

□ 원 저 □

CPAP 및 SIMV Mode하에서 Pressure Support 사용이 호흡역학에 미치는 효과

울산대학교 의과대학 내과학교실, 마취과학교실*

임채만 · 장재원 · 최강현 · 이상도
고윤석 · 김우성 · 김동순 · 김원동
박 평 환* · 최 종 무*

= Abstract =

The Effect of Pressure Support on Respiratory Mechanics in CPAP and SIMV

Chae Man Lim, M.D., Jae Won Jang, M.D., Sang Do Lee, M.D., Younsuck Koh, M.D.,
Woo Sung Kim, M.D., Dong Soon Kim, MD., Won Dong Kim, M.D.,
Pyung Whan Park, M.D.* and Jong Moo Choi, M.D.*

Department of Internal Medicine, Anesthesiology*, College of Medicine, University of Ulsan, Seoul, Korea

Background: Pressure support(PS) is becoming a widely accepted method of mechanical ventilation either for total unloading or for partial unloading of respiratory muscle. The aim of the study was to find out if PS exert different effects on respiratory mechanics in synchronized intermittent mandatory ventilation(SIMV) and continuous positive airway pressure (CPAP) modes.

Methods: 5, 10 and 15 cm H₂O of PS were sequentially applied in 14 patients(69±12 yrs, M:F=9:5) and respiratory rate (RR), tidal volume(V_T), work of breathing(WOB), pressure time product(PTP), P_{0.1}, and T₁/T_{TOT} were measured using the CP-100 pulmonary monitor(Bicore, USA) in SIMV and CPAP modes respectively.

Results:

1) Common effects of PS on respiratory mechanics in both CPAP and SIMV modes

As the level of PS was increased(0, 5, 10, 15 cm H₂O), V_T was increased in CPAP mode(0.28±0.09, 0.29±0.09, 0.31±0.11, 0.34±0.12 L, respectively, p=0.001), and also in SIMV mode(0.31±0.15, 0.32±0.09, 0.34±0.16, 0.36±0.15 L, respectively, p=0.0215). WOB was decreased in CPAP mode(1.40±1.02, 1.01±0.80, 0.80±0.85, 0.68±0.76 joule/L, respectively, p=0.0001), and in SIMV mode(0.97±0.77, 0.76±0.64, 0.57±0.55, 0.49±0.49 joule/L, respectively, p=0.0001). PTP was also decreased in CPAP mode(300±216, 217±165, 179±187, 122±114cm H₂O · sec/ min, respectively, p=0.0001), and in SIMV mode(218±181, 178±157, 130±147, 108±129cm H₂O · sec/min, respectively, p=0.0017).

2) Different effects of PS on respiratory mechanics in CPAP and SIMV modes

By application of PS (0, 5, 10, 15 cm H₂O), RR was not changed in CPAP mode(27.9 ± 6.7 , 30.0 ± 6.6 , 26.1 ± 9.1 , 27.5 ± 5.7 /min, respectively, $p=0.505$), but it was decreased in SIMV mode (27.4 ± 5.1 , 27.8 ± 6.5 , 27.6 ± 6.2 , 25.1 ± 5.4 /min, respectively, $p=0.0001$). $P_{0.1}$ was reduced in CPAP mode(6.2 ± 3.5 , 4.8 ± 2.8 , 4.8 ± 3.8 , 3.9 ± 2.5 cm H₂O, respectively, $p=0.0061$), but not in SIMV mode(4.3 ± 2.1 , 4.0 ± 1.8 , 3.5 ± 1.6 , 3.5 ± 1.9 cm H₂O, respectively, $p=0.054$). T_I/T_{TOT} was decreased in CPAP mode(0.40 ± 0.05 , 0.39 ± 0.04 , 0.37 ± 0.04 , 0.35 ± 0.04 , respectively, $p=0.0004$), but not in SIMV mode(0.40 ± 0.08 , 0.35 ± 0.07 , 0.38 ± 0.10 , 0.37 ± 0.10 , respectively, $p=0.287$).

3) Comparison of respiratory mechanics between CPAP+PS and SIMV alone at same tidal volume.

The tidal volume in CPAP+PS 10 cm H₂O was comparable to that of SIMV alone. Under this condition, the RR(26.1 ± 9.1 , 27.4 ± 5.1 /min, respectively, $p=0.516$), WOB(0.80 ± 0.85 , 0.97 ± 0.77 joule/L, respectively, $p=0.485$), $P_{0.1}$ (3.9 ± 2.5 , 4.3 ± 2.1 cm H₂O, respectively, $p=0.481$) were not different between the two methods, but PTP(179 ± 187 , 218 ± 181 cmH₂O · sec/min, respectively, $p=0.042$) and T_I/T_{TOT} (0.37 ± 0.04 , 0.40 ± 0.08 , respectively, $p=0.026$) were significantly lower in CPAP+PS than in SIMV alone.

Conclusion: PS up to 15 cm H₂O increased tidal volume, decreased work of breathing and pressure time product in both SIMV and CPAP modes. PS decreased respiration rate in SIMV mode but not in CPAP mode, while it reduced central respiratory drive($P_{0.1}$) and shortened duty cycle (T_I/T_{TOT}) in CPAP mode but not in SIMV mode. By 10 cm H₂O of PS in CPAP mode, same tidal volume was obtained as in SIMV mode, and both methods were comparable in respect to RR, WOB, $P_{0.1}$, but CPAP+PS was superior in respect to the efficiency of the respiratory muscle work (PTP) and duty cycle(T_I/T_{TOT}).

Key Words: Pressure support, Respiratory mechanics, Continuous positive airway pressure, Synchronized intermittent mandatory ventilation

서 론

압력보조(pressure support, PS)는 환자의 흡기시 정해진 양의 양압을 보조하여 상시호흡량을 증가시키거나, 호흡일(work of breathing, 이하 WOB)을 경감시키는 목적으로 쓰이는 기계환기법이다¹⁾. PS 자체의 호흡일에 대한 효과는 이미 많은 연구가 이루어져 있으나^{2,3,4)}, 자발적 호흡이 허용되는 기계적 환기의 두 가지 양식, 즉 synchronized intermittent mandatory ventilation(이하 SIMV) 양식과 continuous positive airway pressure(이하 CPAP) 양식에서 PS를 겸용할 때 PS가

호흡역학에 미치는 효과에 있어 차이가 있는지에 대한 연구는 거의 없다. 이에 저자 등은 PS가 SIMV 및 CPAP 양식에서 사용될 경우 기계환기 중인 환자의 호흡역학에 미치는 효과를 알아보고, 두 가지 기계환기 양식에서 호흡역학상 차이가 있는지 구명하고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1994년 4월부터 10월까지 서울중앙병원 중환자실에 입원하여 호흡부전으로 기계환기 중인 환자로 활력지수와 동맥혈검사 결과가 안정되었고 자발적 호흡횟수

Table 1. Clinical Characteristics of the Study Subjects

Patient No.	Age	Sex	Underlying disease
1	77	M	COPD, Aspiration pneumonia
2	67	M	ARDS
3	67	M	Panperitonitis
4	77	M	COPD, pneumonia
5	53	M	Pancreatitis, Aspiration pneumonia
6	77	M	Bronchogenic cancer, ARDS
7	79	M	Bronchiectasis, Pneumonia
8	67	M	Common bile duct cancer, ARDS
9	42	F	Epidural hematoma
10	64	F	Panperitonitis, Septic pneumonia
11	64	F	Panperitonitis, ARDS
12	63	F	Intracerebral hemorrhage
13	86	F	Femur fracture, Pulmonary embolism
14	76	F	COPD

COPD: chronic obstructive pulmonary disease ARDS: adult respiratory distress syndrome

가 분당 12회 이상인 환자 14명(69 ± 12 세, 남:여=9:5)을 대상으로 하였으며 대상환자의 기저질환은 Table 1과 같다.

인공호흡기는 PS 기능이 있는 Puritan-Bennet사의 7200a(Puritan-Bennet, USA)나 Bear 5(Bear Medical Systems, U.S.A.) 기종을 사용했으며, 대상 환자의 늑막압 변동을 측정하기 위해 식도발룬(esophageal balloon; 길이 10 cm, 발룬용적 1ml)이 부착된 식도카테타(SmartCath Catheter, Bicore, USA)를 비강을 통해 식도 하 1/3에 위치시키고, 기계호흡 중의 유량 측정은 기관내관과 인공호흡기의 Y connector 사이에 호흡기류계(VarFlex flow transducer, Bicore, USA)를 위치시켰다. 식도카테타와 호흡기류계를 CP-100 pulmonary monitor(Bicore, USA)에 연결한 뒤 먼저 CPAP (3cm H₂O) 양식하에서 자발적 호흡이 분당 12회가 넘는 것을 확인하고 0, 5, 10 및 15cm H₂O의 PS를 순서대로 적용하였다. 각 PS 수준에서 5분간의 안정기를 가진 뒤 CP-100 pulmonary monitor 상의 호흡역학 지수들을 1분간 기록하였다.

CPAP 양식하에서의 측정이 끝나면, SIMV 양식으로 바꾸어 같은 방법으로 호흡역학 지수들을 측정하였으며, PEEP 수준, triggering sensitivity 등의 기계환기

조절수치들은 변동시키지 않았다.

측정치들은 평균치±표준편차로 표시하였으며, CPAP과 SIMV 두 양식 사이의 비교는 paired t-test, 환자의 연속변수 간의 비교는 repeated measures of ANOVA를 이용하였고, p 값이 0.05 미만인 경우 통계적 유의성을 인정하였다.

결 과

1. CPAP 및 SIMV 양식하에서 PS가 호흡역학에 미친 공통된 효과

CPAP 양식하에서 PS를 5, 10, 15cm H₂O로 증가시킴에 따라 상시호흡량은 기저치 0.28 ± 0.09 에서 각각 0.29 ± 0.09 , 0.31 ± 0.11 및 0.34 ± 0.12 L로 증가하였고($p=0.002$), WOB은 기저치 1.40 ± 1.02 에서 각각 1.01 ± 0.80 , 0.80 ± 0.85 및 0.68 ± 0.76 joule/L로 감소하였으며($p=0.0001$), pressure time product(이하 PTP)는 기저치 300 ± 216 에서 각각 217 ± 165 , 179 ± 187 및 122 ± 114 cm H₂O · sec/min로 감소하였다($p=0.0001$). SIMV 양식하에서도 PS를 5, 10, 15cm H₂O로 증가시킴에 따라 상시호흡량은 기저치 0.31 ± 0.15 에서 각각 0.32 ± 0.09 , 0.34 ± 0.16 및 0.36 ± 0.15 L로 증가하였고

($p=0.001$), WOB은 기저치 0.97 ± 0.77 에서 각각 0.76 ± 0.64 , 0.57 ± 0.55 및 0.49 ± 0.49 joule/L로 감소하였으며($p=0.0001$), PTP 역시 기저치 218 ± 181 에서 각각 178 ± 157 , 130 ± 147 및 108 ± 129 cmH₂O · sec/min로 감소하였다($p=0.0017$)(Fig. 1)(Table 2).

2. CPAP 및 SIMV 양식하에서 PS가 호흡역학에 미치는 효과의 차이점

CPAP 방식하에서 분당호흡수는 기저치 27.9 ± 6.7 회/분에서 PS를 5, 10, 15 cm H₂O로 증가시킴에 따라 유의한 변동이 없었고(각각 30.0 ± 6.6 , 26.1 ± 9.1 , 27.5

± 5.7 회/분, $p=0.505$), $P_{0.1}$ 은 기저치 6.2 ± 3.5 에서 각각 4.8 ± 2.8 , 4.8 ± 3.8 , 3.9 ± 2.5 cm H₂O로 감소되었으며($p=0.0061$), T_I/T_{TOT} 은 기저치 0.40 ± 0.05 에서 각각 0.39 ± 0.04 , 0.37 ± 0.04 , 0.35 ± 0.04 로 감소되었다($p=0.0004$). SIMV 양식하에서 분당호흡수는 기저치 27.4 ± 5.1 회/분에서 PS를 5, 10, 15 cm H₂O로 증가시킴에 따라 각각 27.8 ± 6.5 , 27.6 ± 6.2 , 25.1 ± 5.4 회/분로 감소한 반면($p=0.0001$), $P_{0.1}$ 과 T_I/T_{TOT} 은 유의한 변동이 없었다(각각 4.3 ± 2.1 , 4.0 ± 1.8 , 3.5 ± 1.6 , 3.5 ± 1.9 cm H₂O, $p=0.054$; 0.40 ± 0.08 , 0.35 ± 0.07 , 0.38 ± 0.10 , 0.37 ± 0.10 cm H₂O, $p=0.287$)(Fig. 2, 3, 4)(Table 3).

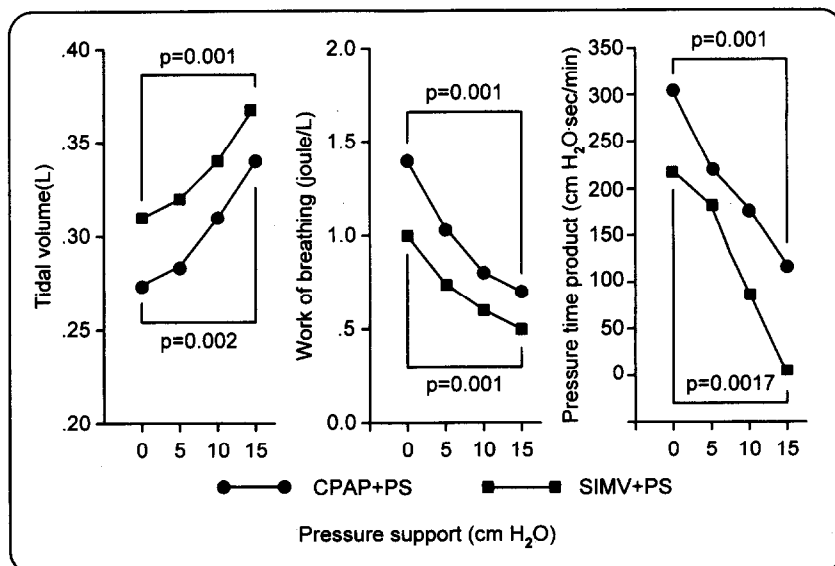


Fig. 1. Effect of PS on tidal volume, work of breathing, and pressure time product in CPAP and SIMV modes.

Table 2. Common effects of PS on respiratory mechanics in both CPAP and SIMV modes

PS(cmH ₂ O)		0	5	10	15	p value
VT*	CPAP	0.28 ± 0.09	0.29 ± 0.09	0.31 ± 0.10	0.34 ± 0.12	0.002
	SIMV	0.31 ± 0.11	0.32 ± 0.09	0.34 ± 0.16	0.36 ± 0.15	0.001
WOB†	CPAP	1.40 ± 1.02	1.01 ± 0.80	0.80 ± 0.85	0.68 ± 0.76	0.0001
	SIMV	0.97 ± 0.77	0.76 ± 0.64	0.57 ± 0.55	0.49 ± 0.49	0.0001
PTP‡	CPAP	300 ± 216	217 ± 165	179 ± 187	122 ± 114	0.0001
	SIMV	218 ± 181	178 ± 157	130 ± 147	108 ± 129	0.0017

* tidal volume (L) † work of breathing (joule/L) ‡ pressure time product (cmH₂O · sec/min)

3. CPAP+PS 양식에서 SIMV 단독양식에서와 같은 상시호흡량을 얻는 상태에서의 호흡역학의 비교

동일 환자에서 CPAP+PS 양식으로 SIMV 단독양식에서의 상시호흡량이 얻어지는 PS의 수준은 10 cm H₂O이었다(각각 0.31 ± 0.11 , 0.31 ± 0.15 L, $p=0.639$).

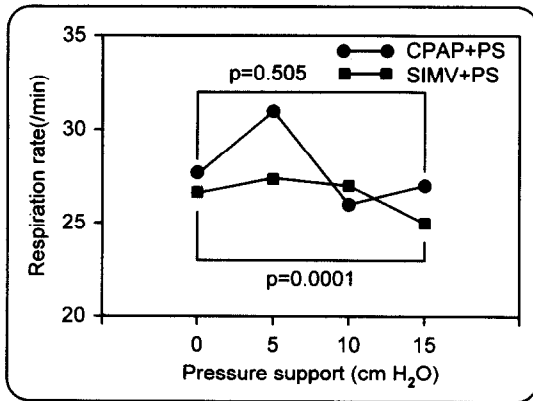


Fig. 2. Effect of PS on respiration rate in CPAP and SIMV modes.

이때의 분당호흡수(각각 26.1 ± 9.1 , 27.4 ± 5.1 회/분, $p=0.516$), WOB(각각 0.80 ± 0.85 , 0.97 ± 0.77 joule/L, $p=0.485$), P_{0.1}(각각 3.9 ± 2.5 , 4.3 ± 2.1 cm H₂O, $p=0.481$) 등에는 차이가 없었으나 PTP(각각 179 ± 187 , 218 ± 181 cm H₂O · sec/min, $p=0.042$)와 T_I/T_{TOT}(각각 0.37 ± 0.04 , 0.40 ± 0.08 , $p=0.026$)은 CPAP+PS 양식이 유의하게 낮았다(Fig 5)(Table 4).

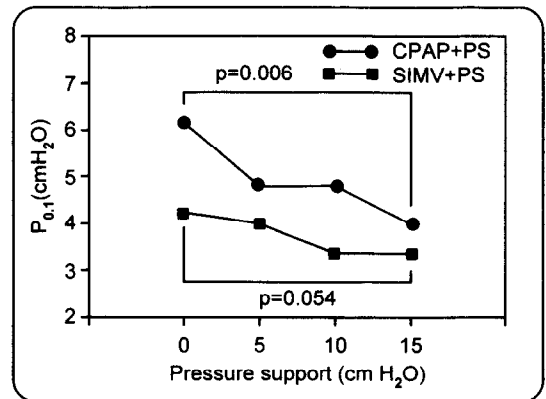


Fig. 3. Effect of PS on P_{0.1} in CPAP and SIMV modes.

Table 3. Different Effects of PS on Respiratory Mechanics in CPAP vs SIMV Modes

PS(cmH ₂ O)		0	5	10	15	p value
RR*	CPAP	27.9±6.7	30.0±6.6	26.1±9.1	27.5±5.7	0.505
	SIMV	27.4±5.1	27.8±6.5	27.6±6.2	25.1±5.4	0.0001
P _{0.1} (cmH ₂ O)	CPAP	6.2±3.5	4.8±2.8	4.8±3.8	3.9±2.5	0.0061
	SIMV	4.3±2.1	4.0±1.8	3.5±1.6	3.5±1.9	0.054
T _I /T _{TOT}	CPAP	0.40±0.05	0.39±0.04	0.37±0.04	0.35±0.04	0.0004
	SIMV	0.40±0.08	0.35±0.07	0.38±0.10	0.37±0.10	0.287

* respiration rate

Table 4. Comparison of Respiratory Mechanics between CPAP+PS and SIMV Alone at Same V_T

	CPAP+PS (10cmH ₂ O)	SIMV	p value
V _T (L)	0.31±0.11	0.31±0.15	0.639
WOB (joule/L)	0.80±0.85	0.97±0.77	0.485
P _{0.1} (cmH ₂ O)	3.9±2.5	4.3±2.1	0.481
PTP (cmH ₂ O · sec/min)	179±187	218±181	0.042
T _I /T _{TOT}	0.37±0.04	0.40±0.08	0.026

4. CPAP+PS 양식하에서 기저 WOB에 따른 PS 사용 효과의 차이

CPAP 양식하에서 기저 WOB 0.75 joule/L을 기준으로 WOB이 낮은 군과 높은 군으로 나누어 비교한 결과, PS 증가에 따라 WOB의 감소는 양 군에서 모두 관찰되었으나(각각 0.47 ± 0.12 , 0.37 ± 0.17 , 0.27 ± 0.21 , 0.12 ± 0.07 joule/L, $p = 0.016$; 1.96 ± 0.90 1.34 ± 0.79 , 1.13 ± 0.94 , 0.97 ± 0.83 joule/L, $p = 0.0001$), 기저 WOB이 높은 환자군은 PS 15cm H₂O까지에서 WOB이 0.75 joule/L 이하로 감소하지는 못하였고 상시호흡량(0.30 ± 0.09 , 0.31 ± 0.09 , 0.33 ± 0.12 , 0.35 ± 0.13 L, $p=0.0813$)과 분당환기량(8.33 ± 2.69 , 8.58 ± 2.89 , 8.54 ± 2.41 , 8.61 ± 2.08 L, $p=0.298$)의 유의한 변동은 없었던 반면, 기저 WOB가 낮은 환자군은 상시호흡량(0.24 ± 0.05 , 0.25 ± 0.08 , 0.28 ± 0.08 , 0.33 ± 0.08 L, $p=0.0007$)과 분당환기량(6.77 ± 2.33 , 7.35 ± 1.85 ,

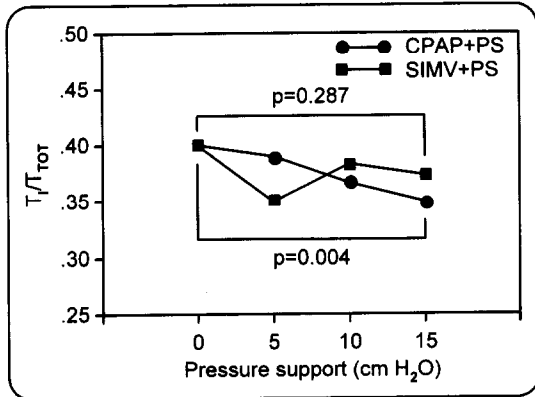


Fig. 4. Effect of PS on T_i/T_{TOT} in CPAP and SIMV modes.

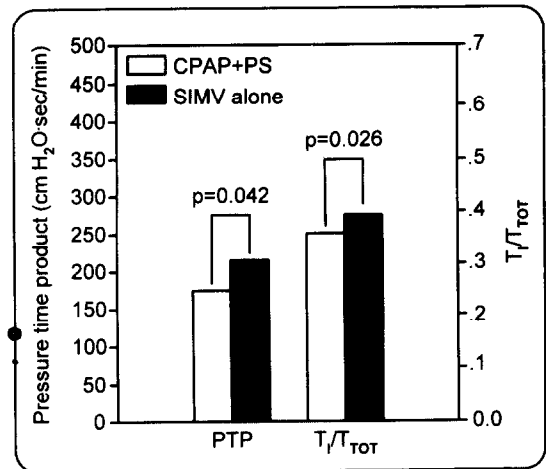


Fig. 5. Comparison of respiratory mechanics between CPAP+PS and SIMV alone at the same tidal volume.

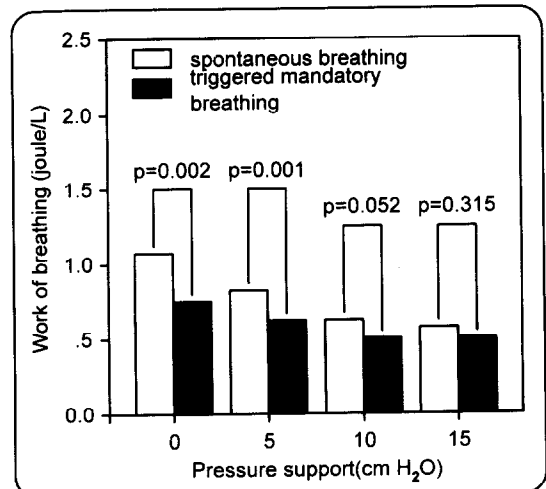


Fig. 6. Comparison of work of breathing during spontaneous and triggered mandatory breathing on SIMV+PS mode.

Table 5. Comparison of Changes in WOB and V_T on CPAP+PS Mode According to Different Baseline WOB

Baseline WOB (joule/L)	PS	0	5	10	15	p value
<0.75	WOB	0.47 ± 0.12	0.37 ± 0.17	0.27 ± 0.21	0.12 ± 0.07	0.016
	V_T (L)	0.24 ± 0.05	0.25 ± 0.08	0.28 ± 0.08	0.33 ± 0.08	0.0007
≥ 0.75	WOB	1.96 ± 0.90	1.34 ± 0.79	1.13 ± 0.94	0.97 ± 0.83	0.0001
	V_T (L)	0.30 ± 0.09	0.31 ± 0.09	0.33 ± 0.12	0.35 ± 0.13	0.0813

Table 6. Comparison of WOB during Spontaneous breathing (WOB-S) and Triggered breathing (WOB-T) on SIMV+PS Mode

PS(cmH ₂ O)	WOB-S(joule/L)	WOB-T(joule/L)	p value
0	1.04±0.79	0.81±0.75	0.002
5	0.88±0.69	0.64±0.53	0.001
10	0.64±0.62	0.45±0.39	0.052
15	0.55±0.61	0.44±0.40	0.315

8.25±2.26, 10.07±2.18 L, $p<0.001$)이 유의하게 증가하였다.

5. SIMV+PS 양식하에서 자발호흡(Spontaneous Breathing)의 WOB(WOB-S)과 유도강제환기(Triggered Mandatory Breathing)의 WOB(WOB-T)의 비교

PS 0 cm H₂O시 WOB-S은 1.04±0.79, WOB-T은 0.81±0.75($p=0.002$), PS 5 cm H₂O에서 각각 0.88±0.69, 0.64±0.53($p=0.001$), PS 10 cm H₂O에서 각각 0.74±0.62, 0.45±0.39($p=0.052$), PS 15 cm H₂O에서 각각 0.55±0.62, 0.44±0.40 joule/L($p=0.315$)였다 (Fig. 6)(Table 6).

고 찰

압력보조(pressure support, PS)는 1980년대 후반부터 임상에 쓰인 이후 많은 임상실험에서 호흡일(work of breathing)을 감소시킬 뿐 아니라 다른 여러 호흡역학적 측면에 유용한 변동을 유도하는 것이 증명되었다^{2~4}). 본 연구의 결과 압력보조는 자발호흡이 허용되는 기계환기법인 CPAP과 SIMV 양식에서 호흡역학상 동일한 효과와 함께 다른 점도 관찰이 되었다. 즉, 양 기계환기 양식에서 모두 15 cm H₂O까지의 압력보조 사용은 상시호흡량을 증가시키고, 호흡일을 감소시켰으며 호흡근의 산소소모량을 반영하는 pressure time product도 감소시켰다. 호흡일의 감소에 따라 $P_{0.1}$ 도 유의하게 감소되어 항진되었던 중추성호흡추진력이 정상 수준으로 감소하고, 총환기시간에 대한 흡기시간의 비(T_i/T_{TOT} , duty cycle) 역시 감소하여 호흡근의 내구성 지표도 향상되었다. 한편, 압력보조의 사용은 CPAP에

서 분당호흡수를 감소시키지 못하였으나 SIMV 양식에서는 분당호흡수를 감소시켰고, 반면 $P_{0.1}$ 과 T_i/T_{TOT} 은 CPAP 양식에서만 유의하게 호전되었다.

CPAP+PS 방식에서 압력보조없는 SIMV 단독 사용시의 상시호흡량을 얻는 데 요구된 압력보조는 10 cm H₂O였으며, 이때 양 방법 간에 분당호흡수, 호흡일 및 $P_{0.1}$ 등에서는 차이가 없었으나, pressure time product와 T_i/T_{TOT} 은 CPAP+PS 방식이 우수하였다. 즉 기계환기중인 환자에서 같은 양의 상시호흡량을 얻는 조건에서는 CPAP+PS 방식이 호흡근의 일의 효율이 높고^{5,18}), 호흡근의 지구력 상태가 호전되는 것으로 사료되었다.

과거에는 기계적환기로부터의 이탈에 있어 T-piece 법, SIMV법 또는 CPAP법 등이 쓰여왔으나, 최근 들어 압력보조를 이용하는 경향이 늘고 있으며^{5,6}), 이는 기계적환기의 이탈 실패에 있어 주요한 요인 중의 하나인 과도한 호흡일을^{7,8}) 압력보조가 경감시킬 뿐 아니라 장기간 기계적환기를 받음으로써 위축(deconditioning)된 호흡근을 적절한 수준의 압력보조 사용을 통해 재충전(reconditioning)시킬 수 있기 때문이다^{9~11}). 즉, 압력보조의 사용은 기계적환기의 안정 유지기에 환자의 호흡역학을 호전시키는 효과 외에도 기계적환기로부터의 이탈 과정을 순조롭게하여 이탈 시도의 성공율을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며, 최근 Brochard 등은 기계호흡 이탈이 어려운 환자들만을 대상으로한 임상연구에서 압력보조를 이용한 기계호흡 이탈법이 T-piece 법이나 SIMV 법에 비해 이탈 실패율이 낮은 것을 보고한 바 있다¹²).

압력보조를 사용하는 방법은 호흡일을 완전 경감(total unloading), 또는 부분 경감(partial unloading)시키는 방법이 모두 가능하다^{13~15}). 완전 경감을 위해서

는 상시호흡량이 10~15ml/kg되는 압력보조(PSmax)를 쓰며³⁾, 환자의 호흡일을 정상 생리학적 수준(0.3~0.6 joule/L)으로 경감시키기 위해서는 보고자에 따라 15 cmH₂O²⁾, 18 cm H₂O¹¹⁾ 등의 압력보조가 권장되고 있는데 본 연구 결과, 압력보조 15 cm H₂O의 CPAP 양식하에서 평균 호흡일은 0.68±0.76 joule/L로 정상 생리학적 호흡일 수준에 근접하였다.

일반적으로 낮은 수준의 압력보조는 인공호흡기 회로나 기관내관 등에 의해 발생하는 추가적 저항성 호흡일을 환자가 극복하도록 도와주는 것이 주된 역할로 알려져 있으나¹⁶⁾, 본 연구 결과, 낮은 수준의 압력보조라도 CPAP이나 SIMV 양식 모두에서 상시호흡량과 분당환기량에 변동을 초래하였으며 특히 기저 호흡일이 적은 환자(<0.75 joule/L)에서는 압력보조 15 cm H₂O에서의 분당환기량이 기저치의 약 149% 였다. 이와 같은 사실은 기저 호흡일이 적은 환자에서 압력보조의 사용은 곧장 분당환기량의 증가를 초래하여 호흡성 산염기 균형에 변동이 초래될 수 있다는 것을 시사한다. 본 연구에서는 압력보조의 적용시간이 5분씩으로 짧아 이러한 효과를 확인하기 위한 동맥혈가스분석검사나 호기말이산화탄소분압 측정 등의 시도는 하지 못하였다.

본 연구에서 SIMV의 강제환기 때의 호흡일은 평균 0.82 joule/L로 정상 생리적 호흡일(정상 0.3~0.6 joule/L)보다 높은 수치였는데, 이는 Marini 등의 보고와 부합하는 소견으로, SIMV 양식에서 인공호흡기에 의한 유도강제환기일지라도 환자가 상당한 호흡일을 하고 있음을 나타낸다¹⁷⁾. SIMV에서 압력보조 사용시 5 cm H₂O까지는 유도강제환기 때의 호흡일이 자발호흡시의 호흡일에 비해 적었으나 10 cm H₂O 이상에서는 두 가지 호흡의 호흡일에 유의한 차이가 없었다. 또한, 유도강제환기 때의 호흡일도 압력보조를 증가시키기에 따라 유의하게 감소하였는데 이는 아마도 압력보조 수준을 증가시키기에 따라 중추성호흡추진력이 전반적으로 감소되는 경향과 연관된 현상으로 사료되었다.

요 약

연구배경: 압력보조는 환자의 흡기시 정해진 양의 양압을 보조하여 상시호흡량을 증가시키거나, 호흡일

을 경감시키는 목적으로 쓰이는 기계환기법으로 본 연구는 자발적 호흡이 허용되는 SIMV 및 CPAP 양식에서 PS를 사용할 경우 환자의 호흡역학상 어떤 차이가 있는지 알아보려고 하였다.

방법: 중환자실에 입원하여 호흡부전으로 기계환기 중인 환자로 임상적으로 안정되었고 자발적 호흡횟수가 분당 12회 이상인 환자 14명을 대상으로, 먼저 CPAP(3 cm H₂O) 양식하에서 0, 5, 10 및 15 cm H₂O의 PS를 순서대로 적용하면서 CP-100 pulmonary monitor(Bicore, USA)를 이용하여 호흡역학 지수들을 측정하고 이어서 SIMV 양식으로 바꾸어 같은 방법으로 호흡역학 지수들을 측정하였다.

결과:

1) CPAP 및 SIMV 방식하에서 PS가 호흡역학에 미치는 공통된 효과

CPAP 양식하에서 PS를 증가시키기에 따라 상시호흡량은 증가하였고, WOB과 PTP는 감소하였다. SIMV 방식하에서도 PS를 증가시키기에 따라 상시호흡량은 증가하였고, WOB과 PTP 역시 유의하게 감소하였다.

2) CPAP 및 SIMV 방식하에서 PS가 호흡역학에 미치는 효과의 차이

CPAP 방식하에서 PS를 증가시키기에 따라 분당호흡수는 유의한 변동이 없었고, P_{0.1}과 T_I/T_{TOT}은 유의하게 감소되었다. SIMV 방식하에서 PS를 증가시키기에 따라 분당호흡수는 유의하게 감소한 반면, P_{0.1}과 T_I/T_{TOT}은 유의한 변동이 없었다.

3) CPAP+PS 양식에서 SIMV 단독양식에서와 같은 상시호흡량을 얻는 상태에서의 호흡역학의 비교 동일 환자에서 CPAP+PS 양식으로 SIMV 단독양식에서의 상시호흡량이 얻어지는 상태에서 분당호흡수, WOB, P_{0.1} 등에는 양 방식 간에 차이가 없었으나 PTP와 T_I/T_{TOT}은 CPAP+PS 양식이 유의하게 낮았다.

결론: 기계호흡에서 압력보조의 사용은 CPAP 및 SIMV 양식 모두에서 상시호흡량을 증가시키고, 환자의 호흡일, 호흡근 산소소모량 지수를 감소시켰으며, 분당호흡수의 감소는 SIMV 방식에서만 관찰되었고, 중추성호흡추진력의 감소와 호흡근의 지구력지수의 호전은 CPAP 방식에서만 관찰되었다. 한편 상시호흡량이 같은 수준에서의 CPAP+PS 방법은 SIMV 법에

비해 호흡근의 일효율이 더 높고 호흡근의 지구력지수가 더 우수하였다. 따라서, 기계적환기 유지기나 이탈과정의 환자에서 압력보조의 겸용은 환자의 호흡역학상태를 개선하는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Neil MacIntyre, Masaji Nishimura, Yutaka Usada, Hiroaki Tokioka, Jun Takezawa, Yasuhiro Shimada: The Nagoya conference on system design and patient-ventilator interactions during pressure support ventilation. *Chest* **97**(6):1463, 1990
- 2) Laurent Brochard, Alain Harf, Hubert Lorino, Francois Lemaire: Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* **139**:513, 1989
- 3) MacIntyre NR: Respiratory function during pressure support ventilation. *Chest* **89**:677, 1986
- 4) Robert M Kacmarek PhD, RRT: The role of pressure support in reducing work of breathing. *Respiratory Care* **33**(2):99, 1988
- 5) Vincent Jounieaux, Alain Duran, Pierre Levi-Valensi: Synchronized intermittent mandatory ventilation with and without pressure support ventilation in weaning patients with CPOD from mechanical ventilation. *Chest* **105**:1204, 1994
- 6) Annat GJ, Viale JP, Dereyemez CP, Bouffard YM, Delafosse BX, Motin JP: Oxygen cost of breathing and diaphragmatic pressure-time index measurement in patients with COPD during weaning with pressure support. *Chest* **98**:411, 1990
- 7) Pourriat JL, Lamberto Ch, Hoang Ph, Fournier JL, Vasseur B: Diaphragmatic fatigue and breathing pattern during weaning from mechanical ventilation in COPD patients. *Chest* **90**:703, 1986
- 8) Marini JJ: Exertion during ventilatory support: how much and how important? *Resp Care* **31**: 385, 1986
- 9) Pardy RL, Leith DE: Ventilatory muscle training. *Resp Care* **29**:278, 1984
- 10) Braun NMT, Faulkner J, Hughes RL, Roussos C, Sahgal V: When should respiratory muscles be exercised? *Chest* **84**:76, 1983
- 11) Joseph M. Civetta, Robert W. Taylor, Robert R. Kirby. *Critical Care updates*. **2**(1):1, 1995 J.B. Lippincott Company
- 12) Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekik N, Gasparetto A, Lemaire F: Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* **150**:896, 1994
- 13) Steven D. Nathan, Abraham M. Ishaaya, Spencer K. Koerner, Michael J. Belman: Prediction of minimal pressure support during weaning from mechanical ventilation. *Chest* **103**:1215, 1993
- 14) Michael J. Banner, Robert R. Kirby, Paul B. Blanch, A. Joseph Layon: Decreasing imposed work of the breathing apparatus to zero using pressure-support ventilation. *Critical Care Medicine* **21**:1333, 1993
- 15) Michael J. Banner, Robert R. Kirby, Andrea Gabrielli, Paul B. Blanch, A. Joseph Layon, M.D: Partially and totally unloading respiratory muscles based on real-time measurement of work of breathing. *Chest* **106**:1835, 1994
- 16) J. Ferdinand Fiastro, Michael P. Habib, Stuart F. Quan: Pressure support compenstion for inspiratory work due to endotracheal tubes and demand continuous positive airway pressure. *Chest* **93**(3): 499, 1988
- 17) John J Marini, John S. Capps, and Bruce H. Culver: The inspiratory work of breathing during assisted mechanical ventilation. *Chest* **87**(5):612, 1985
- 18) John J. Marini R. Michael Rodriguez, Virnita

Lamb: The inspiratory workload of patient-initiated mechanical ventilation. Am Rev Respir Dis 134:902, 1986

19) Laurent Brochard, Frederic Pluskwa, and Fran-

cois Lemaire: Improved efficacy of spontaneous breathing with inspiratory pressure support. Am Rev Respir Dis 136:411, 1987