폐내진동환기법을 이용한 급성 폐부종의 치료 -증례보고-

조선대학교 의과대학 마취통증의학교실 및 *응급의학교실

김 성 중* · 임 시 경 · 안 태 훈

Intrapulmonary Percussive Ventilation for the Acute Pulmonary Edema due to Upper Airway Obstruction -A case report-

Sung Jung Kim, M.D.*, See Kyung Lim, M.D., and Tae Hun An, M.D.

Departments of Anesthesiology and Pain Medicine and *Emergency Medicine, College of Medicine, Chosun University, Gwangju, Korea

The etiology of pulmonary edema are myriad. Pulmonary edema is a complication of acute upper airway obstruction secondary to laryngospasm. When pulmonary edema occurs, it usually follows relief of the obstruction. Acute pulmonary edema must be treated promptly among the patients who recover from acute upper airway obstruction. The treatments are fluid restriction, diuretics, steroids, ventilatory assistance to maintain oxygenation. Ventilatory assistance is important and has various methods, but we chose intrapulmonary percussive ventilation (IPV). It is of benefit to adequate oxygenation without ventilatory induced lung injury (VILI), easy removal of secretion, intratracheal nebulization with bronchodilator, and patient's comfortness. We present a case of noncardiogenic pulmonary edema that occurred in an adult patient following extubation of the trachea caused by a laryngospasm. (Korean J Anesthesiol 2004; 47: 751~4)

Key Words: acute pulmonary edema, intrapulmonary percussive ventilation, upper airway obstruction, laryngospasm.

기관내튜브의 발관으로 발생하는 급성 폐부종은 발관시 후두 자극에 의한 후두경련에 의한 상기도 폐쇄로 생길 수 있는 폐합병증 중의 하나로써 이는 저산소혈증을 동반하므로 즉각적인 치료를 필요로 한다.

후두경련 후 발생하는 폐부종 치료에 대해서는 이노제와 수액제한과 같은 고식적인 치료와 기계적 양압보조호흡등이 소개되어 왔다. 이 중 급성기에 보조호흡이 중요하며 이에 저자들은 여러 방법 중에서 폐내진동환기법(Intrapulmonary Percussive Ventilation, IPV)을 폐부종 치료를 위하여 이용하였다. 폐내진동환기법은 기존의 양압환기법에 의한 폐손상을 피하면서 환자에게 적절한 산소화를 가능케하고 분무를 통한 기관확장제의 투여도 할 수 있고 분비물 제거도 용이하며 특히 환자가 편안(comfortable)해 한다.

저자들은 발관 후에 후두경련으로 인한 상기도 폐쇄로

발생한 급성 폐부종을 폐내진동환기법을 이용하여 치료하였기에 문헌적 고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례

23세의(162 cm, 82 kg) 여자 환자가 우측 유방에 만져지는 종괴로 계획수술을 위해 내원하였다. 환자는 과거력, 가족력, 수술 전 검사상 특이 소견 없었고 흉부 방사선 사진 역시 특이소견은 보이지 않았다. 마취 전 환자 방문시 흉부 청진상 양측호흡음이 모두 정상이었으며 평소에 호흡 곤란과 같은 증상은 없었다.

마취 전투약으로 midazolam 0.5 mg/kg을 수술 시작 1시간 전에 근육하였고 마취유도를 위하여 thiopental sodium 4 mg/kg과 rocuronium 0.6 mg/kg을 정주한 후 기관내삽관을 시행하였고 산소 2 L/min, 아산화질소 2 L/min, sevoflurane 2 vol%로 유지하면서 전신마취를 시행하였다. 술 중 맥박산소포화도 99%를 유지하였고, 호기말 이산화탄소분압은 34-35 mmHg를 유지하였다. 수술 시간은 45분이 소요되었으며 수술 중 실혈량은 미미하였고 하트만씨용액 500 ml를 투여하였다. 수술 종료 후 pyridostigmine 10 mg과 glycopyrrolate

논문접수일 : 2004년 1월 28일

책임저자 : 안태훈, 광주광역시 동구 서석동 588번지

조선대학교 의과대학 마취통증의학교실

우편번호: 501-717

Tel: 062-220-3223, Fax: 062-223-2333

E-mail: ath620@hanmail.net

Fig. 1. Chest X-ray taken after re-intubation: interstitial pulmonary infiltration and congestion shown on both lung field.

0.4 mg으로 근이완 효과를 역전시킨 후 환자의 자발 호흡이 원활함을 확인하고 발관을 시행하였다.

환자는 발관 후 갑자기 산소포화도가 감소하면서 청색증과 호흡곤란을 보였으며 이에 마스크를 통해 100% 산소로 양압환기를 시행하였다. 그러나 환기가 원활하게 이루어지지 않고 청색증이 지속되어 thiopental sodium 250 mg, succinylcholine 75 mg 정주하여 기관내삽관을 다시 시행하였다. 기관내삽관 후 청진상 양측 폐에서 전반적으로 거친 수포음이 들렸으며 흡인카테터로 기관내튜브 흡인을 시도하였다. 이때 다량의 선홍색의 거품성 분비물(reddish frothy discharge)이 흡인카테터를 통해 배출되었다.

저자들은 이에 급성 폐부종을 의심하고 수술실 내에서 흉부 방사선 촬영을 실시하였고 동맥도관을 거치하여 동맥혈액가스분석을 시행한 후 furosemide 20 mg과 methylprednisolone 125 mg을 정주하였다. 흉부 방사선 소견상 심장크기에는 변화가 없었으며 양측 폐 전반에 걸쳐 간질성 폐울혈 소견을 보였다(Fig. 1). 용수환기시 최대 기도내압이 65 cmH₂O 까지 올라 갔으며 이 때 호흡수는 분당 20-22회이었고 일회 호흡량은 600-650 mL 이었다. 이 때 실시한 동맥혈액가스 소견은 pH 7.23, PaO₂ 78.8 mmHg, PaCO₂ 63.7 mmHg, BE -8.0 SaO₂ 82% (FiO₂ = 1)를 보였다. 이 후 폐내진동환기기(mini-spanker MSP #f00019, Percussionaire®, USA)를 설치하여 시동압력 30 psi로 분당 120-160회로 20분씩 2회 실시하였고 이때 최대 기도내압은 20 cmH₂O를 넘지 않았으며 산소농도는 50%였다. 동시에 폐내진동환기기에 설치된 분무기(nebulizer)를 통하여 albuterol 200 µg/kg을 분무하였으며 5-10초간의 진동 후 호기시에 필요에 따라 기관내 흡인을 실시하였다. 40분 후 동맥혈액가스분석

Fig. 2. Chest X-ray taken after IPV: Left lung field shows some congestions remain, but right lung shows nearly normalizing.

과 흉부 방사선 촬영을 다시 시행하였으며 이때 결과는 pH 7.38, PaO₂ 104 mmHg, PaCO₂ 45mmHg, BE -3.4, SaO₂ 98.7%로 호전된 소견을 보였고 흉부 방사선사진에서도 폐울혈이 뚜렷이 감소된 소견을 보였다(Fig. 2).

이 후 맥박산소포화도는 98% 이상으로 유지되었으며 기관내삽관을 유지한 상태로 환자를 중환자실로 이송하였다.

중환자실에서 환자는 일회호흡량이 300-400 ml 정도로 불충분하여 FiO₂ 0.5에서 압력보조양식(pressure support mode)으로, 20 cmH₂O의 압력보조와, 10 cmH₂O의 호기말양압을 이용하여 기계적환기를 시행하였다. 이 때 일회호기량(exhaled tidal volume)은 500-550 ml이었고 호흡수는 분당 16-17회였다. 기계적환기 실시 30분 후에 시행한 동맥혈액가스 분석소견은 pH 7.456, PaO₂ 171.2 mmHg, PaCO₂ 28.6 mmHg, BE -2.7, SaO₂ 99.3% 소견을 보였고 기계적환기 실시 7시간 후에는 pH 7.5, PaO₂ 182.4 mmHg, PaCO₂ 25.5 mmHg, BE 1.0, SaO₂ 99.4% 소견을 보였으며 이때 압력보조와 호기말양압을 각각 10 cmH₂O와, 5 cmH₂O로 재조정하였다. 이 후 기계적환기 시작 22시간 후에 동맥혈액가스분석을 시행하였고 이 때 FiO₂ 0.3에서 pH 7.48, PaO₂ 179.8 mmHg, PaCO₂ 31.7 mmHg, BE 0.8, SaO₂ 99.3%를 보였다. 기계적환기 실시 22시간만에 T-piece를 이용하여 이탈을 시도하였다. 이 후 환자에게 기관내 튜브로 3 L/min 산소를 공급하였으며 환자의 혈압과 심박동수는 정상 범위였고 맥박산소계측기에서 산소포화도 98% 이상 계속 유지되었으며 의식 상태는 명료하여 눈으로 의사소통을 할 수 있어서 이탈 시도 2시간 후 발관을 하였다. 이 후 환자는 산소포화도가 98% 이상으로 유지되었으며 발관 5시간 후 병동으로 옮겼고 수술 후 4일째 아무런 문제없이 퇴원하였다.

고 찰

수술 후 폐합병증은 전신마취가 폐에 끼치는 영향 때문에 발생하며 이러한 것들로는 기능적 잔기용량의 감소, 횡격막 기능 이상으로 인한 무기폐의 발생, 기도 자극에 의한 기도 반응성의 증가로 인한 분비물의 과다 분비, 기관지경련이나 후두경련 등이 있을 수 있고 그 중 하나가 후두경련에 의한 상기도 완전폐쇄이다.¹⁾

후두경련에 의한 상기도 완전폐쇄는 폐부종을 유발하기도 한다. 폐부종은 폐정수압 증가, 혈장 삼투압의 감소, 폐모세혈관 투과성의 증가 등이나 이들이 복합된 경우 그리고 원인을 알 수 없는 기전에 의해 발생할 수 있다고 생각할 수 있다.²⁾ 후두경련으로 인한 급성 상기도 폐쇄가 발생하면 흉곽내 음압이 증가하고 이로 인해 폐모세혈관에서 간질로 수분이 이동하여 폐부종이 발생할 수 있으며,^{3,4)} 본 증례에서는 기관내튜브 발관 후 급성 상기도 폐쇄에 의해 폐부종이 발생된 것으로 생각된다. 상기도 폐쇄로 인한 폐부종 발생에 대한 보고들이 있으며^{3,5)} 이는 저산소증으로 인한 교감신경 자극으로 전신 혈관의 수축과 폐동맥압의 증가로 폐부종을 발생한 것으로 볼 수 있다. 본 증례는 후두경련에 의해 상기도 폐쇄 후 폐부종이 발생한 것으로 생각되며 그 기전은 명확하지 않지만 후두경련에서 환자의 흡기 노력은 순간적으로 흉곽 내 음압을 증가시키고 그러므로 증가된 경폐음압이 원인이 될 수 있을 것이고 또한 후두경련에 의한 저산소증도 폐부종의 원인일수 있을 것이다.

원인이 무엇이든지 간에 급성 폐부종은 즉시 치료하지 않으면 심각한 결과를 초래할 수 있으며 수액 제한과 혈관내 용량을 정상화, 그리고 적절한 기계적 양압보조호흡이 치료에 중요하다고 한다.⁶⁾

이외에 논란의 여지가 남아 있으나 폐의 기계적 손상 시 steroid가 도움이 될 수 있다고 하며⁷⁾ 본 증례에서도 경폐음압의 증가로 인한 압력손상이 있을 것으로 생각하여 저자들도 steroid를 사용하였다. steroid는 lysosome을 유지하고 모세혈관 투과성을 감소시키고 염증을 억제, 예방할 수 있다고 하였으며⁸⁾ 이는 폐부종의 직접적인 치료보다는 악화 예방을 목적으로 사용되어 왔으며 본 증례의 경우에서도 이러한 효과를 기대하며 사용하였다.

또한 저자들은 폐부종의 감소를 위한 고식적인 치료로써 furosemide 20 mg을 사용하였으나 Foley catheter를 유지하지 않은 상태였으며 BUN과 Creatinine 등의 정확한 측정을 하지 못하였으므로 약제의 정확한 효과를 평가하기는 힘들다고 생각된다. 하지만 본 증례에서는 폐부종의 원인이 수액의 과다라고 보기는 힘들며 염증 반응의 하나인 투과성의 증가가 주된 원인이라고 생각되고 Hyers는 이런 경우에

이노제의 사용은 폐부종을 감소시키지 못한다고 보고하였다.⁹⁾

본 증례에서 저자들은 폐부종의 발생을 인지한 즉시 기관지 확장제의 분무와 함께 폐내진동환기법을 이용하여 치료를 시작하였으며 40분 후에 괄목할만한 효과를 볼 수 있었다.

폐내진동환기법은 작은 호흡량으로 고빈도 호흡을 시키는 방법으로 폐내에 진동을 가하고 가슴을 하며 폐내 투약을 해줌으로써 폐내 분비물을 기계적으로 혹은 화학적으로 제거해 주는 방법이다. 또한 폐내진동환기법은 폐울혈을 동반한 급성 폐쇄성 질환 환자와 각종 수술 후 기관지 분비물의 축적 혹은 무기폐가 생긴 환자 그리고 폐내 이물질 제거후의 치료에 적용될 수 있으며 양압 환기법에 의한 폐손상을 피하면서 환자에게 적절한 산소화를 가능케하고 분비물 제거에도 용이하며 특히 환자를 편안케(comfortable) 해줄 수 있는 환기법이다.

기존의 고식적인 환기법은 큰 일회호흡량(large tidal volume)을 사용하며 일반적으로 적절한 가스교환을 제공하지만 때때로 높은 기도 압력, 순환 억제, 폐 공기 누출 등의 부작용등이 발생할 수 있으며 특히 폐손상의 급성기에는 이러한 부작용은 폐질환의 악화를 초래한다고 한다.¹⁰⁾ 이러한 고식적 환기법을 이용한 인공환기기에 의한 폐손상을 피하기 위하여 고빈도환기법(high frequency ventilation, HFV) 등이 개발되었다.¹¹⁾

고빈도환기법(HFV)은 평균기도압력의 증가, 최대흡기압력을 감소시키고 심혈관계에 영향을 미치지 않으면서 급성호흡곤란증후군에서 산소화를 개선시킬 수 있었다. 또한 작은 호흡용적과 큰 호기말용적(high end-expiratory volume)으로 고식적 환기시에 생기는 폐손상을 줄일 수 있으며 높은 호흡 횟수로 정상에 가까운 동맥혈 이산화탄소 수준을 유지할 수 있다.^{12,13)} 고빈도환기법의 한 방법인 폐내진동환기법은 통상 일회 호흡량 이하의 작은 용적으로 분당 200회 이상의 고빈도 호흡을 통해 폐내 진동을 가하고, 가슴 및 폐내 투약을 가능케 함으로써 무기폐를 재확장시키며 분비물 제거를 쉽게 하여 가스 교환을 개선시키기 위해 고안되었다. 또한 폐내진동환기기는 Phasitron이라는 독특한 장치를 통해 25-40 psi의 압력으로 분당 100-200회 이상의 박동성 환기(percussive ventilation)를 가하여 닫힌 폐포를 열고 가스 교환이 이루어지게 하며 동시에 분무기를 통하여 가습, 약물 투약을 할 수 있다.¹³⁾ 이 때 racemic epinephrine의 사용이 권장되며 이것은 기관지 모세혈관을 수축시켜 폐울혈을 감소시키고 동시에 기관지 확장효과를 볼 수 있다고 한다.¹⁴⁾

폐내진동환기법에 대한 장기적인 대단위 연구가 현재까지는 이루어지지 않았으나 여러 증례보고에서¹⁵⁻¹⁸⁾ 무기폐,

분비물 정제, 만성폐쇄성폐질환, 신경근질환의 경우에서 좋은 효과를 보였다.

본 증례는 고도의 비만 환자에서 급성 상기도 폐쇄가 발생하여 흉곽내 음압의 증가로 폐모세혈관의 투과성 증가와 저산소증에 의한 급성 폐부종이 발생한 경우로 생각되어지며 저자들은 급성기에 폐내진동환기법을 사용하였고 짧은 시간에 좋은 효과를 보았다.

결론적으로 폐내진동환기법은 급성 폐부종의 치료에서 급성기에 과도한 기도 압력에 의한 더 이상의 폐손상을 피하면서 적절한 산소화가 가능하며 이 외에 기관내 약물 투여와 효과적인 분비물의 제거를 해줄 수 있는 치료법이라 생각되며 이에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Rock P, Rich PB: Postoperative pulmonary complication. *Curr Opin Anaesthesiol* 2003; 16:123-31.
2. Robin ED, Cross CE, Zelis R: Pulmonary edema II. *N Eng J Med* 1973; 288: 292-304.
3. Weissman C, Damask MC, Yang J: Noncardiogenic pulmonary edema following laryngeal obstruction. *Anesthesiology* 1984; 60: 163-5.
4. Jackson FN, Rowland V, Crossen G: Laryngospasm-induced pulmonary edema. *Chest* 1980; 78: 819-921.
5. Kang YH, Kil HK, Kim JR: Noncardiogenic pulmonary edema following upper airway obstruction - a case report. *Korean J Anesthesiol* 1986; 19: 96-100.
6. Oswalt CE, Gates GA, Holmstrom FM: Pulmonary edema as a complication of acute airway obstruction. *Rev Surg* 1977; 34: 346-7.
7. Franz JL, Richardson JD, Grover FL: Effect of methyl prednisolone sodium succinate on experimental pulmonary contusion. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1974; 68: 842-4.
8. Wilson JW: Treatment or prevention of pulmonary cellular damage with pharmacologic dose of corticosteroid. *Surg Obst Gynecol* 1972; 134: 675.
9. Hyers T, ARDS: The therapeutic dilemma. *Chest* 1990; 97: 1025.
10. Dreyfuss D, Sauman G: State of the art; Ventilator-induced lung injury; lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157: 294-323.
11. Krishnan JA, Brower RG: High-frequency ventilation for acute lung injury. *Chest* 2000; 118: 795-807.
12. Velmahos GC, Chan LS, Tatevossian R, Edward E: High-frequency percussive ventilation improves oxygenation in patients with ARDS. *Chest* 1999; 116: 440-6.
13. Langenderfer B: Alternatives to percussion and postural drainage: A review of mucus clearance therapies. *J Cardiopulm Rehabil* 1998; 18: 283-9.
14. Hariprakash S, Alexander J, Carroll W: Randomized controlled trial of nebulized adrenaline in acute bronchiolitis. *Pediatric Allergy & Immunology* 2003; 14: 134-9.
15. Hommick D, Pope J, Stegmaier J, Besunder J: Persistent pulmonary consolidation therapy on pulmonary complications of cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol* 1991; 11: 265-71.
16. Deakins K, Chatbum LC: Pilot study of intrapulmonary percussive ventilation for treatment of a atelectasis in the intubated pediatric patient. *Resp Care* 1999; 44: 1248.
17. Deakins K, Smith P, Cancelliere S: Comparison of conventional CPT with intrapulmonary percussive ventilation for treatment of atelectasis in the intubated pediatric patient. *Resp Care* 1999; 44: 1248.
18. Stucki P, Scalfaro P, De Halleux Q: Successful management of severe respiratory failure combining heliox with noninvasive high-frequency percussion ventilation. *Crit Care Med* 2002; 30: 692-4.