

□ 원 저 □

## 만성기도폐쇄 환자에서 최대운동부하시 관찰되는 호흡양상 — 기도폐쇄정도와 흡기책임비율변화 사이의 상관관계 —

단국대학교 의과대학 내과학교실

이계영, 지영구, 김건열

= Abstract =

**The Changes of Breathing Pattern Observed During Maximal Exercise Testing in the Patients with Chronic Airflow Obstruction : the Correlation Between the Change of Inspiratory Duty Cycle and the Degree of Airflow Obstruction**

**Kye Young Lee, M.D., Young Koo Jee, M.D., and Keun Youl Kim, M.D.**

*Department of Internal Medicine, College of Medicine, Dankook University,  
Chunan, Korea*

**Backgroud:** Normal humans meet the increased ventilatory need during exercise initially by the increase of tidal volume (TV) and later by the increase of respiratory frequency (Rf). And the inspiratory duty cycle ( $Ti/Ttot$ ) is also increased more than 50% for the compensation of the decrease of respiratory cycle provoked by the increase of respiratory frequency. The patients with chronic airflow obstruction show rapid and shallow breathing pattern during exercise because of the decreased ventilatory capacity and the increased dead space ventilation. However, the studies about the change of inspiratory duty cycle are only a few and there is no literature about the relationship between the change of inspiratory duty cycle and the degree of airflow obstruction.

**Methods :** The subjects were the twelve patients with chronic airflow obstruction (CAO) and ten normal people. The incremental exercise test was done. The increase of work load was 10 W in CAO group and 25 W in normal control group. The analysis of the results was done by the comparison of the parameters such as minute ventilation (VE), TV, Rf, physiologic dead space ( $Vd/Vt$ ), and inspiratory duty cycle between the two groups. Each parameters were compared after transformation into % control duration base that means dividing the total exercise time into five fractions and % control duration data were obtained at rest, 20%, 40%, 60%, 80%, and max. Statistical analysis was done by repeated measure ANOVA using SAS program.

**Results :** The changes of VE and TV were significantly different between two groups while the change of Rf was not significant. The decrease of  $Vd/Vt$  was significantly low in CAO group.  $Ti/Ttot$  was markedly in-

creased from  $38.4 \pm 3.0\%$  at rest to  $48.6 \pm 4.5\%$  at max in normal control group while  $Ti/T_{tot}$  showed little change from  $40.5 \pm 2.2\%$  at rest to  $42.6 \pm 3.5\%$  at max. And the change of inspiratory duty cycle showed highly good correlation with the degree of airflow obstruction ( $FEV_1\%$ ). ( $r=0.8151$ ,  $p < 0.05$ )

**Conclusions :** The increase of  $Ti/T_{tot}$  during exercise observed in normal humans is absent in the patients with CAO and the change of  $Ti/T_{tot}$  is well correlated with the degree of airflow obstruction.

**Key words :** Exercise, Breathing pattern, Chronic airflow obstruction (COPD), Inspiratory duty cycle ( $Ti/T_{tot}$ )

## 서 론

정상인에서는 운동부하시 증가되는 환기량의 요구를 초기에는 환기량의 두가지 결정요소인 상시호흡량과 호흡수 중에서 상시호흡량의 증가에 의존하다가 최대 운동부하에 가까워지게 되면 호흡수의 증가에 의존하게 되는 양상을 보인다.<sup>1,2)</sup> 만성기도폐쇄 환자에서도 일반적으로 이와 유사한 호흡양상을 보인다고 알려져 있지만 환기장애로 인한 상시호흡량의 감소로 인해 호흡수의 증가에 보다 의존적인 것으로 알려져 있다.<sup>3-5)</sup> 호흡수가 증가함에 따라 상대적으로 호흡주기가 감소하는데 이는 1회호흡주기 중 흡기시간이 차지하는 비율 즉 흡기책임비율(inspiratory duty ratio or cycle:  $Ti/T_{tot}$ )의 변화에 영향을 미치게 된다. 흡기 책임비율은 호흡의 타이밍을 나타내는 지표로서 주로 호흡중추의 출력에 좌우되는 것으로 알려져 있다.<sup>6)</sup> 만성기도폐쇄 환자에서 운동부하시 정상과는 다른 흡기 책임비율의 변화양상을 보인다는 몇몇의 보고는<sup>7,8)</sup> 있지만 그 연구가 많지 않은 실정이고 더욱이 기도폐쇄 정도와 흡기책임비율의 변화사이의 관련성에 대해서는 연구가 없는 실정이다. 이에 저자들은 사강환기의 증가와 환기능의 감소 등의 환기적 특성을 갖고 있는 만성기도폐쇄 환자에서 최대운동부하시 흡기책임비율의 변화가 어떠한 양상을 나타내는지 그리고 기도폐쇄의 정도와의 관련성은 어떠한지를 확인하기 위하여 다음과 같은 연구를 시행하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

대상환자는 12명의 만성기도폐쇄군과 10명의 정상대조군으로 구성되었다. 만성기도폐쇄군은 그 원인 질환으로써 만성폐쇄성폐질환이 8명, 비활동성 중증결핵에 의한 폐실질파괴에 의한 경우가 3명, 기관지확장증이 1명이었다. 중등도 및 심한 기도폐쇄( $35\% \text{ pred.} < FEV_1/FVC < 65\% \text{ pred.}$ )를 보이는 환자를 대상 환자로 설정하였으며 모두 남자이고 평균연령은  $59.7 \pm 9.1$ 세였다.(Table 1) 최근 3개월 이내에 급성악화된 병력이 없었으며 당뇨병, 고혈압, 심부전 등과 같은 전신질환을 가진 환자는 제외하였다. 검사 당시 theophylline제제와 베타-2-교감신경항진제는 지속적으로 경구 혹은 흡입으로 유지할수 있었으나 산소흡입, digitalis 및 이뇨제를 복용하고 있는 환자는 제외하였다.

정상대조군은 10명의 자원한 단국대학교병원 내과 전공의와 실습학생들로서 모두 남자였으며 평균연령은  $27.4 \pm 4.1$ 세였으며 spirometry를 이용한 폐기능검사상 모두 정상 소견을 보였다. (Table. 1)

### 2. 방 법

운동부하검사는 독일 Jaeger사의 Oxycon Champi-

Table 1. Demographic data of cases and controls

	Control	CAO
Age (years)	27.4 ± 4.1	59.7 ± 9.1
Height (cm)	173.2 ± 4.5	166.3 ± 5.8
Weight (kg)	70.3 ± 5.6	64.1 ± 9.2
BSA (m <sup>2</sup> )	1.82 ± 0.08	1.72 ± 0.13
FVC (L)	4.85 ± 0.41	3.01 ± 0.54
(%pred)	99.0 ± 5.5	81.9 ± 15.6
FEV1 (L)	4.01 ± 0.39	1.43 ± 0.47
(%pred)	98.2 ± 7.98	49.5 ± 18.9
FEV1/FVC(%)	84.1 ± 6.6	47.1 ± 11.7
FEF25-75% (L)	4.43 ± 1.02	0.59 ± 0.30
(%pred)	90.7 ± 20.3	18.2 ± 10.9
DLCO (ml/min/Hg)	—	13.3 ± 3.9
(%pred)	—	56.7 ± 9.2
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	—	40.1 ± 5.7
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	—	82.2 ± 12.8

CAO : chronic airflow obstruction group

on system (Version 3.2)의 bicycle ergometer를 이용하여 시행하였다. 검사는 적어도 식후 2시간 이후에 실시하였고 운동 프로토콜은 증상 제한적 점진적 최대운동부하검사(symptom-limited incremental maximal exercise test)를 채택하였다. 구체적인 운동 프로토콜은 1분간의 안정기를 갖고 1분간의 공회전기(free-wheeling period)로 운동을 시작한 후 운동부하를 점진적으로 증가시키는데 정상대조군에서는 1분에 25 W씩을, 만성기도폐쇄군에서는 1분에 10 W씩을 각각 증가시켰다. 검사중 운동을 지속할 것을 독려하지는 않았으며 운동 시작전 설명한 바와 같이 본인이 할 수 있는 최대 수준까지 운동을 지속한 후 호흡곤란, 흉통, 하지 피로 혹은 동통 등 운동을 지속할 수 없는 증상이 발생하면 본인 스스로 운동을 중단하는 증상 제한적 프로토콜을 시행하였으며 운동 중단 의사를 표시하면 즉시 운동부하를 공회전 수준으로 낮추어 5분간의 회복기를 가진 후 검사를 종료하였다.

검사 중 Triple V volume transducer에 부착된 TwinTube를 통해 시료가 채취되면 흡기 및 호기시의 유속은 pneumotachograph에 의해 측정되고, 유속 신호와 압력 변환기의 전기적 통합작용에 의해 상시호흡량이 결정되고, 이렇게 결정된 상시호흡량을 tracing함으로써 흡기책임비율이 결정되는데 이러한 과정은 컴퓨터 프로그래밍에 의해 자동적으로 진행되어 결과를 확인할 수 있었다. 산소 및 이산화탄소의 가스 분압은 가스분석기에 의해 측정되는데 컴퓨터 분석 프로그램에 의해 각 호흡별 자료분석이 가능하였고 실제 자료는 8회 호흡수의 평균치로서 산출하였다.

### 3. 자료분석

정상대조군과 만성기도폐쇄군의 양군간의 호흡양상의 변화를 비교하기 위하여 채택한 운동부하검사 지표는 1분환기량 (minute ventilation: VE), 상시호흡량 (tidal volume: TV), 호흡수 (Respiratory frequen-

Table 2. Maximal exercise data.

	Control	CAO
	Control	CAO
Wmax (W)	190 ± 19	69 ± 24
VO2max (ml/min)	2104 ± 341	924 ± 231
(%pred)	73.8 ± 8.4	56.7 ± 17.2
VO2/kgmax (ml/kg/min)	30.2 ± 4.3	15.6 ± 3.8
VCO2max (ml/min)	2873 ± 421	1098 ± 336
AT*(detection rate, %)	83.3%	76.5%
(ml/min)	1157 ± 300	610 ± 112
(% of VO2max)	55.9 ± 11.1	35.6 ± 8.5
VO2/WR (ml/min/W)	11.2 ± 1.6	12.8 ± 5.5
HRmax (beats/min)	164.8 ± 12.5	119.1 ± 22.2
max O2-pulse (ml/beat)	11.4 ± 3.8	7.8 ± 1.7
VEmax (L/min)	69.4 ± 13.9	36.2 ± 11.2
BR (L/min)	26.6 ± 13.0	13.4 ± 10.7
HRR(beats/min)	27.3 ± 13.0	52.0 ± 21.2

\*AT : determined by V-slope method

CAO : chronic airflow obstruction group

cy: Rf), 생리적 사강비율(physiologic dead space ratio: VD/VT), 흡기책임비율(inspiratory duty ratio: Ti/Ttot) 등으로 양군간에 변화를 비교하기 위하여 안정시에서 최대운동시점까지의 시간을 100%로 하고 이를 5분획하여 rest, 20%, 40%, 60%, 80%, max 등의 시점으로 구분한 후(% control duration) 각 시점에서의 각각의 지표를 구하여 이들의 변화로서 유의성을 검증하였다. 통계처리는 SAS program을 이용하여 Repeated measure ANOVA로 시행하였으며 유의성 판정은 p value 0.05미만에서 유의한 것으로 평가하였다.

기도폐쇄의 정도와 흡기책임비율의 변화간의 관련성을 확인하기 위하여 Spearman 상관계수를 구하여 p value 0.05미만에서 유의한 것으로 판정하였는데 기도폐쇄의 정도는 FEV1 예측치를 기준으로 하였고 흡기책임비율의 변화는 최대운동부하시의 값에서 안정시의 값의 차를 기준으로 하였다.

## 결 과

### 1. 최대운동부하검사 결과

Table 2.와 같이 정상대조군의 최대운동부하는 190 ± 19 W, 만성기도폐쇄군에서는 69 ± 24 W로 유의한 차이 (p < 0.05)를 보였으며, 최대 산소섭취량도 정상대조군에서 2104 ± 341ml/min로 예측치의 73.8 ± 8.4%, 만성기도폐쇄군에서 924 ± 231ml/min로 예측치의 56.7 ± 17.2%로 유의한 차이 (p < 0.05)를 보였다. V-slope 방법으로 측정한 무산소역치는 정상대조군에서 83.3%의 결정율과 1157 ± 300ml/min로서 최대산소섭취량의 55.9 ± 11.1%의 결과를 보였고, 만성기도폐쇄군에서는 76.5%의 결정율과 610 ± 112ml/min로서 최대산소섭취량의 35.6 ± 8.5%의 결과를 보였다. 이외에 만성기도폐쇄군에서 호흡예비율 13.4 ± 10.7L/min, 심박

수 예비율  $52.0 \pm 21.2$  beats/min, 최대 심박산소(max  $O_2$ -pulse)  $7.8 \pm 1.7$  ml/beat로서 정상 대조군의 호흡예비율  $26.6 \pm 13.0$  L/min, 심박수 예비율  $27.3 \pm 13.0$  beats/min, 최대 심박산소(max  $O_2$ -pulse)  $11.4 \pm 3.8$  ml/beat보다 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

정상대조군과 만성기도폐쇄군의 양군간의 안정시에서 최대운동부하시까지 여러 운동부하검사지표들의 증감 비율은 Fig. 1.에서와 같이 산소섭취량이 각각 10.9배와 4.2배 증가되었고, 이산화탄소 생성량은 각각 14.6배와 5.1배 증가되었으며 호흡지수는 각각 1.4배와 1.2배의 증가를 보였다. 심박수는 각각 2.0배와 1.5배 증가되었으며, 심박산소는 각각 4.8배와 2.7배되었고 1분환기량도 각각 7.2배와 3.0배의 증가를 보였고 생리적사강비율은 각각 39%와 16%의 감소를 나타내었다.

## 2. 호흡양상의 변화

### 1) 1분환기량의 변화

Rest, 20%, 40%, 60%, 80%, max 등 각 시점에

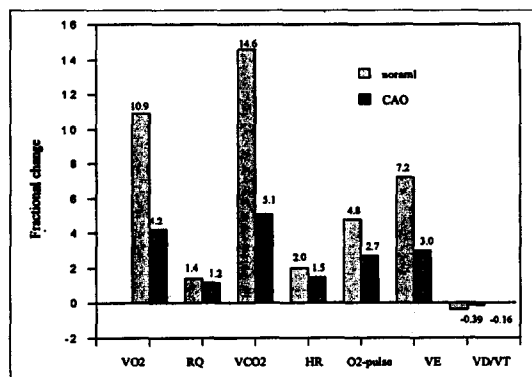


Fig. 1. The comparison of the fractional changes in the parameters of exercise testing from rest to maximum exercise between normal control group and chronic airflow obstruction group.

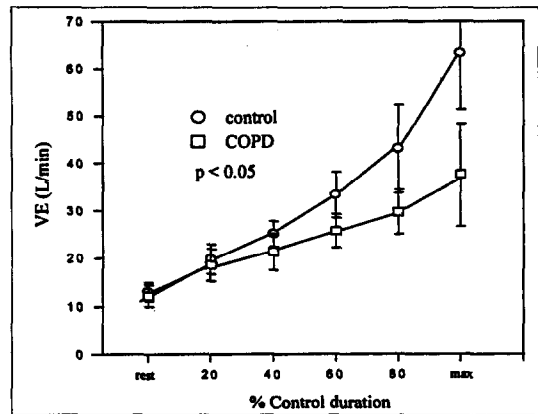


Fig. 2. The comparison of the changes in minute ventilation(VE) between normal control group and chronic airflow obstruction group.

서 1분환기량 (L)은 정상대조군에서 각각  $13.0 \pm 1.9$ ,  $19.8 \pm 3.1$ ,  $25.1 \pm 2.7$ ,  $33.3 \pm 4.8$ ,  $43.1 \pm 9.4$ ,  $63.3 \pm 12.0$ 의 변화를 보였고, 만성기도폐쇄군에서는 각각  $12.2 \pm 2.2$ ,  $18.6 \pm 3.3$ ,  $21.3 \pm 3.8$ ,  $25.7 \pm 3.6$ ,  $29.7 \pm 4.7$ ,  $37.7 \pm 10.6$ 의 변화를 보여 p value 0.0065로서 양군간에 유의한 차이가 관찰되었다(Fig. 2).

### 2) 상시호흡량의 변화

Rest, 20%, 40%, 60%, 80%, max 등 각 시점에서 상시호흡량 (mL)은 정상대조군에서 각각  $682 \pm 72$ ,  $937 \pm 73$ ,  $1147 \pm 110$ ,  $1399 \pm 205$ ,  $1656 \pm 200$ ,  $2026 \pm 388$ 의 변화를 보였고, 만성기도폐쇄군에서는 각각  $621 \pm 140$ ,  $856 \pm 188$ ,  $938 \pm 203$ ,  $1053 \pm 198$ ,  $1176 \pm 220$ ,  $1254 \pm 311$ 의 변화를 보여 p value 0.0087로서 만성기도폐쇄군에서의 상시호흡량의 변화는 정상대조군에 비해 유의하게 낮았다(Fig.3).

### 3) 호흡수 변화

Rest, 20%, 40%, 60%, 80%, max 등 각 시점에서 호흡수 (/min)는 정상대조군에서 각각  $19.3 \pm$

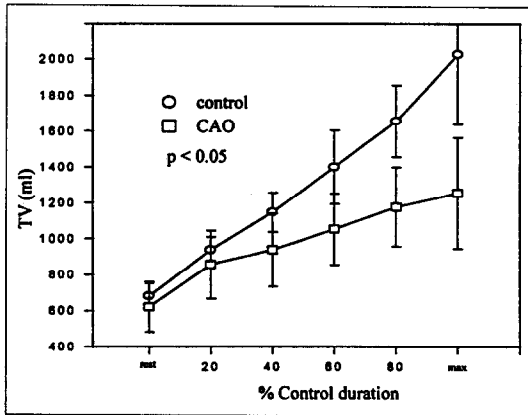


Fig. 3. The comparison of the changes in tidal volume(TV) between normal control group and chronic airflow obstruction group.

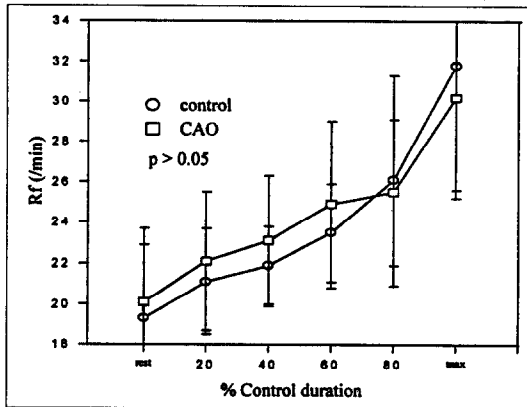


Fig. 4. The comparison of the changes in breathing frequency(Rf) between normal control group and chronic airflow obstruction group.

3.6,  $21.1 \pm 2.6$ ,  $219. \pm 1.9$ ,  $23.5 \pm 2.4$ ,  $26.1 \pm 5.2$ ,  $31.8 \pm 6.2$ 의 변화를 보였고, 만성기도폐쇄군에서는 각각  $20.1 \pm 3.6$ ,  $22.1 \pm 3.4$ ,  $23.1 \pm 3.2$ ,  $24.9 \pm 4.1$ ,  $25.5 \pm 3.6$ ,  $30.2 \pm 5.0$ 의 변화를 보여 p value 0.7773으로써 양군간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다.(Fig. 4.)

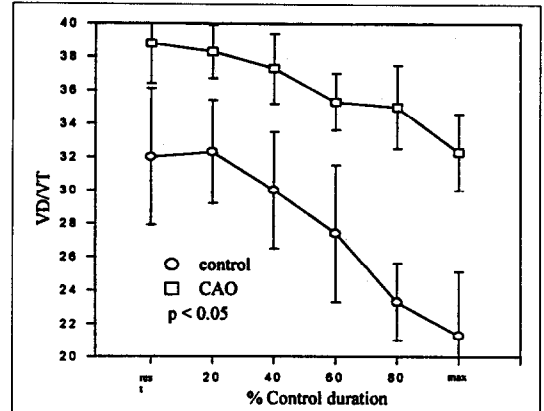


Fig. 5. The comparison of the changes in physiologic dead space ratio(VD/VT) between normal control group and chronic airflow obstruction group.

#### 4) 생리적사강비율의 변화

Rest, 20%, 40%, 60%, 80%, max 등 각 시점에서 생리적사강비율 (%)은 정상대조군에서 각각  $32.0 \pm 4.1$ ,  $32.2 \pm 3.1$ ,  $30.0 \pm 3.5$ ,  $27.4 \pm 4.1$ ,  $23.3 \pm 2.3$ ,  $21.3 \pm 3.8$ 의 변화를 보였고, 만성기도폐쇄군에서는 각각  $38.8 \pm 2.4$ ,  $38.3 \pm 1.6$ ,  $37.3 \pm 2.1$ ,  $35.3 \pm 2.5$ ,  $35.0 \pm 2.5$ ,  $32.3 \pm 2.3$ 의 변화를 보여 p value 0.0045로서 만성기도폐쇄군에서 생리적사강비율의 감소가 유의하게 낮았다(Fig. 5).

#### 5) 흡기책임비율의 변화

Rest, 20%, 40%, 60%, 80%, max 등 각 시점에서 흡기책임비율 (%)은 정상대조군에서 각각  $38.4 \pm 3.0$ ,  $40.6 \pm 2.8$ ,  $43.7 \pm 5.4$ ,  $45.6 \pm 2.7$ ,  $45.1 \pm 2.8$ ,  $48.6 \pm 4.5$ 의 변화를 보였고, 만성기도폐쇄군에서는 각각  $40.5 \pm 2.2$ ,  $42.4 \pm 3.0$ ,  $43.2 \pm 3.5$ ,  $42.9 \pm 2.0$ ,  $43.3 \pm 3.5$ ,  $42.6 \pm 3.5$ 의 변화를 보여 p value 0.0027로서 만성기도폐쇄군에서는 운동부하 증가에 따라 정상대조군과 달리 유의하게 증가하지 않음을 확인할 수 있었다(Fig. 6).

## 고 안

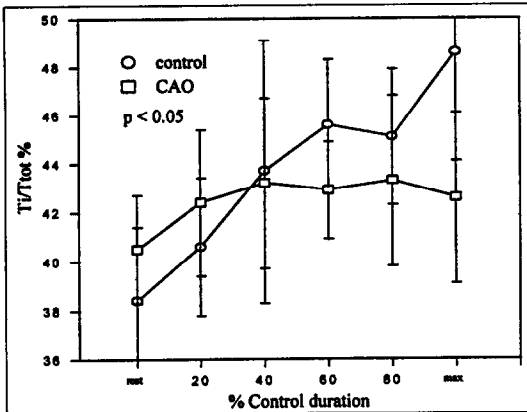


Fig. 6. The comparison of the changes in inspiratory duty ratio( $T_i/T_{tot}$ ) between normal control group and chronic airflow obstruction group.

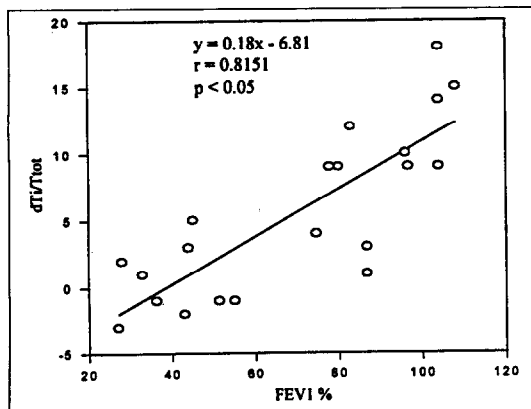


Fig. 7. The correlation between the degree of airflow obstruction( $FEV_1\%$ ) and the change of inspiratory duty ratio( $dT_i/T_{tot}$ )

### 3. 기도폐쇄정도와 흡기책임비율 변화 간의 관련성

기도폐쇄의 정도( $FEV_1\%$  pred.)와 흡기책임비율의 변화와의 관련성을 확인하기 위하여 두 변수간의 Spearman 상관계수를 구한 결과  $r=0.8151$ ,  $y=0.18x-6.81$ 의 선형회귀공식으로 유의한 ( $p<0.05$ ) 상관관계를 확인할 수 있었다(Fig. 7).

만성기도폐쇄 환자가 운동시 상대적으로 작은 상시호흡량과 높은 호흡수를 보여 얇고 빠른 호흡양상을 보인다는 것은 주지의 사실이다. 그러나 이러한 얇고 빠른 호흡양상이 만성폐쇄성폐질환에 특징적인 현상은 아니어서 대개의 호흡기질환과 심장질환 환자 모두에서 유사한 호흡양상을 보인다고 알려져 있다.<sup>9)</sup> Gowda등이<sup>4)</sup> 만성폐쇄성폐질환, 제한성폐질환, 기관지천식, 심장질환 환자 등을 대상으로 최대운동상시호흡량 (maximal exercise tidal volume)의 진단적 가치를 연구한 바에 의하면 최대운동상시호흡량은 폐활량과 매우 높은 상관관계를 보였지만 질환별로 유의한 차이가 없음을 확인하였다. 이는 운동중 발생하는 상시호흡량의 변화는 질환의 종류에 따라 차이를 보이는 것이 아니라 폐기능장애의 정도에 따라 기인하는 것으로 생각된다.

정상인에서 운동중 발생하는 호흡수의 증가는 흡기 시간과 호기시간 모두가 감소하는 것에 기인하지만 상대적으로 호기시간의 감소가 보다 적으므로 1회호흡 시간 중 흡기시간이 차지하는 비율인 흡기책임비율은 안정시의 0.35내지 0.40에서 최대운동시 0.50에서 0.55까지 증가하는 것으로 알려져 있다.<sup>2,10,11)</sup> 그러나 만성폐쇄성폐질환 환자에서는 기도폐쇄의 정도에 따라 그 변화에 차이를 보이는 것으로 알려져 있다. 기도폐쇄의 정도가 심하지 않은 경우는 운동 중 흡기책임비율이 약간 증가할 수도 있지만<sup>12,13)</sup>, 기도폐쇄의 정도가 심한 경우는 운동 중 흡기책임비율의 증가가 거의 없는 것으로 보고되고 있다<sup>7,8)</sup>. 경하거나 아주 심한 기도폐쇄를 보이는 환자는 제외한 본 연구에서 정상인에서는 안정시  $0.38 \pm 0.03$ 에서 최대운동부하시  $0.49 \pm 0.05$ 로 현저한 증가 변화를 보인 반면 만성기도폐쇄군에서는 안정시  $0.41 \pm 0.02$ 에서 최대운동부하시  $0.43 \pm 0.04$ 로 별 차이가 없는 결과를 보여 이들 연구들과 일치하는 결과를 나타내었다. 이와 같이 만성기도폐쇄 환자에서 정상에서 관찰되는 흡기책임비율의 증가가 관찰되지 않는 것은 이미 호기장애

가 초래되어 있는 상태에서 운동시 증가되는 환기량 증가의 요구를 맞추기 위해 상대적으로 보다 긴 호기 시간을 갖기 위한 것으로 생각된다.

본 연구에서 특기할만한 사항 중의 하나는 12명의 대상환자 중 5명에서는 그 정도는 크지 않지만 흡기 책임비율이 오히려 감소하는 결과를 보였다는 사실이다. 감소한 범위는 실제로 1%에서 3% 정도로 미미하지만 이렇게 흡기책임비율이 감소한다는 사실은 기도 생리학적으로 의미있는 일이라고 생각된다. 안정시 기도폐쇄가 심하거나 과탄산혈증이 동반된 경우는 흡기책임비율이 감소하는 것으로 알려져 있다<sup>14)</sup>. 또한 심한 천식 발작시에도 흡기책임비율은 감소하는 것으로 알려져 있고 그 감소 정도와 기도폐쇄 정도와는 상관성이 있는 것으로 보고되고 있다<sup>15)</sup>. 비록 운동시에 있어서는 이와 유사한 보고가 없지만 본 연구에서 매우 심한 기도폐쇄 환자나 이산화탄소 저류가 발생한 환자는 대상에서 제외했음에도 불구하고 흡기책임비율이 최대운동시 미미하지만 일부의 환자에서 감소하는 결과를 보이고, 무엇보다도 그 변화의 정도와 기도폐쇄의 정도와는 매우 좋은 상관관계를 보이고 있다는 사실은 의미있는 결과라 생각되며 매우 심한 기도폐쇄 환자나 과탄산혈증이 관찰되는 환자에서 흡기책임비율의 변화를 관찰해보는 것도 의미있는 일이라 생각된다.

흡기책임비율은 호흡의 타이밍을 나타내는 지표로서 호흡중추에서의 출력에 주로 좌우된다고 알려져 있다<sup>6)</sup>. 따라서 운동 중 흡기책임비율의 변화가 미미하거나 오히려 감소할 수 있는 이유는 확실치는 않지만 흉벽, 흡기근육 혹은 폐 등의 수용체 자극이나 저산소증이나 과탄산증 등의 결과로 구심성 출력이 항진되어 발생하는 것이 아닌가라는 설명도 가능하다고 생각된다. 흡기책임비율이 감소함으로써 얻을 수 있는 이점으로는 호기시간을 상대적으로 증가시킬 수 있다는 점과 호흡근육의 피로 발생을 지연시킬 수 있다고 알려져 있다<sup>16)</sup>.

흡기책임비율과 함께 호흡양상을 평가할 수 있는 또 하나의 지표가 평균흡기유속 (mean inspiratory

flow)인데 이는 타이밍과는 관련없이 흡기적 신경요구를 기계적 변환시키는 출력 변수를 지칭한다<sup>15)</sup>. 흡기적 신경요구의 기계적 변환은 호흡근육의 효율성, 호흡근육의 피로유무, 호흡기계의 저항 등의 함수에 의해 결정되는데 따라서 흡기책임비율의 변화에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 하지만 흡기책임비율과 함께 평균흡기유속의 변화를 동시에 측정하였다라면 만성기도폐쇄 환자에서 관찰할 수 있는 얇고 빠른 호흡양상과 복부근육의 모순적 운동 등의 호흡양상이 운동 중 발생하는 호흡양상의 변화를 좀더 심도있게 평가할 수 있지 않았을까 생각된다.

## 요 약

### 연구배경 :

정상인에서는 운동부하시 증가되는 환기량의 요구를 초기에는 상시호흡량의 증가로 후기에는 호흡수의 증가로 충족시키며, 호흡수 증가에 따라 유발되는 호흡 주기의 감소를 보상하기 위해 흡기책임비율이 50% 이상까지 증가하는 것으로 알려져 있다. 반면 만성기도폐쇄 환자에서는 환기능력의 감소와 생리적 사강 호흡의 증가로 인해 최대운동부하시 얇고 빠른 호흡양상을 보인다고 알려져 있지만 호흡수 증가에 따른 흡기 책임비율의 변화에 대해서는 연구가 많지 않고 이와 기도폐쇄정도와의 관련성에 대해서는 보고가 없는 실정이다.

### 방 법 :

12명의 만성기도폐쇄 환자와 10명의 정상인을 대조로 점진적 최대운동부하검사를 실시하였다. 결과 분석은 안정시에서 최대운동부하점까지의 시간을 100%로 하여 rest, 20%, 40%, 60%, 80%, max 등 % control duration으로 분획한 후 각 시점에서 1분 환기량, 상시호흡량, 호흡수, 생리적 사강비율, 흡기책임비율 등의 지표를 양군 간에 비교하였다.

### 결 과 :

1분환기량과 상시호흡량의 안정시에서 최대운동시까지의 변화는 양군 간에 유의한 차이가 관찰되었으나



호흡수는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 생리적사강 비율은 정상대조군에 비해 만성기도폐쇄군에서 그 감소가 유의하게 낮았다. 흡기책임비율은 정상대조군에서  $38.4 \pm 3.0\%$ 에서  $48.6 \pm 4.5\%$ 로 증가한 반면 만성기도폐쇄군에서는  $40.5 \pm 2.2\%$ 에서  $42.6 \pm 3.5\%$ 로 별 변화가 없어 양군간에 유의한 변화의 차이가 있음을 확인할 수 있었고 이러한 흡기책임비율의 변화는 기도폐쇄정도 (FEV1%)와 유의한 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다. ( $r=0.8151$ ,  $p<0.05$ )

결 론 :

이상의 결과에서 만성기도폐쇄 환자는 최대운동부하시 정상에서 관찰되는 흡기책임비율의 증가가 발생하지 않으며 이는 기도폐쇄의 정도와 유의한 상관성을 갖고 있음을 확인할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- Gallagher CG, Brown E, Younes MK: Breathing pattern during maximal exercise and submaximal exercise with hypercapnia. *J Appl Physiol* 63 : 238, 1987
- McParland C, Krishnan B, Lobo J, et al: Effect of physical training on breathing pattern during progressive exercise. *Respir Physiol* 90 : 311, 1992
- Gallagher CG, Younes MK: Breathing pattern during and after maximal exercise in patients with chronic obstructive lung disease, interstitial lung disease, and cardiac disease, and in normal subjects. *Am Rev Respir Dis* 133 : 581, 1986
- Gowda K, Zintel K, McParland C, et al: Diagnostic value of maximal exercise tidal volume. *Chest* 98 : 1351, 1990
- Nery LE, Wasserman K, French W, et al: Contrasting cardiovascular and respiratory responses to exercise in mitral valve and chronic obstructive pulmonary diseases. *Chest* 83 : 446, 1983
- Von Euler C, Herrero F, Wexler I: Control mechanisms determining rate and depth of respiratory movement. *Respir Physiol* 10 : 93, 1970
- Dodd DS, Brancatisano T, Engel LA: Chest wall mechanics during exercise in patients with severe chronic airflow obstruction. *Am Rev Respir Dis* 129 : 33, 1984
- Scano G, Gigliotti F, van Meerhaeghe A, et al: Influence of exercise and CO<sub>2</sub> on breathing pattern in patients with chronic obstructive lung disease (COLD). *Eur Respir J* 1 : 139, 1988
- Gallagher GC: Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive lung disease. *Clin Chest Med* 15 : 305, 1994
- Gallagher CG, Younes M: Effect of pressure assist on ventilation and respiratory mechanics in heavy exercise. *J Appl Physiol* 66 : 1824, 1989
- Younes M: Determinants of thoracic excursions during exercise. In Whipp BJ, Wasserman K (eds): *Exercise*. New York, Marcel Dekker, 1991, pp 1-65
- Barbera JA, Roca J, Ramirez J, et al: Gas exchange during exercise in mild chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 144 : 520, 1991
- Schaanning J: Respiratory cycle time duration during exercise in patients with chronic obstructive lung disease. *Scand J Respir Dis* 59 : 313, 1978
- Sorli J, Grassino A, Lorange G, Milic-Emili J: Control of breathing in patients with chronic obstructive lung disease. *Clin Sci Mol Med* 54 : 295, 1978
- Hillman DR, Prentice L, Finucane KE: The pattern of breathing in acute severe asthma. *Am Rev Respir Dis* 133 : 578, 1986
- Ballemare F, Grassino A: Effect of pressure and timing of contraction on human diaphragm fatigue. *J Appl Physiol* 53 : 1190, 1982