

## 만성폐쇄성 폐질환의 운동부하 심폐기능검사에서 무산소역치 예비호흡지수의 의의

중앙대학교 의과대학 내과학교실

이병훈, 강순복, 박성진, 지현석, 최재철, 박용범,  
안창혁, 김재열, 박인원, 최병휘, 허성호

= Abstract =

### Breathing Reserve Index at Anaerobic Threshold of Cardiopulmonary Exercise Test in Chronic Obstructive Pulmonary Disease

Byoung-Hoon Lee, M.D., Soon-Bock Kang, M.D., Sung-Jin Park, M.D.,  
Hyun-Suk Jee, M.D., Jae-Chol Choi, M.D., Yong-Bum Park, M.D.,  
Chang-Hyuk Ahn, M.D., Jae-Yeol Kim, M.D., In-Won Park, M.D.,  
Byung-Whui Choi, M.D., Sung-Ho Hue, M.D.

*Department of Internal Medicine, Chung-Ang University College of Medicine, Seoul, Korea*

**Objective :** Cardiopulmonary exercise test is a useful tool to evaluate the operative risk and to plan exercise treatment for the patients with chronic obstructive pulmonary disease(COPD). In cardiopulmonary exercise test, most of the measured parameters are recorded at the time of peak exercise, which are hard to attain in COPD patients. So we evaluated the usefulness of the parameter, breathing reserve index( $BRI = \text{minute ventilation } [V_E] / \text{maximal voluntary ventilation} [MVV]$ ) at the time of anaerobic threshold( $BRI_{AT}$ ) for the differentiation of COPD patients with normal controls.

**Methods :** Thirty-six COPD patients and forty-two healthy subjects underwent progressive, incremental exercise test with bicycle ergometer upto possible maximal exercise. All the parameters was measured by breath by breath method.

**Results :** The maximal oxygen uptake in COPD patients (mean  $\pm$  SE) was  $1061.2 \pm 65.6 \text{ ml/min}$  which was significantly lower than  $2137.6 \pm 91.4 \text{ ml/min}$  of normal subjects ( $p < 0.01$ ). Percent predicted maximal oxygen uptake was 54.3% in COPD patients and 86.0% in normal subjects ( $p < 0.01$ ). Maximal exercise(respiratory quotient;  $VCO_2/VO_2 \geq 1.09$ ) was accomplished in 7 of 36 COPD patients(19.4%) and in 18 of 42 normal subjects(42.9%). The  $BRI_{AT}$  of COPD patients was higher( $0.50 \pm 0.03$ ) than that of control subject( $0.28 \pm 0.02$ ,  $p < 0.01$ ), reflecting early hyperventilation in COPD patient during exercise. The correlation between  $BRI_{AT}$  and BRI at maximal exercise in COPD patients was good( $r = 0.9687$ ,  $p < 0.01$ ).

**Conclusion :** The  $BRI_{AT}$  could be a useful parameter for the differentiation of COPD patients with normal controls in the submaximal cardiopulmonary exercise test. (Tuberculosis and Respiratory Diseases 1999, 46 : 795-802)

**Key words :** Cardiopulmonary exercise test, Submaximal exercise, COPD, Breathing reserve index.

## 서 론

운동부하 심폐기능검사(이하 운동검사)는 운동 스트레스에 대한 반응을 측정하여 호흡곤란 증상이 있는 환자에서 일반 폐기능검사로는 불가능한 객관적 기능 평가를 할 수 있고, 운동 장애의 조기 진단과 환자의 심폐예비능력을 측정할 수 있는 방법이다. 특히 만성 폐쇄성 폐질환에서 운동검사는 호흡기 증상 또는 장애의 객관적인 측정, 환자에 대한 운동처방, 치료에 대한 효과판정, 그리고 수술전의 위험성 평가 등의 목적에 유용하게 이용된다<sup>1-3)</sup>.

운동검사에 포함된 여러 지표들은 최대운동(maximal exercise) 시점에서의 값이 주로 이용되는데<sup>4)</sup> 이 때문에 환자가 초기에 운동을 중단하여 최대운동에 도달하지 못하였을 경우에는 심폐기능의 적절한 평가가 어렵게 되며 이러한 경우는 실제로 검사를 시행할 때 흔하게 겪는 어려움이다. 따라서 환자가 최대운동에 도달하지 못하는 경우에도 환자가 도달한 운동량의 한도 내에서 환자의 상태를 평가할 수 있는 유용한 지표의 개발이 필요하다.

최대운동시의 예비호흡지수(Breathing reserve index ; BRI)는 최대운동시의 환기량(minute ventilation at maximal exercise ;  $V_{E_{max}}$ )과 최대수의환기량(maximal voluntary ventilation ; MVV)의 비율( $V_{E_{max}}/MVV$ )로 최대운동시 대상인의 과환기 정도를 나타내주는 지표이며, 만성 폐쇄성 폐질환 환자에서는 대부분 비정상적으로 증가된 소견을 보인다<sup>5-7)</sup>. 만일 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 최대운동시 예비호흡지수(BRI at maximal exercise ;  $BRI_{max}$ ) 뿐만 아니라 무산소역치에서의 예비호흡지수(BRI at anaerobic exercise ;  $BRI_{AT}$ )도 역시 증가되어 있다

면 최대운동에 도달하지 못한 만성폐쇄성 폐질환 환자를 정상인들과 구별함에 있어서 유용할 수 있을 것으로 판단된다.

이에 저자들은 만성폐쇄성 폐질환 환자와 정상대조군에서 운동부하 심폐기능검사를 시행하여 최대운동시의 예비호흡지수와 무산소역치에서의 예비호흡지수를 알아보고 이 값을 비교하여 보았으며, 양군에서 최대운동시의 예비호흡지수와 무산소역치에서의 예비호흡지수간의 상관관계를 확인하여 상호간의 연관성을 알아보아서 궁극적으로 최대운동에 도달하지 못한 운동부하 심폐기능 검사의 결과를 활용할 수 있는 방안을 찾고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

만성폐쇄성 폐질환의 진단은 American Thoracic Society에 의한 진단기준을 따랐으며<sup>8)</sup>, 운동부하 심폐기능 검사 시행전에 비교적 안정된 경과를 보이면서 검사시작 2주 이내에 노력성 1초 호기량/노력성 폐활량( $FEV_1/FVC$ )이 70% 이하이며 노력성 1초 호기량의 변이가 20% 이하인 경우에 대상으로 선정하였다. 또한 흉부 단순 촬영상 다른 폐질환이 있거나 허혈성 심질환, 신부전, 조절되지 않는 당뇨병, 악성종양 등이 합병되어 있는 경우, 운동검사를 실시하는데 영향을 줄 수 있는 혈관질환, 신경계질환 등이 있는 경우 그리고 심한 빈혈이 있는 경우는 제외하여 최종적으로 검사를 시행한 만성폐쇄성 폐질환 환자는 총 36명이었으며 정상대조군은 건강한 성인 42명으로 하였다.

## 2. 방 법

대상자는 식후 2시간 후에 운동부하 심폐기능검사를 실시하였고 운동전에 키, 몸무게, 혈압 그리고 폐활량 검사기로 노력성 1초 호기량, 노력성 폐활량 그리고 노력성 1초 호기량/노력성 폐활량비 등을 측정하였다. 운동은 SensorMedics 사의 Model No. 2900 자전거 작업계(bicycle ergometer)를 이용하여 incremental exercise을 실시하였다. 운동검사 방법은 2-4분간 공회전 시킨 뒤 분당 10 Watts씩 운동부하를 증가하면서 최대한의 운동을 시켰으며 운동중 심박동수와 호흡수, 산소 섭취량(oxygen uptake ;  $\text{VO}_2$ ), oxygen pulse, 분당 호흡량(minute ventilation), 그리고 이산화탄소 배출량(carbon dioxide output ;  $\text{VCO}_2$ ) 등은 10초 간격으로 기록하였으며 혈압은 매분 측정하였다. 운동중에 참을 수 없는 호흡곤란, 흉통, 심전도상의 변화, 혈압하강이나 200/130mmHg 이상의 혈압상승, 그리고 다리의 심한 통증 등이 나타나면 운동을 중지하였다. 운동시 분당환기량과 호기가스분획은 breath by breath 법으로 측정되었다.

최대운동시의 예비호흡지수(breathing reserve index at maximal exercise ;  $\text{BRI}_{\text{max}}$ )는 최대운동시의 환기량(minute ventilation at maximal exercise ;  $\text{V}_{\text{Emax}}$ )과 최대수의환기량(maximal voluntary ventilation ;  $\text{MVV}$ )의 비율( $\text{V}_{\text{Emax}}/\text{MVV}$ )로, 그리고 무산소역치에서의 예비호흡지수(breathing reserve index at anaerobic threshold ;  $\text{BRI}_{\text{AT}}$ )는 무산소역치에서의 환기량(minute ventilation at anaerobic exercise ;  $\text{V}_{\text{EAT}}$ )과 최대수의환기량( $\text{MVV}$ )의 비율( $\text{V}_{\text{EAT}}/\text{MVV}$ )로 표시하였고, 최대수의환기량( $\text{MVV}$ )은 노력성 1초 호기량에 40을 곱하여 구하였다<sup>4)</sup>. 무산소성 역치(anaerobic threshold)는 V-slope 방법으로 측정하였다<sup>4)</sup>. 운동종료직전의 예비호흡지수(breathing reserve index at end of exercise ;  $\text{BRI}_{\text{end}}$ )는 최대운동 수행여부와 상관없이 운동검사 종료직전에 측정된 분당환기량(minute ventila-

tion at end of exercise ;  $\text{V}_{\text{End}}$ )과 최대수의환기량의 비율( $\text{V}_{\text{End}}/\text{MVV}$ )로 하였다. 최대산소섭취량의 예상치(predicted  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ; pred.  $\text{VO}_{2\text{max}}$ )는 성별, 연령, 체중, 신장을 반영하여 측정하였다<sup>4)</sup>. 최대운동 수행여부는 R값(respiratory quotient= $\text{VCO}_2/\text{VO}_2$ )이 1.09 이상일 경우 최대운동에 도달한 것으로 판정하였다.

## 3. 통 계

측정된 결과는 평균  $\pm$  표준오차(mean  $\pm$  standard error of mean)로 나타내었으며, 통계학적 분석은 윈도우용 SPSS를 이용하여 평균치의 비교는 Students t-test를, 그리고 상관관계는 Pearson's correlation test를 적용하였고, 유의성 검정은 p값이 0.05 미만일 때로 하였다.

## 결 과

### 1. 안정시 폐기능 검사

만성폐쇄성 폐질환 환자와 정상대조군의 %predicted  $\text{FEV}_1$ 은 각각  $69.11 \pm 3.97\%$ 와  $102.62 \pm 1.58\%$ 였으며,  $\text{FEV}_1/\text{FVC}(\%)$ 는 각각  $54.94 \pm 1.62\%$ 와  $86.50 \pm 0.80\%$ 로 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 정상대조군에 비해 유의하게 낮았다(각각  $p < 0.01$ ) (Table 1).

### 2. 최대산소섭취량(Maximal oxygen uptake ; $\text{VO}_{2\text{max}}$ )

만성폐쇄성 폐질환 환자와 정상대조군의 최대산소섭취량은 각각  $1061.2 \pm 65.6\text{ml/min}$ 와  $2137.6 \pm 91.4\text{ml/min}$ 였으며, 이들의 예상치에 대한 백분율(% work capacity ;  $\text{VO}_{2\text{max}}/\text{pred. VO}_{2\text{max}}$ )은 각각  $54.3 \pm 3.0\%$ 와  $86.0 \pm 3.1\%$ 로 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 정상대조군에 비해 최대산소섭취량과 최대산소섭

**Table 1.** Baseline characteristics

	COPD (N=36)	Control (N=42)
Male : Female(No.)	34 : 2	22 : 20
Age (year)	66.7 ± 1.3	25.2 ± 0.5
Height (cm)	165.4 ± 0.9	168.6 ± 1.3
Weight (kg)	61.1 ± 1.4	64.9 ± 2.1
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.33 ± 0.46	22.62 ± 0.51
FVC (ml)	3102.8 ± 132.7	4429.3 ± 142.4
FEV <sub>1</sub> (ml)	1754.7 ± 108.6	3808.6 ± 111.1
FEV <sub>1</sub> (%predicted)	69.11 ± 3.97	102.62 ± 1.58
FEV <sub>1</sub> /FVC (%)	54.94 ± 1.62	6.50 ± 0.80

**Table 2.** Results of cardiopulmonary exercise

	COPD (N=36)	Control (N=42)	p value
VO <sub>2max</sub> (ml/min)	1061.2 ± 65.6	2137.6 ± 91.4	<0.01
%pred. VO <sub>2max</sub>	62.89 ± 3.34	85.13 ± 1.87	<0.01
AT (ml/min)	764.2 ± 60.6	1433.8 ± 83.6	<0.01
AT %pred, VO <sub>2max</sub>	45.51 ± 3.40	58.19 ± 3.07	<0.01
BRI <sub>max</sub>	0.66 ± 0.04	0.42 ± 0.01	<0.01
BRI <sub>AT</sub>	0.50 ± 0.03	0.28 ± 0.02	<0.01
R ≥ 1.09	7	18	
R < 1.09	29	24	

취예상치의 백분율이 유의하게 낮았다(각각  $p < 0.01$ )(Table 2).

### 3. 무산소역치(Anaerobic threshold ; AT)

만성폐쇄성 폐질환 환자와 정상대조군의 무산소역치는 각각  $764.2 \pm 60.6 \text{ ml/min}$ 와  $1433.8 \pm 83.6 \text{ ml/min}$ 이었으며, 무산소역치의 최대산소섭취량의 예상치에 대한 백분율(AT %pred, VO<sub>2max</sub>)은 각각  $39.3 \pm 3.0\%$ 와  $58.8 \pm 3.1\%$ 로 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 정상대조군에 비해 유의하게 낮았다(각각  $p < 0.01$ )(Table 2).

### 4. 운동종료 직전의 예비호흡지수(BRI<sub>end</sub>)와 무산소역치에서의 예비호흡지수(BRI<sub>AT</sub>)

R값(respiratory quotient = VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>) 1.09를 기준으로 최대운동의 시행 여부를 판정하였을 때 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 최대운동에 도달한 사람은 36명중 7명(19.4%), 정상대조군에서는 42명중 18명(42.9%)이었다.

운동종료 직전의 예비호흡지수(BRI<sub>end</sub>)는 만성폐쇄성 폐질환 환자에서  $0.66 \pm 0.04$ , 정상대조군에서  $0.42 \pm 0.01$ 로 만성폐쇄성 폐질환 환자군에서 정상대조군에 비해 유의하게 높았으며( $p < 0.01$ ), 무산소역치

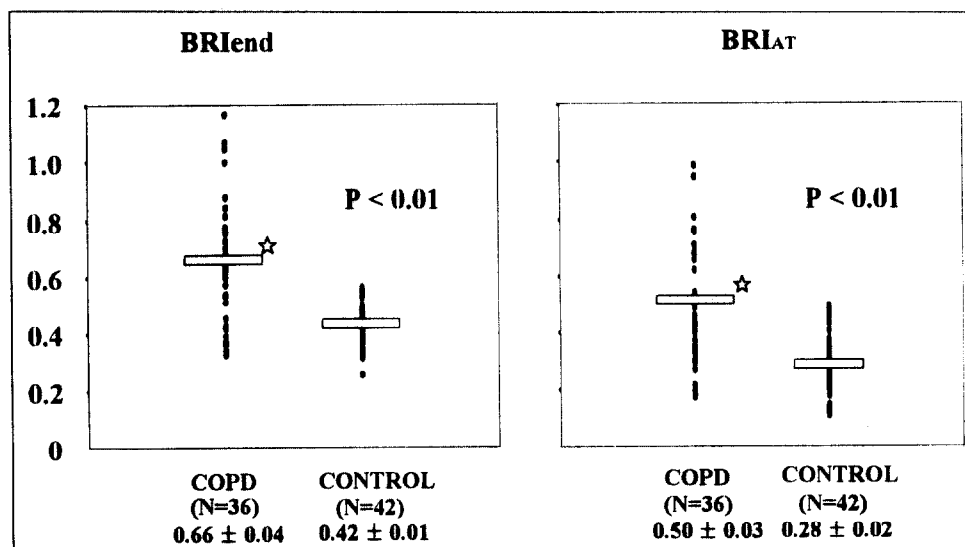


Fig. 1. The BRI<sub>end</sub> and the BRI<sub>AT</sub> for COPD patients and normal subjects. Mean values are represented by horizontal slender boxes. COPD patients showed higher value of the BRI<sub>end</sub> and the BRI<sub>AT</sub> than control ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ ).

BRI<sub>end</sub>; breathing reserve index at the end of exercise

BRI<sub>AT</sub>; breathing reserve index at anaerobic threshold

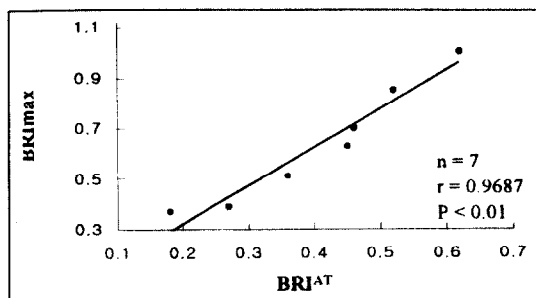


Fig. 2. Correlation between BRI<sub>max</sub> and BRI<sub>AT</sub> in 7 COPD patients who performed maximal exercise. The BRI<sub>AT</sub> correlated well with the BRI<sub>max</sub> ( $r = 0.9687$ ,  $p < 0.01$ ).

에서의 예비호흡지수(BRI<sub>AT</sub>)도 만성폐쇄성 폐질환 환자에서  $0.50 \pm 0.03$ , 정상대조군에서  $0.28 \pm 0.02$ 로 만성 폐쇄성 폐질환 환자군에서 정상대조군에 비해 유의있게 높았다( $p < 0.01$ )(Fig. 1).

## 5. 최대운동시의 예비호흡지수(BRI<sub>max</sub>)와 무산소역치에서의 예비호흡지수(BRI<sub>AT</sub>)와의 상관관계

최대운동을 수행한 만성폐쇄성 폐질환 환자( $n=7$ )에서 무산소역치에서의 예비호흡지수와 최대운동시의 예비호흡지수는 유의한 상관관계를 보였으며( $r=0.781$ ,  $p < 0.01$ ), 최대운동에 도달하였던 정상대조군( $n=18$ )에서 또한 유의한 상관관계를 나타내었다( $r=0.324$ ,  $p < 0.05$ )(Fig 2).

## 고 안

호흡기 질환 환자의 운동능력 제한은 많은 인자들에 의해 비롯된다. 즉 환기 혹은 호흡근 기능장애에 의한 기계적 인자, 저산소혈증 혹은 사강환기 증가 등 폐에서의 가스교환 장애, 폐성심 혹은 동적 과팽창(dynamic hyperinflation)에 의한 심박출량 감소 등 심

혈관계인자, 사지근육에 관여되는 말초인자, 흉통 혹은 하지 피로감 등 감각적 인자, 동기(motivation) 및 신체조절의 장애(deconditioning) 등이 그 예들이다<sup>9-12)</sup>. 따라서 환기 상태를 기준으로 정한 최대운동값( $R \geq 1.09$ )에 도달하기도 전에 운동을 중단하는 경우가 만성 폐쇄성 폐질환에서는 흔히 관찰되며, 이러한 이유로 최대운동시 측정된 환자의 심폐기능지표들을 이용하게되는 운동부하 심폐기능검사에서 만성 폐쇄성 폐질환환자의 성적 해석은 항상 어려움이 따랐다<sup>13,14)</sup>. 실제로 환자가 운동을 조기에 종료하는 경우 분당 최대 산소소모량이 감소할 뿐만 아니라, 폐질환에서 특이적으로 보이는 예비호흡의 감소, 예비호흡지수의 증가, 상시호흡량에 대한 사강비( $V_D/V_T$ )의 증가 등의 소견이 나타나지 않을 수가 있어서 운동부하 심폐기능 검사의 감별진단기능이 무의미해질 수 있다.

운동부하 심폐기능검사에서의 최대운동 수행여부는 운동시 work rate의 증가와  $VO_2$ 의 증가간의 상관관계의 변화, 동맥혈 가스분석에서의 pH나  $HCO_3^-$ 의 변화, 또는 R값(respiratory quotient= $VCO_2/VO_2$ ) 등을 기준으로 추정 판단할 수 있다<sup>4)</sup>. 본 연구에서는 R값을 기준으로 최대운동여부를 판정하였는데 대상이 되었던 만성폐쇄성 폐질환환자 36명중 R값을 기준으로 1.09이상으로 최대운동에 도달하였던 것으로 인정되었던 환자는 7명, 최대 운동에 도달하지 못하였던 환자는 29명이었다.

최대운동시 얻어지는 지표의 하나인 예비호흡(breathing reserve, BR)은 추정 최대환기량 혹은 최대수의환기량(maximal voluntary ventilation; MVV)과 실제 운동시 최대환기량의 차이이며, 예비호흡지수(breathing reserve index, BRI)는 최대운동시의 환기량과 최대수의 환기량과의 비율( $BRI = V_{E_{max}}/MVV$ )로서 두 인자 모두 운동 막바지의 호흡의 여유분을 반영한다<sup>4)</sup>. 폐질환환자에서는 특징적으로 예비호흡은 감소하고 예비호흡지수는 증가되는 소견을 보인다<sup>4)</sup>. 하지만 폐질환환자가 조기에 운동을 종료하여 최대운동에 이르지 못하는 경우에는 예비호

흡과 예비호흡지수 모두 정상범위에 머무를 수 있다. 따라서 최대운동에 이르지 못한 경우에도 유용할 수 있는 지표가 필요한데 Medoff 등<sup>15)</sup>은 무산소역치에서 측정된 예비호흡이 폐질환에 의한 운동제한을 반영할 수 있을 것으로 가정하고 32명의 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 운동부하 심폐기능 검사를 시행하여 무산소역치에서의 예비호흡과 최대운동시의 예비호흡사이에 유의한 상관관계( $r=0.85$ )가 있음을 보고하여, 최대운동에 이르지 못하였으나 무산소역치가 측정 가능하였던 아최대운동(submaximal exercise)시에 무산소역치에서의 예비호흡이 유용할 것으로 보고하였다.

본 연구에서 만성폐쇄성 폐질환 환자의 분당 최대 산소섭취량은  $1061.2 \pm 65.6 \text{ ml/min}$ 로 대조군의  $2137.6 \pm 91.4 \text{ ml/min}$ 에 비해 유의하게 감소된 결과를 보였으나 대조군의 42명중 18명이 R값 1.09를 기준으로 최대운동에 도달한 반면 만성폐쇄성 폐질환 환자의 36명중 7명만이 최대운동에 도달하여 만성폐쇄성 폐질환 환자에서의 낮은 분당 최대 산소섭취량은 조기에 운동을 중단한 것에 기인하였을 수가 있다.

또한 분당 최대 산소섭취량의 감소와 함께 폐질환에 의하여 감소되는 것을 보여주는 척도인 예비호흡, 예비호흡지수, 동맥혈 산소포화도, 생리적 사강율( $V_D/V_T$ ) 등은 주로 최대운동시의 측정치를 판독하게 되는데 조기의 운동중단에 의하여 원래의 특징적인 이상 소견이 관찰되지 않았다. 하지만 Medoff 등<sup>15)</sup>이 주장한 바와 같이 본 연구에서도 무산소역치(AT)에서의 예비호흡과 예비호흡지수가 만성폐쇄성 폐질환 환자군에서 대조군과 의미있는 차이를 보여서 만성폐쇄성 폐질환 환자가 운동 초기에 과호흡을 나타낸다는 점을 확인할 수 있었으며, 최대 운동에 도달한 7명의 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 무산소 역치와 최대운동시의 예비호흡지수가 강한 상관관계를 나타낸 점에서( $R=0.9687$ ), 이 두 지표가 아최대운동시에 유용한 지표로 이용될 수 있을 것으로 보인다.

특기할 만한 점은 정상대조군에서 R값을 기준으로 최대운동에 도달하였던 환자에서도 무산소역치에서의 예비호흡지수와 최대운동시의 예비호흡지수 사이에

유의한 상관관계가 있어 무산소역치에서의 예비호흡지수가 만성폐쇄성 폐질환 환자 이외의 여타 질환군이나 정상인에서도 최대운동에 이르지 못한 경우 유용할 수 있을 것으로 사료되어 이에 대한 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각한다.

본 연구에서는 양 군 사이의 나이가 큰 차이가 있었다(만성폐쇄성 폐질환환자군  $66.7 \pm 1.3$ 세, 대조군  $25.2 \pm 0.45$ 세). 원칙적으로 두 군의 나이가 비슷하여야 비교가 보다 의미가 있겠으나, 예비호흡지수의 산출시 사용되는 최대수의 환기량과 무산소역치에서의 호흡량은 모두 실측한 측정값이므로 나이와 관계없이 의의가 있는 지표일 것으로 판단된다.

이상의 결과로 무산소역치에서의 예비호흡과 예비호흡지수는 만성폐쇄성 폐질환과 정상대조군 사이에 유의한 차이를 보였으며, 최대운동에서의 예비호흡지수와도 유의한 상관관계를 보여서 무산소역치에서의 예비호흡지수는 최대운동에 이르지 못한 만성폐쇄성 폐질환 환자의 평가지표로 유용할 것으로 판단된다. 하지만 만성폐쇄성 폐질환 환자의 운동부하 심폐기능 검사에서 무산소역치가 관찰되지 않는 경우가 간혹 발생하는데, 이러한 경우에는 이용이 제한될 수밖에 없고, 또한 본 연구는 만성폐쇄성 폐질환 환자와 정상대조군을 대상으로 하였기 때문에 두 지표가 다른 질환과의 감별에서도 유용할 수 있을 지에 대해 추가의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 요 약

### 연구배경 :

만성폐쇄성 폐질환에서 운동부하 심폐기능검사(이하 운동검사)는 환자에 대한 운동처방이나 수술전의 위험성 평가 등의 목적에 유용하게 이용된다. 운동검사에 포함된 여러 지표들은 최대운동(maximal exercise) 시점에서의 값이 주로 이용되므로 환자가 조기에 운동을 중단하여 최대운동에 도달하지 못하면 심폐기능의 적절한 평가가 어려우며 따라서 이런 경우에도 유용할 수 있는 지표의 개발이 필요하다. 최대운동시

의 예비호흡지수는 최대운동중의 환기량과 최대환기량의 비율( $V_{E\max}/MVV$ )로 만성폐쇄성 폐질환에서는 대부분 비정상적으로 증가된 소견을 보인다. 만일 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 최대운동시 뿐만 아니라 무산소역치에서의 예비호흡지수도 역시 증가되어 있다면 최대운동에 도달하지 못한 환자의 운동검사 결과의 해석에 유용할 것으로 판단된다.

### 방 법 :

만성폐쇄성 폐질환 환자 36명(남 34명, 여 2명)과 정상대조군 42명(남 22명, 여 20명)을 대상으로 운동부하 심폐기능검사를 시행하였다.

### 결 과 :

만성폐쇄성 폐질환 환자의 FVC(mean  $\pm$  SE)  $3102.8 \pm 132.7$  mL, FEV<sub>1</sub> (mean  $\pm$  SE)  $1754.7 \pm 108.6$  mL, FEV<sub>1</sub>/FVC  $54.94 \pm 1.62\%$  이었으며 정상대조군에서는 FVC(mean  $\pm$  SE)  $4429.3 \pm 142.4$  mL, FEV<sub>1</sub> (mean  $\pm$  SE)  $3808.6 \pm 111.1$  mL, FEV<sub>1</sub>/FVC  $86.05 \pm 0.80\%$  이었다.

만성폐쇄성 폐질환 환자와 정상대조군의  $VO_{2\max}$ 의 평균은  $1.06 \pm 0.07$  L/min와  $2.14 \pm 0.09$  L/min 였으며( $p < 0.01$ ), 예상치에 대한 백분율은 각각  $54.3 \pm 3.0\%$ 와  $86.0 \pm 1.9\%$  이었다( $p < 0.05$ ).

R값 1.09를 기준으로 만성 폐쇄성 폐질환 환자에서 최대운동에 도달한 사람은 36명 중 7명(19.4%), 정상대조군에서는 42명 중 18명(42.9%)이었다.

만성폐쇄성 폐질환 환자와 정상대조군의 무산소역치에서의 예비호흡지수는  $0.50 \pm 0.03$ 과  $0.28 \pm 0.02$  이었다( $p < 0.01$ ).

최대운동을 수행한 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 무산소역치에서의 예비호흡지수와 최대운동시의 예비호흡지수는 유의한 상관관계를 보였다( $r = 0.9687$ ,  $p < 0.01$ ).

### 결 론 :

무산소역치에서의 예비호흡지수는 만성폐쇄성 폐질환 환자군과 정상대조군 사이에 유의한 차이를 보였으며, 최대운동에서의 예비호흡지수와도 유의한 상관관계를 보였다. 따라서 무산소역치에서의 예비호흡지수는 최

대운동에 이르지 못한 만성폐쇄성 폐질환 환자의 평가  
지표로 유용할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. Olsen GN : The evolving role of exercise testing prior to lung resection. *Chest* 95 : 218, 1989
2. Ries AL : Pulmonary rehabilitation. In : Fishman AP, ed. *Pulmonary diseases and disorders*, 2nd ed. New York : McGraw Hill 1325, 1988
3. American Thoracic Society : Evaluation of impairment/disability secondary to respiratory disease. *Am Rev Respir Dis* 126 : 945, 1982
4. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY : *Principle of exercise testing and interpretation*. 2nd ed. Philadelphia : Lea & Febiger, 1994
5. Clark TJ, Freedman S, Campbell EJ, Winn RR : The ventilatory capacity of patients with chronic airways obstruction. *Clin Sci* 36 : 307, 1969
6. LoRusso TJ, Belman MJ, Elashoff JD, Koener SK : Prediction of maximal exercise capacity in obstructive and restrictive pulmonary disease. *Chest* 104 : 1754, 1993
7. 이용철, 김 원, 임석태, 이홍범, 김현중, 이제경, 송현모, 이양근 : 만성 폐쇄성 폐질환, 기관지 천식 환자에서의 운동부하 폐기능검사. *대한내과학회지* 50 : 832, 1996
8. American Thoracic Society : Chronic bronchitis, asthma, and pulmonary emphysema : A statement by the committee on diagnostic standards for nontuberculous respiratory disease. *Am Rev Respir Dis* 85 : 762, 1962
9. Loke J, Mahler DA, Man SF, Wiedemann HP, Matthay RA : Exercise impairment in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 5 : 121, 1984
10. Gimenez M : Exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease, In : Wenger NK, ed, *Cardiovascular clinics, Exercise and the heart* 2nd ed. Philadelphia : F.A. Davis. 261, 1985
11. 유 빈, 김영환, 한성구, 심영수, 김건열, 한용철 : 만성 폐색성 폐질환환자에서 운동부하 폐기능 검사를 이용한 운동능력의 평가. *대한내과학회잡지* 36 : 348, 1989
12. 이용철, 전창호, 이양근 : 수영, 마라톤, 농구와 역도선수에서의 운동부하 폐기능 검사. *대한내과학회잡지* 46 : 380, 1994
13. Cunningham DA, van Waterschoot BM, Paterson DH, Lefcoe M, Sangal SP : Reliability and reproducibility of maximal oxygen uptake measurement in children. *Med Sci Sports Exerc* 9 : 104, 1977
14. Freedson P, Kline G, Porcari J : Criteria for defining  $VO_{2max}$  : A new approach to an old problem [abstract]. *Med Sci Sports Exerc* 18 : S36, 1986
15. Medoff BD, Oelberg DA, Kanarek DJ, Systrom DM : Breathing Reserve at the Lactate Threshold to Differentiate a Pulmonary Mechanical From Cardiovascular Limit to Exercise. *Chest* 113 : 913, 1998