

천식 지속 상태 환자에서 압력 조절 환기법의 사용

— 중례보고 —

연세대학교 의과대학 마취과학교실, 호흡기 내과학교실*

이상열 · 이석균 · 고신옥 · 김종래 · 김세규*

= Abstract =

Pressure Controlled Ventilation (PCV) in a Patient with Status Asthmaticus — a case report —

Sang Yeol Lee, M.D., Suk Kjun Lee, M.D., Shin Ok Koh, M.D., Jong Rae Kim, M.D. and Se Kyu Kim, M.D.*

Department of Anesthesiology and Department of Internal Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea*

High peak inspiratory pressure during control-mode ventilation (CMV) with volume cycled ventilator is associated with increased risk of barotrauma.

Pressure controlled ventilation can reduce peak inspiratory pressure and barotrauma, and provide for adequate gas exchange.

We present a case of the patient of status asthmaticus in whom we used pressure control ventilation of lower inspiratory pressure (initially 45 cmH₂O) with good outcome during midazolam infusion.

At the admission to the ICU, the peak inspiratory pressure was 80 cmH₂O with control-mode ventilation of volume cycled ventilator and respiratory acidosis developed (pH: 7.20, PaCO₂: 64.1 mmHg). After changing the volume control mode to pressure controlled mode, the peak inspiratory pressure could be reduced from 80 cmH₂O to 45 cmH₂O with improvement of respiratory acidosis. From our experience, we recommend the application of pressure control ventilation safely to the patients in whom peak inspiratory pressure is high enough to induce barotrauma, if expired tidal volume is monitored.

Key Words : Status asthmaticus, Pressure control ventilation, Midazolam infusion

환기기(ventilator)에는 용량 주기형 환기기(volume-cycled ventilator), 시간-유량 주기형 환기기(time-flow cycled ventilator), 압력 주기형 환기기(pressure-cycled ventilator) 등의 종류가 있고 환기양식에는 조절양식(control mode), 보조양식(assist mode), 간헐적 강제 환기법(intermittent mandantory ventilation, IMV)등이 있다. 천식 지속 상태(status asthmaticus)

환자에서 환기기 보조(ventilator support)가 필요할 때는 적절한 가스 교환을 유지하기 위해 내재성 호기말양압(intrinsic PEEP)과 압력상해(barotrauma)를 최소화해야 한다^{1,2)}. 이에 저자들은 기관지 천식 지속 상태 1예에서 압력 조절 환기(PCV)을 사용하여 최고흡기압을 감소시키고 적절한 가스교환을 유지하였기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례

환자는 55세된 남자로서 내원 2일전부터 기관지 천식 발작 (bronchial asthma attack)으로 인한 호흡곤란으로 응급실에 내원하여 치료를 받던 중 천식 지속 상태로 진행되어 응급실 재실 4일째 내경 7.0 mm 기관내 튜브로 기관내 삽관한 상태로 환기 기 보조를 위해 중환자실에 입실하였다.

본 환자는 5년전부터 본원 호흡기 내과에서 기관지 천식으로 치료를 받아왔으며 그동안 사용한 부신피질호르몬제인 steroid 투여로 인해 1년전부터 당뇨병이 합병되었고, 내원 5개월전에는 약 1개월간 천식 지속 상태 및 당뇨병으로 중환자실에 입원한 과거력이 있었다.

내원 당시 환자의 몸무게는 67.5 Kg, 혈압 130/100 mmHg, 맥박수 142 회/분, 문진 소견상 기침, 객담, 심한 호흡 곤란이 있었고, 이학적 검사상 양 측폐야에 천명이 들렸다. 혈액검사, 심전도 검사상 특이한 이상은 발견되지 않았으며, 혈당 검사상 326 mg/dl로 증가된 소견을 보였고, 흉부 X-선 사진상 양측 폐가 과대팽창되어 있었다(사진 1).

응급실 재실 2일째 비 카테테르(nasal catheter)를 통한 산소 1.5 L/min 투여중 시행한 동맥혈 가스분석에서 pH 7.39, PO₂ 99 mmHg, PCO₂ 27 mmHg, 산소 포화도 99%이었으나 응급실 재실 4일째 천식 지속 상태 당시 시행한 동맥혈 가스 분석상 pH 7.02, PO₂ 37 mmHg, PCO₂ 105 mmHg, 산소 포화도 43%이었다(표 1). 내경 7.0 mm 기관내 튜브로 기관내 삽관후 중환자실로 입실하여 용량 주기형 환기기인 Puritan Bennett-7200 (Puritan-Bennett Corporation, Santa Monica, USA)으로 일회 환기량 700 mL, 환기횟수 15회/분, F_IO₂(흡인산소분율) 0.5로 조절환기 시행후, 동맥혈 가스 분석은 pH 7.19, PO₂ 127 mmHg, PCO₂ 64 mmHg, 산소 포화도 98%으로 심한 호흡성 산증을 보였다(표 2). 최고 흡기압은 80 cmH₂O 이상으로 상당히 높았고(표 2) 환기기와와의 부조화(fighting)를 보였으며 당시 혈압 150-160/ 90-120 mmHg, 맥박수 135-156회/분이었다. Metocurine iodide (아주약품, 서울) 10 mg과

diazepam (한국로슈, 서울) 10 mg을 정주한 후에도 최고흡기압은 여전히 감소하지 않았고 흉부 X-선 사진상 폐의 과대팽창이 더욱 심해졌다 (사진 2). 이때 hydrocortisone sodium succinate(한국업존,서울)을 400 mg/day에서 600 mg/day로 증량하고 aminophylline(대한약품, 서울)은 10-20 mg/min로 점적 주입하였으며, 천식발작이 있을 때마다 epinephrine(대한약품, 서울) 0.3-1.0 mg을 피하 주사함에도 (표 3) 증상의 호전이 없어 동일 기종의 환기기를 이용하여 압력 조절 환기(pressure control ventilation)를 시행하기로 하였다. 진정효과를 위해 midazolam(한국로슈, 서울)을 3 µg/kg/minute의 용량으로 점적주입하였고, 흡기압 (setting inspiratory pressure) 45 cmH₂O로 일회 환기량 660 mL를 얻을 수 있었고, 환기횟수 15회/분, F_IO₂ 0.5에서 PaO₂ 133 mmHg, PaCO₂ 44 mmHg의 적절한 가스 교환을 유지할 수 있었다(표 2). 환자의 가스 교환이 원활히 유지되고 흉부 X 선상 과대 팽창 결과도 호전을 보였다(사진 3). 흡기압(setting inspiratory pressure)을 점점 감소시켜 중환자실 입실 2일째 최고 흡기압 35 cmH₂O하에서, PaO₂ 157 mmHg, PaCO₂ 33 mmHg을 얻을 수 있었고(표 2), 당시 혈압 110-140/80-90 mmHg, 맥박수 99-107 회/분으로 안정된 상태였다. 최고 흡기압을 18 cmH₂O로 점점 감소시켜도 일회 환기량이 700 ml 이상으로 감시되고 F_IO₂, 환기횟수 분당 15 회에서 PaO₂ 99 mmHg, pH 7.48, PaCO₂ 35 mmHg, 산소 포화도 98%로 중환자실에 입실 당시보다 비교적 적절한 가스 분석 결과를 얻을 수 있었다. 중환자실 입실 3일째 일차

표 1. 응급실에서 동맥혈 가스 분석

ER day	Oxygen* (L/min)	pH	PO ₂ (mmHg)	PCO ₂ (mmHg)	Oxygen sat(%)	Remark
2일	1.5	7.39	99	27	99	spontaneous breathing
4일	1.5	7.02	37	105	43	at status asthmaticus

*Oxygen flow through nasal cannula

ER day is calculated from the day of the admission to the emergency room

성 간헐적 강제환기법 (synchronized intermittent mandatory ventilation, SIMV)를 거쳐 T-piece로 환기 보조를 중지한 후에 중환자실 입실 4일째 발관하고 중환자실 입실 6일째 일반 병실로 전원하였다.

고 찰

천식 지속 상태 (status asthmaticus)는 기관지

폐쇄 정도가 초기 단계부터 심하거나 시간이 지남에 따라 심해져 epinephrine이나 aminophylline등과 같은 일상 요법으로 30-60분내에 완화되지 않는 급성 천식 발작(acute asthmatic attack)으로 정의하며¹⁻³⁾ 이러한 환자의 환기기 보조시는 내재성 호기말 양압과 압력상해를 최소화하면서 적절한 가스 교환을 유지하는 것이다^{1,2)} 환기기 보조를 시행받는 천식 지속상태의 환자 사망율은 약 10%에서 38%까지 보

사진 1. 응급실 입원 당시의 흉부 X-선 사진. 양측 폐의 과대팽창된 소견을 보임

사진 2. Volume control mode 환기 후의 흉부 X-선 사진. 양측 폐의 과대팽창이 더욱 심해진 소견을 보임

사진 3. Pressure control mode 환기 후의 흉부 X-선 사진. 양측 폐의 과대팽창이 호전된 소견을 보임

표 2. 중환자실 (ICU)에서의 환기 상태 및 동맥혈 가스 분석

ICU day	Ventilator care					Arterial blood gas			
	mode	RR	F _I O ₂	PIP (cmH ₂ O)	V _T /V _{TE} (ml)	pH	PO ₂ (mmHg)	PCO ₂ (mmHg)	Oxygen sat(%)
1일	volume control	15	0.5	80	700/660	7.19	127	64	98
1일	PCV	15	0.5	45	/660	7.32	133	44	99
1일	PCV	15	0.5	35	/750	7.36	147	37	99
2일	PCV	15	0.5	35	/820-980	7.42	157	33	99
2일	PCV	15	0.4	18	/700	7.48	99	35	98
3일	T-piece		0.5			7.49	140	24	99
4일	extubation oxygen mask		0.5			7.45	83	32	97

ICU day is calculated from the day of the admission in ICU.

PIP : peak inspiratory pressure

PCV : pressure control ventilation

V_T : inspired(setting) tidal volume

V_{TE} : expired tidal volume

RR : setting respiratory rate

표 3. 환자의 투약 기록

약 품	용 량	투약 경로
Hydrocortisone	600 mg, 6번에 나누어 투여함	정 주
Aminophylline	10-20 mg/min	점적 주입
Epinephrine	0.3-1.0 mg	피하 주입
Midazolam	1.5-3.0 µg/kg/min	점적 주입

고되었고^{1,4)} 이러한 높은 사망율의 주 원인은 부적절한 환기, 순환부전 및 압력상해를 초래하는 기관내압의 증가로 설명하고 있다⁴⁾.

본 천식 지속상태 환자에서는 용량 주기형 환기기로 일회 환기량 700 mL, 환기횟수 15회/분의 조절환기시, 최고흡기압은 80 cmH₂O로 증가하였고 PaCO₂ 60 mmHg 이상으로 호흡성 산증을 보였다. 압력 조절환기기로 전환 후에 흡기압 45 cmH₂O로 환기량 660ml를 얻을 수 있었고, 환기횟수 15회/분, FiO₂ 0.5에서 PaO₂ 133 mmHg, PaCO₂ 44 mmHg로 호흡성 산증의 호전을 나타내고 있다(표 2).

이와 같이 천식 지속상태의 환자에서 용량 조절 환기는 일정한 일회 환기량을 유지할 수 있으나⁵⁾ 높은 최고 흡기압(peak inspiratory pressure)으로 인한 압력상해의 위험도가 높다^{1,6)}. 본 증례에서도 최고 흡기압이 80 cmH₂O로 높았고 또한 흉부 X-선 사진상 일원당시보다 폐가 과대팽창된 소견을 보였다. 이는 천식 지속상태의 병태생리인 호기시 기도저항의 증가^{1,2)}로 공기저류 (air trapping)가 됐기 때문이라고 생각되며 일반적으로 이러한 환자의 환기기 보조시 압력상해의 위험도를 최소화하기 위해 최고 흡기압은 50 cmH₂O 이하로 유지하는 것이 바람직하다고 한다^{1,4,7)}.

이에 반해 압력 조절 환기는 환자가 자발호흡을 하거나 환기기와 부조화시에 환자에게 전달되는 일회 환기량이 일정하지 않으므로^{8,10)}, 호기시의 일회 환기량을 지속적으로 감시하여야하는⁹⁾ 단점이 있으나, 본 예에서와 같이 일회 환기량을 감시할 수 있는 환기기가 있다면 이 단점을 보완할 수 있을 것이다. 압력 조절 환기는 용량 조절 환기시 초래되는 폐의 과대팽창을 방지하고¹¹⁾ 미리 정해진 흡기시간

과 최고 흡기압으로 호흡계에 누적된 압력을 제공해 폐포를 지속적으로, 최대한 신장시켜서 흡기말 기관내압과 폐포압력이 평형이 되게하는¹⁰⁾ 장점이 있다. David Latin 등⁶⁾은 일측폐 절제술을 시행받은 최고흡기압이 높은 환자에서 압력 조절 환기를 적용해서 최고 흡기압이 감소하고 적절한 가스 교환의 결과를 보고했는데, 본 중례에서도 압력 조절 환기를 이용하여 최고 흡기압을 감소시켜 흉부 X-선상 폐의 과대팽창이 감소하였고 (사진 3) 적절한 가스 교환의 결과를 얻었다.

압력 조절 환기시 환자와 환기기와 부조화를 방지하기 위해서, 진정제인 midazolam, 3 $\mu\text{g/kg/minute}$ 를 점적주입하여 환자는 적절히 진정되었고 비교적 일정한 일회 환기량을 얻을 수 있었으며 발관시까지 1.5 $\mu\text{g/kg/minute}$ 의 농도로 점적 주입하였으나 본 중례에서는 혈압 110-130/70-90 mmHg, 맥박수 89-106회/분로 midazolam으로 인한 심혈관계 및 호흡계의 부작용은 없었다¹²⁾.

천식 지속상태의 기관내 삽관은 내경 8.0 mm 이상 크기의 기관내 튜브가 추천되나¹⁾ 본 중례에서는 내경 7.0 mm로 기관내 삽관을 시행하였다. 이로 인한 최고 흡기압의 증가도 있었으리라 생각되나 기관내 튜브의 교환없이도 압력 조절 환기를 적용하여 최고 흡기압을 감소시킬 수 있었다. 압력 조절 환기에서 환기보조 이탈시 압력 보조 환기(pressure support ventilation, PSV)를 이용할 수도 있으나 본 예에서는 일치성 강제 환기(synchronized intermittent ventilation)양식으로 전환하였고, 근육 이완제를 사용하지 않고 진정제만을 투여하였으므로 근육의 힘이 쉽게 회복됐으리라 사료된다.

결론적으로 최고 흡기압이 높고, 흉부 X-선상 폐가 과대팽창되었고, 동맥혈 가스 분석상 호흡성 산증 결과를 보인 천식 지속 상태 1예에서 압력 조절 환기를 적용하여 최고흡기압을 감소시켜 압력상해를 예방하였고, 적절한 일회 환기량과 가스 교환을 유지할 수 있었기에 최고 흡기압이 높은 환자에게 압력 조절 환기 양식을 추천할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Rippe JM, Irwin RS, Alpert JS, Fink MP. *Intensive care medicine*. 2nd ed. Boston: Little, Brown and Company. 1991; 454-68.
- 2) Hall JB, Wood LDH. *Management of the critical ill asthmatic patient*. *Medical Clinics of North America* 1980; 4: 779-96.
- 3) Darioli R, Perret C. *Medical controlled hypoventilation in status asthmaticus*. *Am Rev Respir Dis* 1984; 129: 385-7.
- 4) Bone RC, Burch SG. *Management of status asthmaticus*. *Annals of Allergy* 1991; 67: 461-9.
- 5) Dales RE, Munt PW. *Use of mechanical ventilation in adults with severe asthma*. *Can Med Assoc J* 1984; 130: 391-5.
- 6) Latin D, Crocker EF Jr, Chaudhary BA, Rubin JW. *Reduction of peak inspiratory pressure using high frequency jet ventilation and pressure control ventilation following pneumonectomy*. *Chest* 1990; 98: 229-30.
- 7) Synder JV, Carroll GC, Schuster DP, Culpepper J, Klain M. *Mechanical ventilation: physiology and application*. *Current problems in surgery* 1984; 1-84.
- 8) Shapiro BA, Kacmrek RM, Cane RD, William TP, David H. *Clinical application of respiratory care*. 4th ed. St. Louis: Mosby Year Book. 1991; 316-8.
- 9) Santo GD. *A rational basis for anesthesiology*. 1st ed. Padua: Piccin Nuova Libreria. 1990; 357-85.
- 10) Tobin MJ. *Principles and practice of mechanical ventilation*. 1st ed. New York McGraw-Hill. 1994; 305-17.
- 11) Tharratt RS, Allen RP, Albertson TE. *Pressure controlled inverse ratio ventilation*

in severe adult respiratory failure. Chest
1988; 94: 755-62.

Longnecker DE. Principle and practice of
anesthesiology. 1st ed. St. Louis: Mosby-Year
Book. 1993; 1131-54.

12) Rogers MC, Tinker JH, Cobino BG,
