관상동맥 우회술 중 내시경하 복재정맥 수확동안 발생한 과탄산혈증 - 증례보고 -

경북대학교 의과대학 마취통증의학교실, *흉부외과학교실

홍성욱 · 김시오 · 백운이 · 이종태* · 조준용*

Accidental Hypercarbia during Endoscopic Harvesting of Saphenous Vein in Coronary Artery Bypass Graft Surgery - A case report -

Seong Wook Hong, M.D., Si Oh Kim, M.D., Woon Ei Baek, M.D., Jong Tae Lee, M.D.*, and Jun Yong Cho, M.D.*

Departments of Anesthesiology and Pain Medicine, and *Thoracic and Cardiovascular Surgery, Kyungpook National University College of Medicine, Daegu, Korea

Hypercarbia is a potential complication during laparoscopic surgery. However, is more likely to occur in extraperitoneal surgery than in intraperitoneal surgery because insufflated CO₂ gas can diffuse easily into the surrounding tissues. We report the anesthetic course and complications encountered during endoscopic harvesting of a saphenous vein with CO₂ insufflation in coronary artery bypass surgery. Although the surgery was successful, the patient developed signs and symptom of CO₂ absorption: tachycardia, hypertension, hypercarbia and acidosis. Possible mechanisms are presented, along with a discussion of the prompt diagnosis and treatment. For the management of laparoscopic extraperitoneal surgery, care must be taken to monitor the CO₂ insufflation pressure, perform a routine examination and palpation of the chest wall, use of N₂O with caution, increase the level of ventilation to eliminate CO₂, and excluding other causes of subcutaneous emphysema and hypercarbia. (Korean J Anesthesiol 2006; 51: 622~6)

Key Words: complication, coronary artery bypass, endoscopy, harvesting, saphenous vein.

최근 내시경을 이용한 수술은 내시경 수술 기구와 비디오 기술의 발달로 시술의 적응이 다양해져 복강 및 흉강 이외의 부위에도 시술되고 있으며^{1,2)} 심장수술의 영역에서도 이 같은 변화와 발전이 있다. 관상동맥 우회술에 사용되는 복재정맥이식편은 오랫동안 절개 방법으로 수확되었으나 내시경 수술 기법의 발전으로 최근에는 내시경하 복재정맥 수확(Endoscopic Vein Harvesting of saphenous vein, EVH)이 흉부외과 분야에 소개되었다.³⁾ EVH는 전통적인 절개방법과 비교해서 창상 부작용 감소, 짧은 재원 기간, 수술 후 통증의 감소 및 더 나은 환자 만족도로 점차 그 사용 빈도가 증가하는 추세이다.^{4,5)} 하지만 이러한 시술은 장점이 많으나 이때 주입하는 CO₂ 가스에 의해 과탄산혈증, 부정맥, 혈압상승 등의 문제를 드물게 야기하기도 한다.^{6,7)} 또한 최근 내시경을 이용한 수술 시간이 장기화되고 복잡뿐만 아니라 여러 부위에 이용되고 있어 이러한 부작용이 증가할

가능성이 있다.

이에 저자들은 관상동맥 우회술에서 EVH동안 발생한 심한 과탄산혈증을 경험하였으므로 보고하는 바이다.

증 례

체중 67 kg, 신장 170 cm의 53세 남자 환자가 좌전하행지 폐쇄 및 다발성 관상동맥 협착으로 인한 심근경색으로 관상동맥 우회술을 시행받기 위해 내원하였다. 수술 전 병력과 검사에서는 심전도 상 좌심실 비대 및 T파의 역전이 심전도의 흉부유도 V₂₋₅에서 관찰되고, 심초음파에서 심첨부 심근의 운동감소와 심첨부 전벽의 무운동이 관찰되었다. 수술의 진행은 흉골 절제술 후 좌내유동맥을 좌전하행지에, 대복재정맥을 그 외의 다른 관상동맥에 이식하기로 하였다. 복재정맥 수확은 내시경적 방법으로 가장 최근에 출현된 상품인 VasoView System (Guidant Cardiac and Vascular Surgery, Menlo Park, USA)을 사용하기로 예정되어 중심정맥도관, 경식도 심장 초음파, 지속적 중심정맥압 감시, 지속적 동맥혈압 감시를 위한 요골동맥 천자, capnography, 지속적 중심체온 및 체표면체온 감시 등을 계획하였다(Fig. 1). 수술

논문접수일 : 2006년 6월 17일

책임저자 : 김시오, 대구광역시 중구 삼덕동 2가 50

경북대학교병원 마취통증의학과, 우편번호: 700-721

Tel: 053-420-5875, Fax: 053-426-2760

E-mail: sokim@knu.ac.kr

전 투약은 하지 않았으며 midazolam 5 mg, fentanyl 100 μ g, pentotal sodium 125 mg, vecuronium 10 mg을 정주하여 마취 유도한 후 기관내삽관을 시행하였다. 마취 유지는 O₂ 1.5 L/min, 의료용 공기 2.5 L/min, isoflurane 0.8 vol%, alfentanil 3 μ g/kg/min로 하였고 일회 환기량은 10 ml/kg, 호흡수는 분당 9

Fig. 1. Figures for the component of VasoView System. (A) Blunt tip trocar port, (B) Endoscope, (C) Uniport plus dissection cannula, (D) Conical dissection cannula, (E) Bipolar electrocautery scissors

회, 흡기 : 호기 비율은 1 : 2로 조절호흡을 시행하였고 최대 기도압은 21 cmH₂O이었다. 수술 시작 시의 혈압은 116/71 mmHg, 맥박수 73회/분, 맥박산소포화도는 99%, 호기말 이산화탄소분압은 31 mmHg였다.

복재정맥 수확을 위해서 VasoView System을 사용하여 대퇴부의 대복재정맥과 주위 지방조직을 수동으로 박리하였으며 주입하는 CO₂ 가스압력은 10-15 mmHg로 유지함을 확인하였다. EVH를 시작한지 15분 후부터 호기말 이산화탄소분압은 31 mmHg에서 50 mmHg로 지속적으로 증가하기 시작했다. 이 때 동맥혈가스분석은 pH 7.301, PaCO₂ 56.4 mmHg, PaO₂ 219.4 mmHg, BE 0.8 mmol/L, SaO₂ 99.3%, HCO₃⁻ 27.2 mmol/L로 측정되어 호흡수를 분당 9회에서 12 회로 증가시켰다. 그러나 호기말 이산화탄소분압이 그 후 4 분 동안 50 mmHg에서 74 mmHg로 계속 증가되었으며 중심정맥압의 상승, 빈맥 및 동맥압 상승을 보여 흡입가스의 의료용 공기를 중지하고 산소량을 분당 4 L로 하였다(Fig. 2). 수술 시야로부터 양측폐가 동일하게 환기되고 있는 것을 확인할 수 있었다. 최대흡기압도 변화가 없었으며 마취기 호흡회로에도 이상은 발견할 수 없었다. 당시 환자의 체온은 구인두에서 측정한 것이 35.4°C였다. 그 후 다시 시행한 동맥혈 가스분석에서 pH 7.217, PaCO₂ 75.1 mmHg, PaO₂ 533.3 mmHg, BE 2.0 mmol/L, SaO₂ 99.8%, HCO₃⁻ 29.8

Fig. 2. Photography from representative recording strips in anesthetic monitors. (A) plethysmography and end-tidal CO₂, (B) heart rate and radial artery pressure, (C) inspiratory oxygen percentage and concentration of inspiratory isoflurane, (D) central venous pressure and peripheral arterial oxygen saturation, (E) core temperature (rectum, T1) and shell temperature (nasopharynx, T2), and respiratory rate. The boxed area represents the event of hypercarbia during endoscopic harvesting of saphenous vein with CO₂ insufflation in the coronary artery bypass surgery.

mmol/L를 보였다. 외과의에게 과탄산혈증이 발생했음을 알리고 CO₂ 가스의 주입을 중지할 것을 의논하던 중 시야 확보와 지혈을 위하여 마취의와 상의 없이 외과의가 임의로 CO₂ 가스압력을 30 mmHg로 증가시켰다는 사실을 알게 되었다. 과도한 CO₂ 가스압력으로 인한 CO₂의 흡수 및 축적이 심화되어 발생한 과탄산혈증으로 판단하고 즉각 CO₂ 가스의 주입을 중지시키고 치료를 시작하였다. 이 때 환자는 심박수의 증가를 보였으나 동공 크기와 대광 반사는 정상이었다. 호흡수를 분당 15회에서 18회로 하였으며 호기말 이산화탄소분압이 30 mmHg로 떨어질 때까지 복재정맥 수확을 일시 보류하고 수술을 진행시켰다. 35분 후 호기말 이산화탄소분압이 30 mmHg로 감소하여 흡입가스를 O₂ 1.5 L/min, 의료용 공기 2.5 L/min, 호흡횟수를 분당 13회로 변경하였다. 이 후 동맥혈가스분석상 pH 7.412, PaCO₂ 43.7 mmHg, PaO₂ 274.1 mmHg, BE 2.6 mmol/L, SaO₂ 99.6%, HCO₃⁻ 27.2 mmol/L로 정상범위로 환원되었다. 이 후 CO₂ 가스압력을 12 mmHg로 설정하고 복재정맥 수확을 재개하였다. 복재정맥 수확이 종료될 때까지 과탄산혈증은 재발하지 않았으며 혈액학적 수치들도 정상범위로 유지되었다.

그 후 특별한 문제없이 수술은 종료되었으며 환자는 흉부외과 중환자실로 이송되었다. 수술 후 1일째에 인공호흡기의 이탈 및 기관내튜브의 발관을 하였고, 환자는 술 후 10일째에 특이한 합병증 없이 퇴원하였다.

고 찰

최근 심장 수술은 절개를 가급적 줄이는 방향으로 발전하고 있다. 관상동맥 우회술에서도 우회로 구축에 사용되는 혈관의 수확을 위해 요골동맥 채취나 정맥 이식편 채취 시 절개를 줄일 수 있는 내시경적 혈관수확방법이 도입되어 사용되고 있다. 내시경적 혈관수확방법은 절개 부위를 최소화하여 수술 후 통증의 감소, 수술부위의 감염을 감소, 지혈의 촉진, 재원기간의 단축 등의 이점이 있어 결국 환자의 만족도를 증가시키게 된다.^{4,5)}

본원에서 시행하는 EVH시 사용되는 내시경 기구는 가장 최근에 출현된 상품으로 VasoView System을 사용하였다. VasoView System의 경우 내시경을 이용하기 때문에 수술 시야, 수술공간의 확보, 정맥과 주위 조직 간의 박리의 용이성을 위하여 CO₂ 가스의 주입이 필요하다. CO₂ 가스는 12-15 mmHg의 압력으로 주입되며 EVH가 진행되는 40-60분 동안 10-20 L의 CO₂ 가스가 시술에 사용된다.⁸⁾ CO₂는 무색이고, 폭발성이 없으며, 생리적 가스이므로 몸으로 흡수와 배출이 잘되는 장점이 있어 내시경 수술 시 사용되는 가스 중 가장 이상적으로 평가받고 있으며,⁹⁾ 통상 CO₂ 가스는 체강 안으로 3-4 L/min 주입된다.¹⁰⁾

본 증례처럼 내시경적 수술에서 과탄산혈증이 생길 수 있는 원인은 여러 가지가 있는데, 첫째 CO₂ 생성이 증가되는 경우이다. 고열증, bicarbonate의 주입, 복강경시 주입한 CO₂ 가스 등이 해당되고, 둘째는 환기량이 감소되는 경우로 부적절한 기계적 환기, 인공호흡기나 마취회로의 기능 이상, 기도폐쇄, 마취제나 마약류 또는 진정제에 의한 호흡기능 저하, 흉벽의 이상, 대사성 알칼리증에 대한 보상작용 등에 의한 경우이다. 셋째, 환기능의 감소를 들 수 있는데 심한 만성 폐쇄성 폐질환이나 기관지 천식 등 호흡부전이 생기는 경우 또는 폐전색증 같은 사강이 증가될 수 있는 경우 등이다.¹¹⁾

본 증례에서는 환기능이나 환기량의 감소의 관점에서 모두 이상이 없음을 확인하고 CO₂의 생성 증가로 인한 과탄산혈증으로 판단하고 원인을 찾던 중 외과의가 임의로 CO₂ 가스압력을 증가시켰음을 알 수 있었다. 이렇게 가스압력을 증가시켜 발생한 과탄산혈증의 중증도는 주입압력에 의해 결정되는데 16 mmHg를 넘기지 않으면 심각한 과탄산혈증의 발생을 예방할 수 있다고 한다.¹²⁾ EVH의 경우에는 하지에 시행되므로 복부수술에서 복강경을 이용한 시술처럼 과도한 가스 압력으로 인한 기도압의 증가나 환기량의 감소가 동반되지 않아 마취의가 사용되는 가스압력에 주의를 기울이지 않는 경우가 많고, 또 최근의 내시경 수술에 사용되는 기계들은 압력조절기에 의해 압력이 자동으로 조절되고 있어 가스압력을 간과하기 쉽다. 외과의도 과도한 가스압력에 의한 기계적 압력이 폐에 가해지지 않으므로 임의로 마취의와 상의 없이 CO₂ 가스압력을 증가시켜 과탄산혈증이 발생한 경우라고 저자들은 판단된다.

Gayes는⁸⁾ CO₂ 가스를 사용한 EVH 시행 시 호기말 이산화탄소분압이 CO₂ 주입 전과 비교 시 10-20% 증가하고 더구나 비숙련자가 EVH를 시행하는 경우 오래 걸리므로 주입된 CO₂의 양은 더 많아지고 호기말 이산화탄소분압이 더 많이 증가한다고 한다. 관상동맥 우회술시 복재정맥의 박리와 동시에 내유동맥 박리가 이루어지며 이때 외과의의 내유동맥 박리에 대한 수술시야를 향상시키기 위해 일회 호흡량을 감소시킨다. 이렇게 일회 호흡량을 감소시킴으로 인해 더욱 호기말 이산화탄소분압을 증가시키게 되고 EVH로 인한 과탄산혈증을 심화시켜 혈액학적 변화를 초래할 수 있다. 이런 이유들로 인해 관상동맥 우회술에서 EVH가 통상적인 수기가 된다면 호기말 이산화탄소분압의 증가를 예상하여 미리 분당 환기량을 증가시킨다거나 하는 예방조치가 취해져야 한다.

Mullett 등에¹³⁾ 의하면 복강내 CO₂ 가스주입 시 주입된 가스 압력에 의해 모세혈관들이 눌리게 되어 모세순환을 차단하고 혈액으로의 CO₂ 확산을 방해하므로 16-20분 후면 이산화탄소 분압의 증감이 평형을 이룬다고 하였다. 그

려나 복강외 CO₂ 주입 시에는 호기말 이산화탄소분압과 폐의 이산화탄소 제거가 서서히 계속 증가하였으며 체내로의 CO₂ 확산이 복강내 CO₂ 가스주입보다 복강외 CO₂ 가스주입 시 더 현저하게 일어난다고 보고하였다. 그 이유는 첫째로 복강외 CO₂ 가스주입이 CO₂와 접촉하는 교환면의 성질 때문에 평형상태에 도달하기까지 좀 더 많은 시간이 필요하다는 것이고 둘째는 복강외 공간의 계속적인 박리로 인해 CO₂가 교환될 수 있는 접촉면이 증가한다는 것이다.

이러한 CO₂ 가스의 흡수가 증가하면 과탄산혈증으로 인해 심혈관계와 중추 신경계 등에 영향을 미치는데 의식이 있는 환자에서는 교감신경계에 의한 흥분 작용으로 심박수, 심근 수축력, 일회 심박출량 및 심박출량의 증가를 일으키지만 PaCO₂가 매우 증가되면 심박출량이 감소된다. 마취상태에서는 PaCO₂의 심혈관계에 미치는 영향이 마취와 연관되어 생기는 자율신경계의 변화에 따라 달라진다. PaCO₂가 80 mmHg 이하에서는 부정맥 발생이 드물지만 그 이상이 되면 방실접합부 울동 등의 심부정맥이 발생할 수 있다. 그러나 정확하게 얼마만큼의 과탄산혈증이 빈맥과 고혈압을 일으키는 지 알려져 있지 않으며 일반적으로 과탄산혈증 시에 빈맥이 나타난다고 하나 심박수의 변화는 일관적이지 않다고 한다.¹⁴⁾ 또한 과탄산혈증에 대한 혈압의 변화 또한 다양하여 이러한 혈액학적 수치들 자체만으로 과탄산혈증을 진단할 수는 없다.

CO₂ 생성의 증가로 인한 과탄산혈증의 처치는 분당 환기량을 증가시키고 CO₂ 가스의 주입압력을 줄이는 것이다. Tan 등의¹⁵⁾ 보고에 의하면 정상 CO₂ 농도를 유지하기 위해서는 20-30% 정도로 분당 환기량을 증가시켜야 한다고 하였고, Wittgen 등에¹⁶⁾ 의하면 내시경하 담낭 절제술을 시행 받는 환자 중 기저질환으로 만성폐쇄성 폐질환을 가지고 있거나 과거력상 관상동맥 치환술을 시행 받은 환자에서 조절이 힘든 과탄산혈증이 발생함을 발견하였다. 그리고 미국마취과학회 신체등급 1의 환자들 보다 2 또는 3의 환자들 이 복강경 시술 시 과탄산혈증이 발생할 위험이 크다고 한다.¹⁷⁾

본 증례에서는 관상동맥 우회술 중 발생한 과탄산혈증으로 맥박, 동맥압 및 중심정맥압 상승 등 심혈관계 항진의 증상이 있었다. 이러한 교감신경계의 항진은 허혈성 심장질환이 있는 환자의 마취관리에서 가장 우선해야 할 심근 산소공급-소모 균형을 불리하게 하는 것이다. 혈압 상승과 심근 수축력의 강화는 심근의 산소 소모를 증가시키며 빈맥은 산소 소모를 증가시키고 공급을 감소시킨다. 심근 허혈은 흔히 빈맥과 관련이 있지만 뚜렷한 혈액학적 장애가 없을 때도 발생할 수 있다. 이러한 일련의 사건들은 심장의 산소 소모량 증가, 심혈관 질환 악화, 심부정맥으로 이어져 수술 중 심근경색의 발생률을 높일 수 있다.¹⁸⁾ 수술 중 심

허혈의 발견은 심전도 변화, 혈액학적 증상 또는 경식도 심초음파에서 국소적인 심실벽 운동 이상을 인지함으로써 이루어질 수 있는데 본 증례에서는 이러한 감시기구로 새로운 심근 허혈증을 의심할 수 있는 소견이 발견되지는 않았다.

결론적으로 관상동맥 우회술에서 EVH 시행 시 주입하는 CO₂ 가스로 인해 마취 중 발생할 수 있는 부작용을 염두에 두고 호기말 이산화탄소분압 또는 PaCO₂ 분압을 자주 측정하면서 적절한 환자 PaCO₂를 유지시키기 위하여 적절한 환기를 하는 것이 중요하며, 특히 주입하는 가스압력을 높일 때에는 반드시 외과의와 마취의사가 상의하도록 하며 충분한 감시 장치를 이용한 세심한 환자 감시가 동반되어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. Clayman RV, Kavoussi LR, Soper NJ, Dierks SM, Meretyk S, Darcy MD, et al: Laparoscopic nephrectomy: initial case report. *J Urol* 1991; 146: 278-82.
2. Pillinger SH, Bambach CP, Sidhu S: Laparoscopic adrenalectomy: a 6-year experience of 59 cases. *ANZ J Surg* 2002; 72: 467-70.
3. Allen KB, Griffith GL, Heimansohn DA, Robison RJ, Matheny RG, Schier JJ, et al: Endoscopic versus traditional saphenous vein harvesting: a prospective, randomized trial. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 26-31.
4. Kiaii B, Moon BC, Massel D, Langlois Y, Austin TW, Willoughby A, et al: A prospective randomized trial of endoscopic versus conventional harvesting of the saphenous vein in coronary artery bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 123: 204-12.
5. Crouch JD, O'Hair DP, Keuler JP, Barragry TP, Werner PH, Kleinman LH: Open versus endoscopic saphenous vein harvesting: wound complications and vein quality. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 1513-6.
6. Hodgson C, McClelland RM, Newton JR: Some effects of the peritoneal insufflation of carbon dioxide at laparoscopy. *Anaesthesia* 1970; 25: 382-90.
7. Harris MN, Plantevin OM, Crowther A: Cardiac arrhythmias during anaesthesia for laparoscopy. *Br J Anaesth* 1984; 56: 1213-7.
8. Gayes JM: Endoscopic saphenous vein harvesting and ETCO₂ in cardiac surgery patients. *Anesthesiology* 1998; 88: 1133.
9. Cunningham AJ, Brull SJ: Laparoscopic cholecystectomy: anesthetic implications. *Anesth Analg* 1993; 76: 1120-33.
10. Chen XC, Tang XY, Jiang YF, Pan YB, Fu CZ: Sudden cardiovascular collapse caused by carbon dioxide embolism during endoscopic saphenectomy for coronary artery bypass grafting. *Chin Med J* 2006; 119: 345-8.
11. Murphy GS, Vender JS: Monitoring the anesthetized patient. In: *Clinical Anesthesia*. 5th ed. Edited by Barash PG, Cullen BF, Stoelting PK: Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2006, pp 670-1.

12. Holzman M, Sharp K, Richards W: Hypercarbia during carbon dioxide gas insufflation for therapeutic laparoscopy: a note of caution. *Surg Laparosc Endosc* 1992; 2: 11-4.
 13. Mullett CE, Viale JP, Sagnard PE, Miellet CC, Ruynat LG, Counioux HC, et al: Pulmonary CO₂ elimination during surgical procedures using intra- or extraperitoneal CO₂ insufflation. *Anesth Analg* 1993; 76: 622-6.
 14. Price HL: Effects of carbon dioxide on the cardiovascular system. *Anesthesiology* 1960; 21: 652-63.
 15. Tan PL, Lee TL, Tweed WA: Carbon dioxide absorption and gas exchange during pelvic laparoscopy. *Can J Anaesth* 1992; 39: 677-81.
 16. 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.
 17. Joris JL: Anesthesia for laparoscopic surgery. In: *Miller's anesthesia*. 6th ed. Philadelphia, Churchill-Livingstone. 2005, pp 2285-99.
 18. Skubas N, Lichtman AD, Sharma A, Thomas SJ: Anesthesia for cardiac surgery. In: *Clinical Anesthesia*. 5th ed. Edited by Barash PG, Cullen BF, Stoelting PK: Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2006, pp 886-96.
-