

# 신생아 호흡곤란 증후군에서 volume-controlled ventilation과 pressure-limited ventilation의 효과에 관한 비교연구

대구파티마병원 소아청소년과

김재진 · 황문종 · 이상길

= Abstract =

## Comparative study on effects of volume-controlled ventilation and pressure-limited ventilation for neonatal respiratory distress syndrome

Jae Jin Kim, M.D., Mun Jung Hwang, M.D. and Sang Geel Lee, M.D.

Department of Pediatrics, Fatima Hospital, Taegu, Korea

**Purpose** : In contrast with traditional time-cycled, pressure-limited ventilation, during volume-controlled ventilation, a nearly constant tidal volume is delivered with reducing volutrauma and the episodes of hypoxemia. The aim of this study was to compare the efficacy of pressure-regulated, volume controlled ventilation (PRVC) to Synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV) in VLBW infants with respiratory distress syndrome (RDS).

**Methods** : 34 very low birth weight (VLBW) infants who had RDS were randomized to receive either PRVC or SIMV with surfactant administration : PRVC group (n=14) and SIMV group (n=20). We compared peak inspiratory pressure (PIP), duration of mechanical ventilation, and complications associated with ventilation, respectively with medical records.

**Results** : There were no statistical differences in clinical characteristics between the groups. After surfactant administration, PIP was significantly lower during PRVC ventilation for 48hrs and accumulateve value of decreased PIP was higher during PRVC ventilation for 24hrs ( $P<0.05$ ). Duration of ventilation and incidence of complications was no significant difference.

**Conclusion** : PRVC is the mode in which the smallest level of PIP required to deliver the preset tidal volume in VLBW infants with RDS, adaptively responding to compliance change in lung after surfactant replacement. (Korean J Pediatr 2010;53:21-27)

**Key Words** : Mechanical ventilation, Respiratory distress syndrome, Volume control, Pressure regulate

### 서 론

오늘날의 인공호흡기 치료는 인공환기로 인한 폐손상을 최소화하는데 초점을 맞추고 있으며, 이를 위해 안정적 호흡상태에서 빠른 이탈(weaning) 및 경비식 지속 기도양압(nasal continuous positive airway pressure, nCPAP)으로의 조기전환을 기본으로 하고 있다. 최근 신생아에서 인공호흡기 관련 폐손상 및 압력제한방식 인공호흡기의 단점에 대한 연구가 활발해지면서 용적조절방식의 인공호흡기가 대두되고 있다. 저자들은 신생아 중환자실에서 두 인공호흡기의 방식을 경험하였고 비교연구가 필요

할 것으로 생각되었다.

성인에서 용적조절(volume-controlled)방식의 인공호흡기가 일찍이 사용되어져 온 것과는 달리 신생아, 특히 신생아 호흡곤란 증후군이 있는 극소 저출생 체중아에서는 매우 작은 일회호흡량(tidal volume)의 적용에 따른 기술적인 어려움과<sup>1)</sup> 삽관된 튜브 주위의 공기 누출(air leak) 및 폐유순도가 감소하거나 기도 저항이 증가하는 경우 폐의 과팽창에 의한 폐손상의 염려<sup>2)</sup>, 그리고 인공호흡기의 튜브 및 가슴기 내 공간의 압축용적(compressed volume, 1 mL/L/cmH<sub>2</sub>O)으로 인한 정확하고 일관된 일회호흡량 유지의 기술적 한계 등의 문제점으로 인해 전통적으로 시간주기(time-cycled), 압력제한(pressure-limited)방식의 간헐적 강제 환기요법(intermittent mandatory ventilation, IMV)이 주로 사용되어져 왔다. 그러나, 이는 폐의 과팽창, 압력상해, 심박출량의 저하, 진정제의 과다한 투여, 그리고 인공환기 기간의 연장 등의 문제점<sup>3)</sup>을 안고 있다. 동시성 간헐적 강제 환기요법(synchronized intermittent mandatory ventilation, SIMV)

Received : 28 July 2009, Revised : 19 September 2009

Accepted : 2 November 2009

Address for correspondence : Sang Geel Lee, M.D.

Department of Pediatrics, Daegu Fatima Hospital, 576-31 Sinam-dong, Dong-gu, Daegu, 701-600, Korea

Tel : +82.53-940-7244, Fax : +82.53-954-7417

E-mail : sgleeped@korea.com

및 압력지지(pressure support, PS) 방식의 도입은 이런 문제점들을 어느 정도 완화하는데 성공하였으나<sup>4, 5)</sup>, 이와 같은 압력제한방식은 폐유순도 및 기도 내 저항의 변화에 일정한 최대 흡기압(peak inspiratory pressure, PIP)의 유지를 위해 다양한 일회호흡량을 갖게 된다. 특히 신생아 호흡 곤란 증후군에서 폐표면 활성제 보충요법 후 폐유순도의 급격한 호전에 상응하는 폐용적의 유지를 위해 필요한 감압이 적절하게 이루어지지 않아, 과도한 일회호흡량으로 인한 용적손상을 유발할 수 있다.

일회 호흡량의 제한이 기도삽관에 의한 인공환기에 의해 유발된 폐손상을 최소화 할 수 있고 임상적으로 더 나은 예후를 나타낸다는 연구결과가 보고되면서<sup>6, 7)</sup>, 인공환기의 방식에 대한 많은 연구가 이루어져 왔으며, 용적조절방식을 토대로 한 새로운 기술의 도입은 VAPS (volume-assured pressure support), PRVC (pressure-regulated, volume-controlled), volume-guaranteed pressure-limited 등의 다양한 용적조절모드의 개발을 가능하게 하였다<sup>2)</sup>. 용적조절방식은 폐유순도와 기도 내 저항의 변화와는 독립적으로 미리 설정해둔 일회 호흡량을 최소한의 압력으로 일정하게 유지할 수가 있어<sup>1)</sup>, 폐유순도의 호전에 상응하는 자동적 흡기압 감소가 이루어지므로 이로 인한 용적손상을 최소화 할 수 있다. 특히, PRVC는 일회 호흡량의 유지 및 최대압의 설정이 가능하여 용적손상, 압력손상 그리고 폐외 공기 누출의 최소화가 가능하다<sup>2)</sup>.

국내에도 극소 저출생 체중아에서 volume guaranteed ventilation의 유용성에 관한 비교연구 자료가 있으나<sup>8)</sup>, 용적조절방식의 인공환기에 대한 연구보고는 많이 부족한 실정이다. 이에 저자들은 신생아 호흡곤란 증후군이 있는 극소 저출생 체중아들을 대상으로 PRVC와 기존의 SIMV의 비교를 통하여 용적조절방식 인공환기의 효과와 그 유용성에 대해서 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상 및 분류

2007년 5월부터 2008년 4월까지 12개월 동안 대구 파타마 병원에서 출생하여 신생아 중환자실에 입원한 환자 중 출생 체중이 1,500 g 미만이고, 신생아 호흡곤란 증후군이 있어 기도삽관에 의한 인공호흡기 치료와 폐표면 활성제를 투여한 환자 34명을 대상으로 하여 의무기록지를 토대로 후향적 조사를 시행하였다. 이중 Siemens Maquet Servo-I (Maquet Critical Care, Solna, Sweden)를 사용한 14명을 PRVC군, Draeger Babylog 8000 plus (Draeger Medical, Luebeck, Schleswig-Holstein, Germany)를 사용한 20명을 SIMV군으로 하였으며 염색체 이상, 신생아 가사로 출생 후 48시간 이내에 사망한 환자, 쌍태아, 그리고 고빈도 환기요법(high-frequency ventilation, HFV) 및 흡입용 일산화질소를 사용한 환자, 반복된 기도삽관(reintubation)이 필요하였던 환자들은 연구대상에서 제외하였고, PRVC

또는 SIMV 중 한 가지만 사용하였던 환아를 대상으로 하였다. 이중 연구기간 내 사망한 환아는 없었다.

### 2. 방법

대상 환아의 임상적 특징으로 재태연령, 출생시 체중, 성별, 초극소 저출생 체중아의 비중, 1분 및 5분 Apgar 점수, 신생아 호흡곤란 증후군의 등급, 폐표면 활성제의 투여 횟수, 그리고 산모력으로 분만방법, 임신성 고혈압과 조기양막파수의 여부를 조사하였다.

임상증상, 흉부 방사선 소견, 그리고 동맥혈 가스 검사를 종합하여 신생아 호흡곤란 증후군을 진단하였고, 출생 후 2시간 이내 기도삽관을 통한 폐표면 활성제의 초회 투여와 인공환기요법이 이루어졌다. 인공호흡기 치료는 동맥혈 검사를 시행하여 pH는 7.25-7.45, PCO<sub>2</sub> 45-55 mmHg, PaO<sub>2</sub> 60-80 mmHg, 맥박 산소 계측(pulse oxymetry)에서 산소포화도 90%이상 유지를 목표로 하였으며, 흡입 산소 농도(fraction of inspired oxygen, FiO<sub>2</sub>)가 0.4 이하, 분당 호흡수가 15회 이하에서 안정된 상태를 보이면서 환아의 자발적 호흡노력이 있는 경우 기도발관을 시행하였다<sup>9)</sup>. 연구군에서 이를 위해 미리 정해놓은 일회호흡량을 유지하기 위한 최대흡기압(peak inspiratory pressure, PIP)과 대조군에서 설정한 PIP를 비교하였다. 연구군의 일회호흡량은 호흡성 노력(respiratory effort)을 최소화하는 수준에서 정하였다(6 mL/kg)<sup>10)</sup>. 각 군에서 폐표면 활성제 사용전과 사용후 1, 6, 12, 24, 48, 72시간이 지난 후의 PIP값과 감압된 PIP의 누적값을 그림으로 나타내었고, 기도발관까지 걸린 시간, 그리고 기도발관 후 nCPAP의 사용기간을 포함한 전체 인공환기 기간을 분석하였으며, 폐표면 활성제 사용 후 각각 24, 48, 72시간 안에 기도발관이 이루어졌던 경우를 비교하였다. 두 군에서 폐표면 활성제 사용 후 급격한 폐유순도의 개선에 의한 PIP값의 변화와 연구군에서의 일정한 일회호흡량은 모니터상의 그래프를 통해 관측이 가능하였다.

또한 호흡기 합병증으로 기흉을 포함한 폐외 공기 누출(pulmonary air leakage), 기관지폐 이형성증(broncho-pulmonary dysplasia, BPD), 폐고혈압(pulmonary hypertension, pul. HTN), 비호흡기 합병증으로 미숙아 망막증(retinopathy of prematurity, ROP), 뇌실내 출혈(intraventricular hemorrhage, IVH), 동맥관 개존증(patent ductus arteriosus, PDA)을 조사하였으며, 전체 입원기간을 알아보았다. 폐외 공기 누출은 임상증상과 흉부 방사선 검사로 진단하였고, 심장 초음파 검사를 통해 폐 고혈압을 관측하였다. 기관지폐 이형성증은 월경 후 주령 36주에 평가하여 21% 이상의 산소의존도를 최소 28일 이상 보였던 경우로 하였으며<sup>11)</sup>, 미숙아 망막증은 출생 후 3주에서 5주 사이에 시행한 선별 안저검사와 추적 관찰을 통해 미숙아 망막병증 분류 위원회의 국제 분류<sup>12)</sup>를 따라 3기 이상으로 하였다. 뇌실내 출혈의 경우 뇌초음파 검사로 선별하여 Perlman과 Rollins<sup>13)</sup>의 분류를 따라 3기 이상으로 정하였고, 동맥관 개존증은

3점 이상의 심혈관 곤란 점수(cardiovascular distress score)<sup>14)</sup>를 보이는 경우 심장 초음파 검사를 시행하여 동맥관내 혈류가 있는 경우로 정의하였다.

### 3. 통계분석

통계분석은 Window system의 SPSS program (version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 실시하였다. 두 군의 비교는 비모수적 방법인 Mann Whitney U test로 분석하였으며, 유의수준은  $P < 0.05$ 로 하였다.

## 결 과

### 1. 대상 환자의 임상 특성

총 34명의 대상환아중 PRVC군이 14명, SIMV군이 20명이었 다. 평균 재태연령은 PRVC군이  $29.5 \pm 1.4$ 주, SIMV군이  $29.2 \pm 1.2$ 주, 출생시 평균 체중은 PRVC군이  $1,207 \pm 215$  g, SIMV군이  $1,171 \pm 184$  g, 남아 환자의 수는 PRVC군에서 6명(43%), SIMV군에서 12명(60%), 출생 체중 1,000 g 미만의 초극소 저 출생 체중아의 경우 PRVC군에서 3명(21%), SIMV군에서 3명(15%)이었다. 기타, 1분 및 5분 Apgar 점수, 신생아 호흡 곤란 증후군의 등급, 폐표면 활성제 투여 횟수는 두 군에서 비슷하게 나타났으며, 산모력에서 제왕절개, 임신성 고혈압 및 조기양막파수의 유무에 있어서도 두 군의 차이는 없었다(Table 1).

**Table 1.** Characteristics of Study Infants

Characteristics	PRVC (n=14)	SIMV (n=20)	P value
GA (wks)	$29.5 \pm 1.4$	$29.2 \pm 1.2$	0.420
Birth weight (g)	$1,207 \pm 215$	$1,171 \pm 184$	0.516
Male, N (%)	6 (43)	12 (60)	0.487
ELBW, N (%)	3 (21)	3 (15)	0.672
Apgar score, 1 min	$4.9 \pm 1.5$	$4.9 \pm 1.4$	0.908
Apgar score, 5 min	$7.6 \pm 0.6$	$7.7 \pm 0.7$	0.668
RDS			
grade 1-2, N (%)	10 (71)	13 (65)	0.923
grade 3-4, N (%)	4 (29)	7 (35)	0.923
Number of surfactant replacement	$1.2 \pm 0.6$	$1.1 \pm 0.2$	0.283
N of C-sec (%)	5 (36)	5 (25)	0.704
PIH, N (%)	4 (29)	7 (35)	0.729
PROM, N (%)	2 (14)	5 (25)	0.672

Date are given as mean  $\pm$  SD.

Abbreviations : PRVC, pressure-regulated, volume-controlled ventilation; SIMV, synchronized intermittent mandatory ventilation; GA, gestational age; N, number; ELBW, extremely low birth weight; RDS, respiratory distress syndrome; C-sec, cesarean section; PIH, pregnancy induced hypertension; PROM, premature rupture of membranes

### 2. 폐표면 활성제 투여에 따른 PIP값의 변화

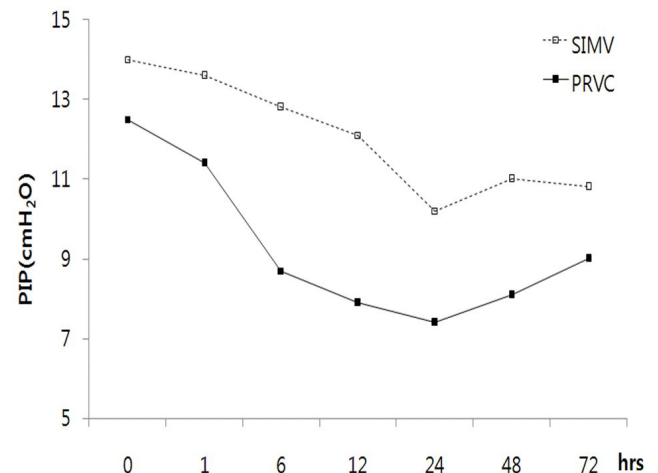
폐표면 활성제 투여전 PIP값( $\text{cmH}_2\text{O}$ )은 PRVC군에서  $12.5 \pm 0.9$ , SIMV군에서  $14.0 \pm 1.5$ 였다. 폐표면 활성제를 투여하고 1시간이 지난 후의 PIP값은 PRVC군에서  $11.4 \pm 1.1$ , SIMV군에서  $13.6 \pm 1.4$ , 6시간 후에는 PRVC군에서  $8.7 \pm 2.2$ , SIMV군에서  $12.8 \pm 1.2$ , 12시간 후에는 PRVC군에서  $7.9 \pm 2.3$ , SIMV군에서  $12.1 \pm 1.7$ , 24시간 후에는 PRVC군에서  $7.4 \pm 2.1$ , SIMV군에서  $10.2 \pm 1.9$ , 48시간 후에는 PRVC군에서  $8.1 \pm 2.0$ , SIMV군에서  $11.0 \pm 0.9$ 로 나타났으며, 이 기간동안 PRVC군에서 SIMV군에 비해 낮은 PIP값을 보였다( $P < 0.05$ ). 72시간이 지난 후에는 PRVC군에서  $9.0 \pm 4.2$ , SIMV군에서  $10.8 \pm 1.4$ 로 통계적 차이는 없었다(Fig. 1).

### 3. 폐표면 활성제 투여 후 감압된 PIP의 누적값

폐표면 활성제 투여 후 감압된 PIP ( $\text{cmH}_2\text{O}$ )의 누적값을 살펴 보면 1시간이 지난 후 PRVC군에서  $1.1 \pm 0.8$ , SIMV군에서  $0.4 \pm 1.4$ , 6시간 후에는 PRVC군에서  $3.8 \pm 2.2$ , SIMV군에서  $1.2 \pm 1.5$ , 12시간 후에는 PRVC군에서  $4.6 \pm 2.6$ , SIMV군에서  $1.9 \pm 1.9$ , 24시간 후에는 PRVC군에서  $5.1 \pm 1.4$ , SIMV군에서  $3.8 \pm 2.5$ 로 나타났으며 이 기간동안 PRVC군에서 SIMV군에 비해 PIP값의 감압이 두드러졌다( $P < 0.05$ ). 48시간 후에는 PRVC군에서  $5.0 \pm 2.7$ , SIMV군에서  $3.3 \pm 2.0$ , 72시간이 지난 후에는 PRVC군에서  $4.7 \pm 4.9$ , SIMV군에서  $3.3 \pm 2.3$ 으로 두 군에서 비슷하게 나타났다(Fig. 2).

### 4. 인공호흡기의 사용기간

기도발관까지의 기간은 PRVC군에서  $2.0 \pm 1.8$ 일, SIMV군에서  $3.1 \pm 2.5$ 일로 나타났으며, nCPAP을 포함한 인공호흡기의 전체



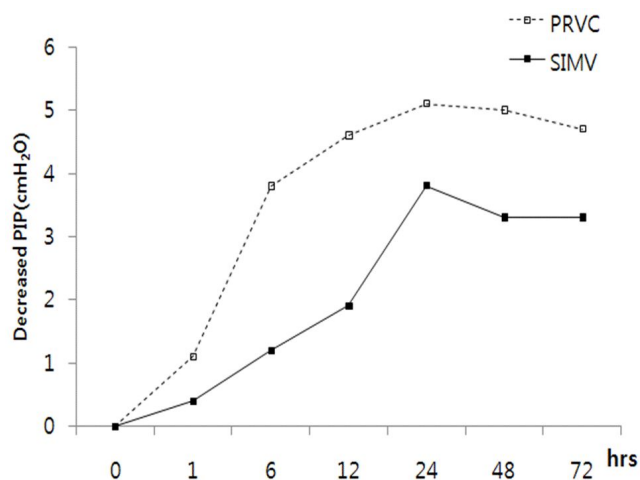
**Fig. 1.** Peak inspiratory pressure (PIP) is lower in PRVC group than SIMV group during 48hrs after surfactant replacement ( $P < 0.05$ ).

**Table 2.** Duration of Ventilator Care and Weaning between Two Groups

Characteristics	PRVC (n=14)	SIMV (n=20)	P value
Duration of ventilator care (days)	2.0±1.8	3.1±2.6	0.188
Duration of ventilator care with nCPAP (days)	5.5±2.7	6.0±2.8	0.658
N of weaning before 24 hrs (%)	4 (28.6)	2 (10.0)	0.202
N of weaning before 48 hrs (%)	7 (50.0)	9 (45.0)	1.000
N of weaning before 72 hrs (%)	12 (85.7)	12 (60.0)	0.141

Date are given as mean±SD.

Abbreviations : PRVC, pressure-regulated, volume-controlled ventilation; SIMV, synchronized intermittent mandatory ventilation; nCPAP, nasal continuous positive airway pressure; N, number



**Fig. 2.** Accumulative value of decreased peak inspiratory pressure (PIP) is higher in PRVC group than SIMV group during 24hrs after surfactant replacement ( $P<0.05$ ).

사용기간은 PRVC군에서 5.5±2.7일, SIMV군에서 6.0±2.8일로 나타났다. 24시간 안에 기도발관이 가능하였던 경우는 PRVC군에서 4례(28.6%), SIMV군에서 2례(10.0%), 48시간의 경우 PRVC군에서 7례(50.0%), SIMV군에서 9례(45.0%), 72시간의 경우 PRVC군에서 12례(85.7%), SIMV군에서 12례(60.0%)로 나타났다. 인공호흡기의 사용기간 및 기도 발관까지 걸린 시간에 있어 두 군의 차이는 없었다(Table 2).

**5. 합병증의 발생 빈도**

호흡기 관련 합병증으로 폐외 공기 누출의 경우 PRVC군에서는 0례(0%), SIMV군에는 3례(15%), 기관지폐 이형성증은 PRVC군에서 3례(21%), SIMV군에서 8례(40%), 폐고혈압의 경우 PRVC군에서 0례(0%), SIMV군에서 1례(5%)가 관찰되었다. 비호흡기 합병증으로 ROP는 PRVC군에서 2례(14%), SIMV군에서 8례(40%), 뇌실내 출혈의 경우 PRVC군에서 0례(0%), SIMV군에서 2례(10%), PDA의 경우 PRVC 군에서 3례(21%), SIMV군에서 6례(30%)로 나타났으며, 전체 입원 기간은 PRVC군에서 63±15일, SIMV군에서 65±17일로 나타났다. 조사한 모든 합병증과 입원 기간에서 두 군간의 통계적 차이는 없었다

**Table 3.** Incidence of Complications between Two Groups

	PRVC (n=14)	SIMV (n=20)	P-value
Pulmonary complication			
Pulmonary air leakage, N (%)	0 ( 0)	3 (15)	0.251
BPD, N (%)	3 (21)	8 (40)	0.295
Pulmonary HTN, N (%)	0 ( 0)	1 ( 5)	1.000
Non-pulmonary complication			
ROP, N (%)	2 (14)	8 (40)	0.141
IVH, N (%)	0 ( 0)	2 (10)	0.662
PDA, N (%)	3 (21)	6 (30)	0.704
Duration of Adm (days)	63±15	65±17	0.829

Date are given as mean±SD.

Abbreviations : PRVC, pressure-regulated, volume-controlled ventilation; SIMV, synchronized intermittent mandatory ventilation; N, number; BPD, bronchopulmonary dysplasia; HTN, hypertension; ROP, retinopathy of prematurity; IVH, intraventricular hemorrhage; PDA, patent ductus arteriosus; Adm, admission

(Table 3).

**고 찰**

본 연구결과 신생아 호흡곤란 증후군이 있는 극소 저출생 체중 아에서 폐표면 활성제를 투여하였을 때 투여전 및 1시간, 6시간, 12시간, 24시간, 그리고 48시간이 경과한 후의 PIP값은 PRVC군에서 SIMV군보다 낮게 관찰되었으며( $P<0.05$ , Fig. 1), 72시간이 경과한 후에는 두 군에서 비슷하게 나타났으나 상당수의 환아들에서 기도발관이 이루어져 두 군간의 비교가 큰 의미를 가지진 못할 것으로 생각된다(Table 2). 폐표면 활성제 투여 후 감압된 PIP의 누적값을 비교한 조사에서는 투여 후 1시간, 6시간, 12시간, 그리고 24시간이 지난 후 SIMV군보다 PRVC 군에서 감압이 더 두드러진 것으로 나타났다( $P<0.05$ ). 48시간 및 72시간이 지난 후에는 비슷하게 나타났으나 이 역시 상당수의 환아에서 기도발관이 이루어진 상태였다. 즉, PRVC에서 폐유순도와 기도저항의 급격한 호전에 대응한 적절하고 빠른 감압이 이루어져 일정한 일회호흡량의 유지를 가능하게 함을 알 수 있으며, 상대적으로 SIMV에서는 여분의 PIP와 이에 해당하는 초과된 용적으로 인한 폐손상의 위험도가 높다고 할 수 있다.

압력제한방식의 PIP값 조절은 담당의의 임상적 판단을 토대로 경험적 감압이 이루어져 적절한 감압이 지연되는 경향이 있으며, 특히 폐표면 활성제 투여와 같은 폐유순도가 크게 호전되거나 기도 저항의 급격한 감소가 발생하는 경우 그에 따른 PIP의 감압이 충분히 이루어지지 못하게 된다. 바꾸어 말하면, 요구하는 일회호흡량의 유지에 필요한 PIP값의 여분이 발생하게 되고 이는 필요 이상의 일회호흡량을 초래하게 된다. 또한, 기도 저항이 상승하거나 폐유순도가 감소할 경우 환아는 일관된 기도압의 유지에도 불구하고 오히려 불충분한 일회호흡량으로 인해 동맥내 산소분압을 적정수준으로 유지하지 못하게 되어 저산소증에 빠질 수 있다. 담당의의 경험과 숙련도에 따라 이를 최소화 할 수 있으나, 용적조절방식이 설정된 일회호흡량을 유지하는데 필요한 PIP의 최소값을 요구하는 점에 비추어 볼 때 한계점이 있다. 결국, 필요 이상의 PIP와 과도한 일회호흡량에 의한 폐손상의 가능성을 생각해 볼 수 있는데, 과도한 일회호흡량은 미세혈관손상과 폐부종을 유발할 수 있고<sup>15)</sup>, 필요 이상의 PIP값도 폐포와 폐 간질로 단백질과 혈액의 누출로 폐역학을 방해하고 염증반응을 촉진시켜 폐혈관 손상, 폐포부종을 유발할 수 있으며<sup>16-18)</sup>, 이는 기관지폐 이형성증의 위험요인이 된다<sup>19)</sup>. 즉, 과도한 PIP값과 일회호흡량에 의한 인공호흡기 치료는 폐포 투과성의 변화를 초래하게 되어 폐부종을 유발할 뿐 아니라, 장기적으로 만성 폐질환 또는 기관지폐 이형성증의 합병증을 남기게 된다.

용적조절방식의 인공호흡기의 경우 폐유순도 및 기도저항과는 독립적으로 미리 정해진 일회호흡량을 최소한의 흡기압으로 일정하게 유지할 수 있다. 즉, 환아의 폐역학에 따라 기도압을 적절히 변화시켜 용적의 유지를 가능하게 한다. 이 방식은 많은 이점을 갖고 있는데, 낮은 PIP, MAP값, 최소한의 일회호흡량 변화로 폐손상의 가능성을 최소화하며, 분당 호흡수가 감소할 뿐 아니라, 폐염증반응 및 사이토카인의 생산 둔화, 조기 호흡기 이탈이 가능하며, 특히 신생아 호흡곤란 증후군에서 폐표면 활성제의 사용 후 폐유순도의 급격한 개선에 따라 자동적으로 압력의 감소가 이루어지면서도 일회호흡량을 유지하게 되고, 폐유순도의 감소 및 기도 저항의 증가시에도 저산소증을 방지할 수 있다<sup>2, 20-25)</sup>. 또한, 압력제한방식에서는 흡기 초기부터 기도압의 증가와 일회호흡량의 공급이 가파르게 이루어지지만 용적조절방식에서는 완만한 상승을 나타내어 흡기 말에 이르러서야 최고압에 도달하게 되어(square wave) 상대적으로 낮은 폐손상의 가능성을 유추해 볼 수 있다<sup>26)</sup>. 폐유순도가 크게 감소되어 있는 경우 용적조절방식에서는 설정된 일회호흡량의 유지를 위한 PIP의 상승이 불가피하여 압력손상의 위험도가 커지는 단점이 있지만, 본 연구에서 사용되어진 PRVC는 정해진 일회호흡량의 유지를 기본으로 한 압력조절방식의 부분적 결합을 도모한 형태로 설정한 최고압을 초과하지 않도록 조절되어진 형태로 이를 최소화 할 수 있다. 또한, 용적조절을 바탕으로 한 PRVC에서는 폐상태의 호전과 맞물려 자동적으로 호흡기 이탈이 이루어지며<sup>2)</sup> 이는 시각적으로 확인할 수 있어 기존 SIMV에서 순수한 경험의존적인 감압을 통한

호흡기 이탈보다 큰 이점을 갖는다고 생각된다.

용적조절방식이 인공호흡기의 사용 기간을 단축시켜준다는 보고와는<sup>27, 28)</sup> 다르게 본 연구에서는 PRVC군과 SIMV군의 기도발판과 인공환기의 사용기간에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 2). 이는 연구 대상수가 부족하고 환아 개개인의 기본 폐상태가 고려되지 않았으며, 극소 저출생 체중아의 관리에 있어 임상외와 신생아 중환자실 간호사들의 환자 상태 판단에 대한 주관이나 다소 개입된 점과 이에 따른 외부적 요인이 관여하였을 가능성이 있어 향후 더 큰 집단을 대상으로 객관적이고 정확한 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

인공호흡기 관련 합병증에 관해서도 많은 연구결과가 있다. Donn과 Sinha<sup>27)</sup>는 용적조절방식이 인공호흡기의 사용 기간을 단축시킬 뿐 아니라 합병증의 발생율을 낮추어 준다고 하였으며, 압력조절방식의 인공호흡기를 사용할 경우 적절한 FiO<sub>2</sub>, 최소한의 PIP값에도 불구하고 신생아 호흡곤란 증후군 환자의 21% 이상에서 폐외 공기누출이 발생하고<sup>29)</sup>, 1,751 g 이하의 저출생 체중아에서는 17-49%정도의 빈도로 기관지폐 이형성증이 발생한다<sup>30)</sup>. 필요 이상의 PIP값은 기흉 및 뇌실내 출혈의 위험요인으로 잘 알려져 있으며, 용적조절방식을 사용한 경우 뇌혈류에 대한 영향이 크지 않아 뇌실내 출혈, 뇌출혈의 합병증이 감소하고 저혈압의 빈도도 낮다<sup>28, 31, 32)</sup>. 본 연구에서는 이와 다르게 호흡기 관련 합병증 과 비호흡기 관련 합병증 모두에서 두 군의 차이를 관찰할 수 없었다. 그러나, 대상수가 충분치 못하고 각 합병증의 병인론에 있어 다수의 요인이 작용하며 특히, 기도 삽관에 의한 인공호흡기 사용기간이 PRVC군에서 2.0±1.8일, SIMV군에서 3.1±2.6일로 조기 호흡기 이탈이 가능하여 2주 이상 장기간의 사용에 따른 압력, 용적손상 및 기관지폐 이형성증을 가져올 정도의 폐손상을 확인하는데 어려움이 있어 결론을 내리기에는 좀더 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 SIMV군에 비해 PRVC군에서 PIP값이 낮게 측정되었고, 폐표면 활성제 투여 후 폐유순도 변화에 따른 감압이 더 잘 이루어 졌으나, 이에 따른 기도발판 및 인공환기의 사용기간, 합병증에 미치는 영향에 있어서는 의미있는 차이를 발견할 수 없었다. 본 연구는 폐수가 충분치 못하고 기본 PIP값에서 차이를 보이며, 개개인의 폐상태가 고려되지 않아 결론을 내리기에는 다소 부족하다고 생각되나 신생아 호흡 곤란 증후군이 있는 극소 저출생 체중아에서 PRVC가 객관적 자료에 근거한 PIP의 감압이 가능한 점과 높은 PIP값 및 과도한 일회호흡량이 폐손상과 직접적 관계가 있음을 시사하는 기존의 여러 연구에 기초해 볼 때 PRVC로의 전환이 폐손상에 긍정적인 효과를 나타낼 여지를 보여준다고 생각된다. 본 연구 결과를 토대로 향후 인공호흡기 관련 폐손상에 대한 연구 및 다양한 인공호흡기 방식에 대하여 더 많은 비교분석이 이루어질 경우 인공호흡기 관련 폐손상 및 그 합병증을 최소화하는데 유용하게 이용되어 질 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

**목적:** 인공호흡기 사용과 관련된 폐손상에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다. 특히 전통적 압력조절방식의 인공호흡기 사용시 발생하는 용적손상의 중요성이 밝혀지면서 신생아 호흡 곤란 증후군의 치료에서 용적조절방식의 인공호흡기가 부각되고 있다. 이에 저자들은 신생아 호흡곤란 증후군 환아를 대상으로 전통적 압력조절방식의 SIMV와 용적조절방식을 바탕으로 한 PRVC를 비교분석하고자 하였다.

**방법:** 2007년 5월부터 2008년 4월까지 대구과티마병원 신생아 중환자실에 입원한 환아중 출생 체중이 1,500 g 미만이고 신생아 호흡곤란 증후군이 있어 기도삽관에 의한 인공호흡기 치료 및 폐표면 활성제를 투여한 환아 34명을 대상으로 하여 PRVC 사용군 14명, SIMV 사용군 20명으로 나누어 비교하였다. 폐표면 활성제 투여 후 시간경과에 따른 PIP값의 변화, 감압된 PIP의 누적값, 기도발관까지의 기간, 그리고 전체 인공호흡기 사용기간을 조사하였고, 주요 합병증인 폐외 공기 누출, 기관지폐 이형성증, 폐고혈압, 미숙아 망막증, 뇌실내 출혈, 동맥관 개존증의 빈도를 조사하였다.

**결과:** 제태연령, 출생시 체중, 성별, 극소 저출생 체중이 비율, 1분 및 5분 Apgar 점수, 호흡 곤란 증후군 등급, 폐표면 활성제 투여 횟수 및 분만 방법, 산모의 임신성 고혈압, 조기양막파수 유무에서 두 군간의 임상적 특성 차이는 없었다. 폐표면 활성제 투여 전 및 투여 후 48시간까지의 PIP값은 PRVC군에서 보다 낮게 측정되었고, 투여 후 24시간까지 PRVC군에서 PIP의 감압이 더 잘 이루어 졌다( $P<0.05$ ). 기도발관까지 걸린 시간과 전체 인공호흡기 사용기간, 합병증의 발생 빈도 및 퇴원시점까지 소요된 시간 비교에서는 의미있는 차이는 없었다.

**결론:** SIMV군에 비해 PRVC군에서 PIP 값이 낮고, 폐표면 활성제 투여 후 감압이 더 잘 이루어졌다. 급변하는 폐유순도에 상응하는 감압에 있어 PRVC군이 더 유리하다고 볼 수 있다. 호흡기 이탈기간 및 합병증의 발생에 있어 차이는 없었으나, 잠재적인 폐의 용적손상과 관련 기존 SIMV군에서 필요 이상의 PIP가 설정되었던 것으로 생각되는 바, 이는 앞으로 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- 1) Jaeklin T, Morel DR, Rimensberger PC. Volume-targeted modes of modern neonatal ventilators : how stable is the delivered tidal volume? *Intensive Care Med* 2007;33:326-35.
- 2) Sinha SK, Donn SM. Volume-controlled ventilation variations on a theme. *Clin Perinatol* 2001;28:547-60.
- 3) de Moraes MA, Bonatto RC, Carpi MF, Ricchetti SMQ, Padovani CR, Fioretto JR. Comparison between intermittent mandatory ventilation and synchronized intermittent manda-

- tory ventilation with pressure support in children. *J Pediatr* 2009;85:15-20.
- 4) Cleary JP, Bernstein G, Mannino FL, Heldt GP. Improved oxygenation during synchronized intermittent mandatory ventilation in neonates with respiratory distress syndrome : a randomized, crossover study. *J Pediatr* 1995;126:407-11.
- 5) Ramanathan R, Sekar K. Synchronized intermittent mandatory ventilation and pressure support: To sync or not to sync? Pressure support or no pressure support? *J Perinatol* 2005;25 Suppl 2:S23-5.
- 6) Chiumello D, Pristine G, Slutsky AS. Mechanical ventilation affects local and systemic cytokines in an animal model of acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:109-16.
- 7) Network TARDS. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med* 2000;342:1301-8.
- 8) Kim JE, Kwon EY, Wen S, Jung JA, Lee YA, Kim JP. Availability of volume guaranteed ventilation in very low birth weight Infants. *J Korean Soc Neonatol* 2007;14:192-8.
- 9) Macintyre NR, Cook DJ, Epstein SK, Fink JB, Heffner JE, Hess D, et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support. *Chest* 2001;120:375-95.
- 10) Patel DS, Sharma A, Predergast M, Rafferty GF, Greenough A. Work of breathing and different levels of volume-targeted ventilation. *Pediatrics* 2009;123:679-84.
- 11) Bancalari E, Claure N. Definitions and diagnostic criteria for bronchopulmonary dysplasia. *Semin Perinatol* 2006;30:164-70.
- 12) An international classification of retinopathy of prematurity. II. The classification of retinal detachment. The international committee for the classification of the late stage of retinopathy of prematurity. *Arch Ophthalmol* 1987;105:906-12.
- 13) Perlman JM, Rollins N. Surveillance protocol for the detection of intracranial abnormalities in premature neonates. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2000;154:822-6.
- 14) Yeh TF, Luken JA, Thalji A, Raval D, Carr I, Pildes RS. Intravenous indomethacin therapy in premature infants with persistent ductus arteriosus. *J Pediatr* 1981;98:137-45.
- 15) Hernandez LA, Peevy KJ, Moise AA, Parker JC. Chest wall restriction limits high airway pressure-induced lung injury in young rabbits. *J Appl physiol* 1989;66:2364-8.
- 16) Webb HH, Tierney DF. Experimental pulmonary edema due to intermittent positive pressure ventilation with high inflation pressure. Protection by positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis* 1974;110:556-65.
- 17) Kolobow T, Moretti MP, Fumagalli R, Mascheroni D, Prato P, Chen V, et al. Severe impairment in lung function induced by high peak airway pressure during mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1997;14:99-110.
- 18) Clark RH, Gerstmann DR, Jobe AH, Moffitt ST, Slutsky AS, Yoer BA. Lung injury in neonate: causes strategies for prevention, and long-term consequences. *J Pediatr* 2001;139:476-86.
- 19) Pierce MR, Bancalari E. The role of inflammation in the pathogenesis of bronchopulmonary dysplasia. *Ped Pulmonol*

- 1995;19:371-8.
- 20) Herrera CM, Gerhardi T, Claire N, Evereti R, Musante G, Thomas C, et al. Effects of volume-guaranteed synchronized intermittent mandatory ventilation in preterm infants recovering from respiratory failure. *Pediatrics* 2002;110:529-33.
  - 21) Cheema IU, Ahluwalila JS. Feasibility of tidal volume-guided ventilation in newborn infants: a randomized, crossover trial using the volume guarantee modality. *Pediatrics* 2001;107:1323-8.
  - 22) Abubakar KM, Keszler M. Patient-ventilator interactions in new modes of patient-triggered ventilation. *Pediatr Pulmonol* 2001;32:71-5.
  - 23) Lista G, Colnaghi M, Castoldi F, Condo V, Reali R, Compagnoni G, et al. Impact of targeted-volume ventilation on lung inflammatory response in preterm infants with respiratory distress syndrome(RDS). *Pediatr Pulmonol* 2004;37:510-4.
  - 24) Keszler M, Abubakar K. Volume guarantee: stability of tidal volume and incidence of hypocarbia. *Pediatr Pulmonol* 2004;38:240-5.
  - 25) Bolivar JM, Gerhardt T, Gonzalez A, Hummler h, Claire N, Everett R, et al. Mechanisms for episodes of hypoxaemia in preterm infants undergoing mechanical ventilation. *J Pediatr* 1995;127:767-73.
  - 26) Singh J, Sinha SK, Clarke P, Byrne S, Donn SM. Mechanical ventilation of very low birth weight infants: Is volume or pressure a better target variable? *J Pediatr* 2006;149:308-13.
  - 27) Donn SM, Sinha SK. Newer modes of mechanical ventilaton of the neonate. *Curr Opin Pediatr* 2001;13:99-103.
  - 28) Piotrowski A, Sobala W, Kawczynski P. Patient-initiated, pressure-regulated, volume-controlled ventilation compared with intermittent mandatory ventilation in neonates : a prospective, randomised study. *Intensive Care Med* 1997;23:975-81.
  - 29) The OSIRIS Collaborative Group. Early versus delayed neonatal administration of a synthetic surfactant the judgment of OSIRIS. *Lancet* 1992;340:1363-9.
  - 30) Van Marter LJ, Pagano M, Allred EN, Leviton A, Kuban KC. Rate of bronchopulmonary dysplasia as a function of neonatal intensive care practice. *J Pediatr* 1992;120:938-46.
  - 31) Cowan F, Thoresen M. The effect of intermittent positive pressure ventilation on cerebral arterial and venous blood velocities in the newborn infants. *Acta Paediatr Scand* 1987;76:239-47.
  - 32) Sinha SK, Donn SM, Gavey J, McCarty M. Randomised trial of volume controlled versus time cycled, pressure limited ventilation in preterm infants with respiratory distress syndrome. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1997;77:202-5.