피하기종내 이산화탄소의 재흡수에 의해 이산화탄소 혼수 등의 합병증이 나타나지는 않았다. 이후 환자는 일반 병실로 이송되어 9일간 치료받은 후 퇴원하였다.

고 찰

마취 중 발생하는 고탄산혈증은 교감신경계 기능의 항진

을 초래하여 빈호흡을 유발하고, 심박수와 전신혈관저항이 상승되어 고혈압을 유발하며, 증가된 카테콜아민에 의해 심실 기외 수축이나 심실 빈맥 등의 부정맥 발생 가능성 또한 높아진다. 또한 마취 유지 중이나 각성 시기의 교정되지 않는 고탄산혈증은 뇌척수액의 pH를 감소시켜 이산화탄소 혼수(CO₂ narcosis)가 야기되어 각성지연이 발생할 수 있다. 아울러, 증가된 동맥혈 이산화탄소 분압에 비례하여 뇌혈관이 확장되고 뇌혈류량이 증가되며, 이러한 현상은 두개내압이 상승되어 있는 환자의 경우 위험한 결과를 초래할 수 있다.²⁾ 이렇게 여러 합병증을 유발할 수 있는 고탄산혈증은 전신마취 중 여러 상황에서 나타날 수 있다.

첫째로, 현재 마취기에 대부분 부착되어 있는 반폐쇄식 순환 회로(semiclosed circuit)에서의 문제이다.³⁾ 회로의 단락(misconnection)으로 인한 저환기나 무호흡은 고탄산혈증을 유발할 뿐 아니라 저산소혈증과 치명적인 저산소증을 유발할 수 있어 매우 위험한 상황이 야기될 수 있다. 하지만, 대부분의 경우 육안으로 즉각 식별이 가능하며, 육안으로 불가능한 경우에도 회로 내에 부착된 저압력 경고장치의 작동이나 호기말 이산화탄소 분압 곡선의 변화를 통해 파악할 수 있다. 다음으로 반폐쇄식 순환 회로 내에서 환자의 고탄산혈증을 유발할 수 있는 인자는 호기 일방통행밸브의 기능 이상이다. Kang 등은³⁾ 반폐쇄식 순환 회로를 사용한 전신마취 중 발생한 3 건의 고탄산혈증 증례를 보고하였는데, 마취기 호흡회로에 부착된 호기말양압(Positive End-Expiratory Pressure, PEEP)손잡이에 의해 호기 밸브 내의 시야가 가려진 상태에서 호기 밸브의 오작동이 육안으로 식별되지 않고 지속되어 고탄산혈증이 유발되었다. 본 증례에서는 육안으로 호기 밸브의 기능을 확인할 수 있었으며, 이러한 호기 밸브의 오작동을 배제할 수 있었다. 다음으로 반

폐쇄식 호흡 회로에서 고탄산혈증을 야기할 수 있는 문제점은 이산화탄소 흡수제의 고갈이다. 이는 흡기시 증가된 호기말 이산화탄소 분압 곡선 수치로 추정할 수 있으며, 신선 가스 유량의 증가를 통해 일시적으로 해결할 수 있다.

둘째로 전신마취 중 발생한 고탄산혈증의 가능한 원인은 체내 대사의 항진을 유발하는 갑상선 위기(thyroid crisis)나 악성 고열증(malignant hyperthermia) 등의 증후군이 동반된 경우이다.^{4,5)} 두 증후군 모두 환자에게 치명적인 결과를 가져올 수 있어서 신속히 진단하여 적절한 치료와 관리가 이루어져야 한다. 갑상선 위기의 경우, 갑상선 질환의 병력이나 혈장 내 갑상선 호르몬 농도 등으로 용이하게 진단 내릴 수 있다.⁴⁾ 이와는 달리 전신 마취 중 발생하는 악성고열증의 거의 모든 경우에서 과거 병력이 없으며, 보통염색체 우성 유전(autosomal dominant inheritance)이라는 소인이 있지만 일반적인 수술전 평가에서 확인하기 어려워 수술 중 뒤늦게 발견되는 경우가 대부분이다. 과거, 질환이 학계에 발표될 당시 특징적이며 저명한 고열이 동반된다 하여 ‘악성 고열증’이라 명명되었지만, 현재 악성고열증 증상의 첫 징후는 체온의 증가가 아닌 호기말 이산화탄소 분압의 증가로 간주되고 있다. Kim 등의⁵⁾ 증례를 살펴보면 악성고열증의 첫 징후로 증가된 체온이 아닌 감시장치의 한계수치인 약 120 mmHg 까지 증가하는 호기말 이산화탄소 분압을 지적하였다. 본 증례에서는 호기말 이산화탄소 분압이 과환기 상태에서도 73 mmHg 까지 상승하였다. 그렇기 때문에 본 증례에서 피하기종과 염발음이 감지되지 않았다면 비록 복강경 수술 중이었지만 악성고열증을 배제할 수 없었을 것으로 사료된다. 이렇게 복강경 수술 중 급격히 증가하는 고탄산혈증으로 악성고열증과 기타 합병증의 감별이 어려운 경우, 악성고열증의 경과와 사망율을 감안할 때, 먼저 악성고열증의 증상 발현 여부를 확인하고 동맥혈 가스 검사를 즉시 실시하여 조기에 악성고열증을 배제해야 한다. 하지만, Kim의 증례에서도⁵⁾ 관찰되듯이 체온 상승과 전신 강직과 같은 다른 증상은 호기말 이산화탄소 분압이나 동맥혈 이산화탄소 분압보다 약 30분 후에 정상 범위를 넘어서므로 조기 진단을 위한 항목으로는 부적합하다고 사료된다. 따라서 점진적으로 빠르게 증가하는 호기말 이산화탄소 분압에 대해, 동맥혈 가스 검사 소견이 조기에 악성고열증을 배제하기 위한 타당한 방법이라고 여겨진다. 광범위한 피하기종에 의한 고탄산혈증의 경우 본 증례와 같이 동맥혈 가스 검사상에서 순수한 호흡성 산증을 나타내게 된다. 하지만 악성 고열증의 경우 대사성 산증과 호흡성 산증이 공존하는 형태로 나타나므로 비교적 용이하게 감별진단할 수 있다.^{6,7)}

세 번째로 전신마취 중 발생한 고탄산혈증의 가능한 원인은 의료 행위에 의해 이루어지는 상황 들이다. 이산화탄

소를 사용한 기복이나 기흉 생성, 심한 대사성 산증의 교정을 위한 중탄산염의 주입, 압박띠(tourniquet) 해제 후의 고탄산혈증 등이 그 예라 할 수 있다.

Murdock 등은¹⁾ 복강경수술중 피하기종과 과탄산혈증의 예측인자로 호기말 이산화탄소분압 50 mmHg이상, 200분 이상의 수술시간, 6개 이상의 투관침 삽입, 65세 이상의 고령에서 잘 발생함을 지적하였다. 본 증례의 경우 이 대부분의 예측인자와 관련이 있다고 할 수 있겠다. 이러한 피하기종의 발생원인은 투관침의 피하조직에 잘못 위치, 고압의 이산화탄소가 투관침 천자부위를 통해 이동, 복강내압의 과도한 증가 등이 있다.⁸⁾ 본 증례 에서는 투관침 위치나 복강내압이 정상이었으므로 이산화탄소가 투관침 천자부위를 통해 이동이 의심된다.

본 환자에서 기복 형성 후 15분간씩 혈압이 떨어지고 심박수가 느려지는 현상은 일시적인 복강내압의 증가에 의한 정맥혈환류의 감소에 의한 현상으로 추정되며 유사하게 Joris 등도⁹⁾ 복강경하 담낭절제술시 가스 주입후 심박출계수의 감소를 보고하였다. 그러나 이러한 현상은 일시적인 현상이고 이후 혈압의 상승 현상이 나타나는데 이는 전신혈관저항의 증가에 의한 것으로 추정된다. 이의 원인으로는 대동맥 혈관의 기계적 압박에 의한 심장 후부하의 증가 또는 호르몬의 분비(catecholamine, vasopressin 등), 통증 자극, 과이산화탄소 혈증 등이 원인으로 제기되나 논란의 여지가 있다.⁹⁾

이산화탄소 기복에 의한 고탄산혈증과 호기말 이산화탄소 분압 증가에 대해, Wahba 등은²⁾ 복강경 수술 중 호기말 이산화탄소 분압이 비정상적으로 증가하는 경우, 세 가지 합병증을 추정해 볼 수 있다고 하였다. 이들은 기도압이 증가하며 맥박산소측정기상 산소포화도가 감소하는 경우와 기도압과 산소포화도의 변화없이 호기말 이산화탄소 분압만 증가하는 경우로 분류되며, 전자에는 기관지내 삽관(endobronchial intubation)과 이산화탄소기흉(capnothorax)이 해당되며, 후자에는 피하기종을 의심할 수 있다고 하였다. 따라서 이산화탄소를 사용해 기복 또는 기흉을 형성한 후 시행하는 수술에서 호기말 이산화탄소 분압이 비정상적으로 상승할 경우 앞서 말한 기도압과 청진 소견, 산소포화도 등의 항목을 면밀히 감시하고 그에 따른 감별 진단을 내리는 것이 타당하겠다.

본 증례에서 주목할 점은 증가된 호기말 이산화탄소 분압에 대해, 환자의 체중에 의거한 분식환기량의 2배에 달하는 과환기를 실시하여도 호기말 이산화탄소 분압이 교정되지 않은 것이다. 이와 유사하게 Kim 등은¹⁰⁾ 복강경 담낭 절제술 중, 호기말 이산화탄소 분압 증가가 동반된 고탄산혈증과 호흡당을 통한 기도 저항의 상승이 동반된 피하기종을 확인하고, 양쪽 겨드랑이와 흉벽에 18 G 바늘을 천자 후

기도저항이 소실되고 호기말 이산화탄소 분압이 급격하게 감소되었으며, 동맥혈 이산화탄소 분압도 더 이상 증가하지 않은 증례를 보고하였다. Kim 등의 예에서도 수술 중의 동맥혈 이산화탄소 분압은 최고 117 mmHg 까지 상승하였으며 역시 과호흡에 의해 교정되지 않는 양상을 보였다. 본 증례 이외에도 Kim 등과¹⁰⁾ Worrell 등이¹¹⁾ 보고 한 것처럼 복강경 수술 중 발생한 광범위한 피하기증은 과호흡에 의해 교정되지 않는 고탄산혈증을 유발할 가능성이 높다. 이러한 고탄산혈증은 복막 외에도, 피하기증이 진행된 신체 범위에 비례하는 이산화탄소 용적이 혈액 내로 흡수되어 발생하며 기종의 진행으로 이 현상이 가속화 될 수 있다.¹²⁾ 앞서 말한 전흉부와 액와부의 바늘 천자를 통해 더 이상의 흡수가 진행되지 않고 동맥혈 가스 검사 소견이 교정되므로 기종 내 압력과도 관련이 있을 것으로 사료되나, 아직 연구를 통해 보고된 바 없다.

주목할 또 하나의 사실은, 복강경 수술 환자의 증가된 호기말 이산화탄소 분압은 일반적인 전신마취 환자의 그것에 비해 동맥혈 이산화탄소 분압과의 상관성이 낮다는 것이다. 이에 대해 Wittgen 등은¹³⁾ 피하기증이 없는 정상적인 복강경 담낭절제술 환자를 대상으로 한 실험을 통해, 기복에 의해 환기/관류 불균형이 심화된 상태에서 환기/관류 비가 높은 폐의 부위에서 환기의 비중이 더 증가하기 때문에, 호기말 이산화탄소 분압으로 동맥혈 이산화탄소 분압을 예측할 수 없다고 하였다. Min 등도¹⁴⁾ 복강경 담낭절제술 동안 기복을 유지하는 시간의 경과에 따라 호기말 분압과 동맥혈 분압의 차는 증가하고, 기복 30분 이후에는 두 변수 간에 상관관계가 없다고 주장하였다. 이러한 주장에 의하면 이산화탄소 기복이나 기흉을 사용한 많은 경우의 수술에서 수술 시간이 경과할수록 호기말 이산화탄소 측정치와 동맥혈 이산화탄소 검사치 사이의 상관관계는 적어진다고 사료된다. 이는 실제적으로 본 증례와 Kim 등의¹⁰⁾ 증례에서 확인할 수 있었다.

이산화탄소를 사용한 복강경 수술이나 흉강경 수술 중 호기말 이산화탄소 분압의 과다한 증가가 발생한 경우, 신체 검사와 감시 장치를 통한 환자 상태의 전반적인 재평가를 시행하여 악성고열증 같은 치명적인 상황을 배제해야 하며, 호흡회로와 마취기의 기능 확인 역시 수반되어야 한다. 또한 활력 징후의 면밀한 감시와 분시호흡량의 조절을 통해 환자의 항상성 유지에 힘써야 하겠다. 호기말 이산화탄소 분압의 증가와 함께 광범위한 피하기증이 발생한 경우에는 이산화탄소 주입 속도와 형성된 복강내 압력을 확인해야 하며, 전흉부와 액와부의 바늘 천자로써 급격한 동맥혈 이산화탄소 분압의 상승을 막을 수 있다. 이와 함께 동맥혈 가스 검사를 실시하여 실제적인 환자의 이산화탄소

분압을 확인하여 환기량을 조절하는 것이 최선의 방법이라고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Murdock CM, Wolff AJ, Van Geem T: Risk factors for hypercarbia, subcutaneous emphysema, pneumothorax, and pneumomediastinum during laparoscopy. *Obstet Gynecol* 2000; 95: 704-9.
2. Wahba RW, Tessler MJ, Kleiman SJ: Acute ventilatory complications during laparoscopic upper abdominal surgery. *Can J Anaesth* 1996; 43: 77-83.
3. Kang BH, Cho H, Lee HW, Chae BK, Chang SH, Shin JS: A report of three cases of hypercarbia during general anesthesia. *Korean J Anesthesiol* 1992; 25: 187-91.
4. Grimes CM, Muniz H, Montgomery WH, Goh YS: Intraoperative thyroid storm: a case report. *AANA J* 2004; 72: 53-5.
5. Kim DC, Lim HL, Han YJ: Early recognition of malignant hyperthermia with capnography. *Korean J Anesthesiol* 2002; 43: 667-72.
6. Gerald AG, Issac NP, Sheila MM, Timothy JT: Malignant Hyperthermia. In: *Miller's Anesthesia*. 6th ed. Edited by Ronald DM, Lee, AF, Roger AJ, John JS, Jeanine PWK, William LY: Philadelphia, Elsevier Churchill Livingstone. 2005, pp 1169-86.
7. Karan SM, Crowl F, Muldoon SM: Malignant hyperthermia masked by capnographic monitoring. *Anesth Analg* 1994; 78: 590-2.
8. Bard PA, Chen L: Subcutaneous emphysema associated with laparoscopy. *Anesth Analg* 1990; 71: 100-6.
9. Joris JL, Noirot DP, Legrand MJ, Jacquet NJ, Lamy ML: Hemodynamic changes during laparoscopic cholecystectomy. *Anesth Analg* 1993; 76: 1057-71.
10. Kim JK, Ryu SJ, Park SH, Kim KH, Jang TH, Kim SH: Subcutaneous emphysema and hypercarbia following laparoscopic cholecystectomy by increased intraabdominal pressure. *Korean J Anesthesiol* 1997; 33: 376-80.
11. Worrell JB, Cleary DT: Massive subcutaneous emphysema and hypercarbia: complications of carbon dioxide absorption during extraperitoneal and intraperitoneal laparoscopic surgery. *AANA J* 2002; 70: 456-61.
12. Mullet CE, Viale JP, Sagnard PE, Miellet CC, Ryunat LG, Counieux HC, et al: Pulmonary CO₂ elimination during surgical procedures using intra- or extarperitoneal CO₂ insufflation. *Anesth Analg* 1993; 76: 622-6.
13. Wittgen CM, Andrus CH, Fitzgerald SD, Baudendistel LJ, Dahms TE, Kaminski DL: Analysis of the hemodynamic and ventilatory effects of laparoscopic cholecystectomy. *Arch Surg* 1991; 126: 997-1000.
14. Min KT, Park YG, Park BS: Correlation between PaCO₂ and P_{ET}CO₂ during laparoscopic cholecystectomy. *Korean J Anesthesiol* 1995; 28: 803-8.