

□ 원 저 □

신체질량지수 및 체지방률, 그리고  
제지방지수가 폐기능 검사에 미치는 영향  
-노력성 호기곡선을 중심으로-

영남대학교 의과대학 내과학교실, \*영남대학교의료원 건강증진센터

박지영, 백종해, 박혜정, 배성욱, 신경철, 정진홍, 이관호

=Abstract=

The Effect of Body Mass Index, Fat Percentage, and  
Fat-free Mass Index on Pulmonary Function Test  
-With Particular Reference to Parameters Derived  
from Forced Expiratory Volume Curve-

Ji Young Park, M.D., Jong Hae Park, M.D., Hye Jung Park, M.D.,  
Seong Wook Bae, Ph.D., Kyeong Cheol Shin, M.D.,  
Jin Hong Chung, M.D., Kwan Ho Lee, M.D.

*Department of Internal Medicine, College of Medicine, Yeungnam University and  
\*Health Promotion Center, Yeungnam University Medical Center, Taegu, Korea*

**Background** : Sex specific cross sectional reference values for the lung function indices usually employ a linear model with a term for age and height. The purpose of this study was to determine the effects of the body mass index (BMI), the fat percentage of the body mass and the fat-free mass index (FFMI) on the forced expiratory volume curve.

**Method** : Between January 2000 and December 2001, a total of 300 subjects, 150 men and 150 women (mean age :  $45 \pm 13$  years), with a normal lung function were enrolled in the study sample. This study measured the FEV<sub>1</sub>, FVC and FEF<sub>25-75%</sub> from the forced expiratory volume curve by a spirometer and the body composition by a bioelectrical impedance method in all subjects. Multiple regression analysis was used in order to examine the effects of the body composition on the parameters derived from the forced expiratory volume curve.

---

Address for correspondence

**Jin Hong Chung, M.D.**

Department of Internal Medicine, Yeungnam University Hospital

317-1 Daemyung Dong, Namgu, Taegu, 705-035

Phone : 053-620-3840 Fax : 053-654-8386 E-mail : jhchn@med.yu.ac.kr

**Result** : After adjusting for age, the BMI and Fat percentage improved the descriptions of the FVC ( $p < 0.05$ ,  $r^2 = 0.491$ ) and FEV<sub>1</sub> ( $p < 0.05$ ,  $r^2 = 0.654$ ) in women. In contrast, the FFMI contributed significantly to the FVC ( $p < 0.05$ ,  $r^2 = 0.432$ ) and FEV<sub>1</sub> ( $p < 0.05$ ,  $r^2 = 0.567$ ) in men. The FEF<sub>25-75%</sub> correlated with the fat percentage in women ( $p < 0.05$ ,  $r^2 = 0.337$ ).

**Conclusion** : These results suggest that the BMI, the fat percentage and the FFMI are significant determinants of the forced expiratory volume curve. The pulmonary function test, when considering the BMI, the fat percentage and the FFMI, might be useful in clinical applications. (*Tuberculosis and Respiratory Diseases* 2003, 54:210-218)

**Key words** : Body mass index, Fat percentage, Fat-free mass index, FVC, FEV<sub>1</sub>, FEF<sub>25-75%</sub>.

## 서 론

폐기능 검사는 폐기능 장애정도를 평가하고, 폐질환의 진단 및 치료 효과를 판정하는데 가장 기본적인 검사방법이다. 현재 연령과 신장이 폐기능 검사치와 비교적 상관관계가 커 이들 변수에 의한 폐기능 검사의 예측력이 많이 이용되고 있으나<sup>1</sup>, 체지방은 기능성 잔기용량(functional residual capacity)을 제외하고는 폐기능 검사의 예측에 거의 사용되지 않고 있다<sup>1-2</sup>.

체성분 중 체지방률이 증가할수록 안정시 폐기능은 감소하는데, 이는 흉강과 복강의 지방 축적 때문에 호흡기능의 변화가 일어나서 호흡의 기계적 기능이 증가하고 폐용적이 감소되며 흉벽의 용압력이 감소하기 때문이다. 또한 체지방이 증가함에 따라 불규칙한 호흡에 의하여 폐포의 환기량 역시 감소하게 된다<sup>3</sup>. 지방의 분포는 남자의 경우 말초에 지방의 분포가 많은 여자에 비해 중심비만이 흔하며, 그 결과 체성분 변화에 따른 폐활량의 차이가 남자에서 더 크다<sup>4-6</sup>.

체성분 중 체지방량은 신체 크기를 고려하여 체지방지수(fat-free mass index, FFM/height<sup>2</sup>, FFMI)로 표현하는데, 체지방량은 대개 근육으로 구성되어 있어 호흡근 훈련을 포함한 물리적인 노력에 의해 증가될 수 있다<sup>7</sup>. 이런 관점에서 볼 때, 체지방량과 근육량의 변화는 폐기능에 영향을 미

칠 수 있는 중요한 인자로 작용할 수 있다.

저자들은 폐기능 검사결과를 분석할 때 연령과 신장뿐 아니라 체성분까지 고려하여 이해하는 것이 유용한 지 확인하려 하였으며, 노력성 호기곡선(forced expiratory volume curve)을 이용하여 본 연구를 시행하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구대상

2000년 1월부터 2001년 12월까지 영남대학교의료원 건강증진센터를 방문한 사람 중 폐기능 검사와 체성분 분석(body composition analysis, BCA)을 시행한 300명을 대상으로 하였다. 20대부터 60대까지 각 연령대별로 30명씩 구성하여 남녀 각각 150명으로 평균연령은 45세였다. 연구 대상은 폐기능이 정상인 사람으로 당뇨병, 고혈압, 악성종양, 불안정한 심질환, 활동성 위장관질환, 내분비 이상, 흉부 수술 병력이 있는 경우는 제외하였으며 급성 호흡기 감염, 기관지 확장증, 진폐증, 그리고 흉막질환이 있는 경우도 제외하였다.

### 2. 방 법

폐활량 측정법(spirometry)를 이용하여(Sensorme-

**Table 1.** Characteristics of the study group

	Male(n=150)	Female(n=150)
Age, years	45.3 ± 12.9	45.4 ± 13.3
Height, cm	169.3 ± 6.3	156.3 ± 5.9
Body weight, kg	68.0 ± 8.1	57.1 ± 6.1
BMI, kg/m <sup>2</sup>	24.0 ± 2.5	23.7 ± 2.8
Fat percentage, %	21.6 ± 4.7	30.3 ± 5.4
FFM, kg	53.4 ± 5.6	39.9 ± 3.5
FFMI, kg/m <sup>2</sup>	18.6 ± 3.4	16.3 ± 1.1
FVC, L	4.3 ± 0.7	3.0 ± 0.5
FEV <sub>1</sub> , L	3.7 ± 0.6	2.6 ± 0.5
FEF <sub>25-75%</sub> , L/sec	4.3 ± 1.2	3.1 ± 0.8

BMI : body mass index, FFM : fat free mass, FFMI : fat-free mass index.

**Table 2.** Inter-correlations between the principal reference variables

F	M	Age	Height	BMI	Fat %	FFMI
Age, years			-0.542**	0.296**	0.376**	0.153
Height, m		-0.615**		-0.131	-0.285**	0.013
BMI, kg/m <sup>2</sup>		0.571**	-0.500**		0.823**	0.699**
Fat%, %		0.500**	-0.500**	-0.457**		0.236**
FFMI, kg/m <sup>2</sup>		0.390**	-0.219**	0.722**	0.239**	

F : female, M : male, BMI : body mass index, Fat% : fat percentage, FFMI : fat-free mass index.

\*\*Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

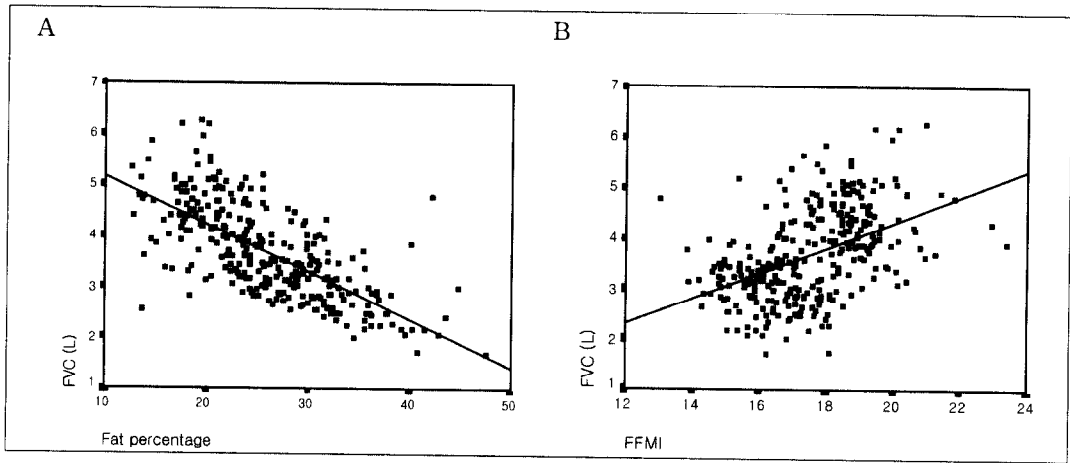
dics, Vmax 2130, YobaLinda, California, U.S.A.) 노력성 호기곡선에서 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC) 및 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume at one second, FEV<sub>1</sub>) 그리고 노력성 호기중간유량(mean forced expiratory flow during the middle half of the FVC, FEF<sub>25-75%</sub>)을 측정하였다.

체성분은 Inbody 2.0(Biospace, Seoul, Korea)을 이용하여 생체전기 저항법(bioelectrical impedance method)으로 체중, 신장, 체질량지수(body mass index, Kg/m<sup>2</sup>, BMI), 체지방율(fat percentage, fat%), 제지방량(fat free mass, FFM) 등을 측정하였다<sup>8</sup>. 제지방지수(fat-free mass index, FFM/

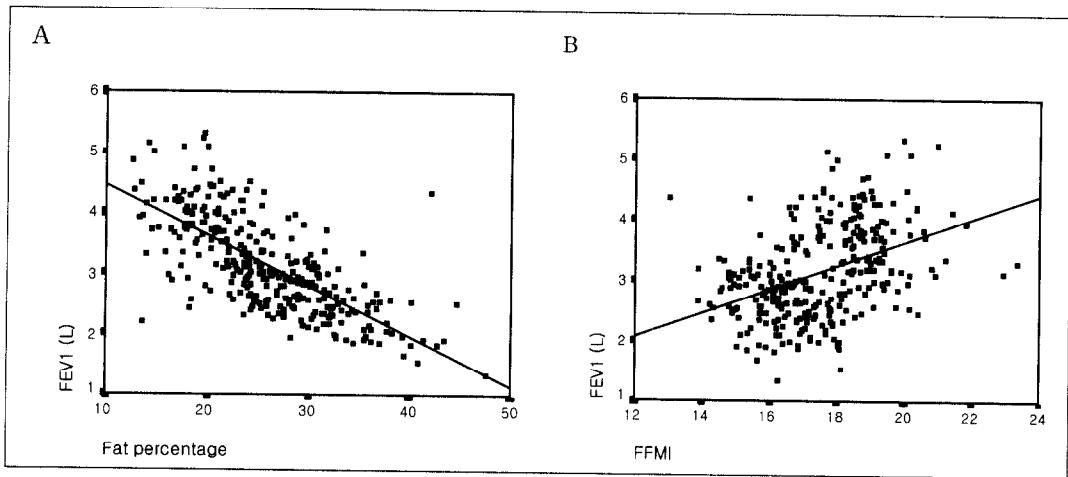
height<sup>2</sup>, FFMI)는 체지방량을 신장의 제곱으로 나눈 값으로 나타내었다.

### 3. 통계

자료 통계 처리는 SPSSWIN 10.0(SPSS int., Chicago, U.S.A.)을 이용하였으며, 체성분을 분석한 결과 중 성별차이는 독립표본 t-검정(unpaired independent t-test)을 이용하여 확인하였다. 노력성 폐활량 및 1초간 노력성 호기량, 그리고 노력성 호기중간유량과 체성분의 상관관계를 다중 회귀분석(multiple linear regression)에 의해 조사하고, 폐기능 검사의 예측치를 통계적으로 유의한 인자를



**Fig. 1.** Correlation between the FVC and body composition.  
 A. FVC was negatively associated with the fat percentage in men and women.  
 B. FVC was positively associated with the FFMI in men and women.



**Fig. 2.** Correlation between the FEV<sub>1</sub> and body composition  
 A. FEV<sub>1</sub> was negatively associated with the fat percentage in men and women.  
 B. FEV<sub>1</sub> was positively associated with the FFMI in men and women.

고려하여 간접적으로 계산하였으며 그 회귀성을 알아보기 위하여 결정계수  $r^2$ 로 나타내었다. 통계적 유의수준은 0.05미만으로 하였다.

### 결 과

대상군의 특성은 남녀의 체질량지수는 유사하였으

나, 체지방율은 여자가 높았고 체지방량과 체지방지수는 남자가 높았다( $p < 0.05$ )(Table 1). 체성분 분석결과 나이는 남녀 모두 키, 체질량지수, 체지방률과 상관관계가 있었으며, 여자의 경우 상기 지수외에 체지방질량과도 유의한 상관관계가 있었다( $p < 0.01$ ). 키는 여자의 경우 체질량지수와 체지방률, 체지방지수와 유의한 상관관계가 있었으나

**Table 3.** Results of multiple regression analysis for the PFT including BMI, Fat% and FFMI in male

	BMI			Fat%			FFMI		
	b	SE	p-value	b	SE	p-value	b	SE	p-value
FVC	2.085E-02	0.018	0.256	-1.7E-02	0.010	0.084	0.100	0.033	0.002
FEV <sub>1</sub>	6.090E-03	0.015	0.676	-1.8E-02	0.008	0.028	6.096E-02	0.026	0.021
FEF <sub>25-75%</sub>	-0.85E-04	0.034	0.980	-2.0E-02	0.019	0.300	3.343E-02	0.063	0.597

BMI : body mass index, Fat% : fat percentage, FFMI : fat-free mass index.  
b : beta, SE : standard error.

**Table 4.** Results of multiple regression analysis for the PFT including BMI, Fat% and FFMI in female

	BMI			Fat%			FFMI		
	b	SE	p-value	b	SE	p-value	b	SE	p-value
FVC	-0.50E-02	0.015	0.001	-3.7E-02	0.007	0.000	2.392E-02	0.032	0.462
FEV <sub>1</sub>	-4.0E-02	0.011	0.000	-3.1E-02	0.005	0.000	2.565E-02	0.023	0.273
FEF <sub>25-75%</sub>	-1.9E-02	0.024	0.413	-2.4E-02	0.011	0.035	6.101E-02	0.054	0.264

BMI : body mass index, Fat% : fat percentage, FFMI : fat-free mass index.  
b : beta, SE : standard error.

**Table 5.** The FVC and FEV<sub>1</sub> equation formula including the BMI, Fat% and the FFMI(p<0.05)

Sex	FVC & FEV <sub>1</sub> equation formula	r <sup>2</sup>
Male	FVC=4.323 - 0.033 Age + 0.1 FFMI	0.432
	FEV <sub>1</sub> =4.509 - 0.035 Age - 0.018 Fat% + 0.061 FFMI	0.567
Female	FVC=4.625 - 0.019 Age - 0.037 Fat%	0.491
	FEV <sub>1</sub> =4.085 - 0.021 Age - 0.031 Fat%	0.654

(p<0.01) 남자의 경우 체지방률만 상관관계가 있었다(p<0.01)(Table 2). 또한 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량은 체지방률과 역의 상관관계를 보였고, 체지방지수와 양의 상관관계를 보였다(Fig. 1, Fig. 2).

다중회귀분석의 결과 남자의 경우 노력성 폐활량을 설명하는데 체지방지수가 통계적으로 유의하였으며(p<0.05, r<sup>2</sup>=0.432), 1초간 노력성 호기량을 설명하는데 체지방률과 체지방지수가 통계적으로 유의하였다(p<0.05, r<sup>2</sup>=0.567)(Table 3). 여자의 경우 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량을 설명하는데 체지방률지수(FVC: p<0.05, r<sup>2</sup>=0.435, FEV<sub>1</sub>:

p<0.05, r<sup>2</sup>=0.597)와 체지방률(FVC: p<0.05, r<sup>2</sup>=0.491, FEV<sub>1</sub>: p<0.05, r<sup>2</sup>=0.654)이 통계적으로 유의하였으며, 노력성 호기중간유량은 체지방률과 유의한 관련이 있었다(p<0.05, r<sup>2</sup>=0.337)(Table 4).

남자와 여자의 경우 각각 체지방률과 체지방지수를 고려하여 폐기능 검사의 예측식을 구하였다. 남자의 경우 FVC=4.323-0.033 Age+0.1 FFMI, FEV<sub>1</sub>=4.509-0.035 Age-0.018 Fat%+0.061 FFMI로 표현할 수 있으며, 여자의 경우 FVC=4.625-0.019 Age-0.037 Fat%, FEV<sub>1</sub>=4.085-0.021 age-0.031 Fat%으로 설명할 수 있었다(Table 5).

## 고 찰

폐활량 측정법에 의한 폐기능 검사는 폐기능 장애의 평가 및 폐질환의 진단 그리고 치료 효과를 판정하는데 가장 기본적인 검사방법이다. 폐기능 검사의 예측 정상치를 구하려면 이에 영향을 미치는 성별과 연령, 신장 등이 고려된 회귀방정식을 구해야 한다. 오래 전부터 폐기능 측정치는 연령 및 신체 계측치들과 어느 정도 상관관계가 있다는 것이 알려져 있기 때문에 이들 변수에 의한 폐기능 측정치의 회귀방정식을 구하려는 연구가 계속되었다. 현재는 연령과 신장이 폐기능 검사치와 비교적 상관관계가 커 이들 변수에 의한 폐기능 검사의 예측식이 많이 이용되고 있다.

이전의 많은 연구들을 보면 연령과 성별, 체중이 폐기능과의 연관성이 높다는 사실이 밝혀졌으나<sup>9</sup>, 체질량지수를 고려하여 폐기능과의 관계를 규명하기도 했다<sup>10</sup>. Pistelli 등<sup>11</sup>은 남녀 모두 연령, 신장과 함께 체질량지수는 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량에 관련이 있는 중요한 예측인자임을 밝혔다. 그러나 소수의 연구만이 체지방량과 체지방량의 개념을 사용하였는데<sup>12-16</sup>, Hall 등<sup>13</sup>은 건강한 영국 여성의 폐기능 참고치를 알기 위해 체지방과 체지방의 개념을 포함시켰으나 노력성 폐활량의 경우 체지방과 유의한 관련이 없었다. Mengesha 등<sup>14</sup>은 흡연력이 없는 유럽의 남녀에서 폐기능과 체성분의 연관성을 규명하였는데 남녀 모두 연령과 신장에 대해 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량은 유의한 상관관계가 있었는데, 남자의 경우 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량은 체중 및 체지방률 그리고 체지방량과 상관관계가 있었으나 여자는 유의성이 없는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 남자의 경우 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량이 체지방량과 유의한 상관관계가 있었으며, 여자의 경우에도 체지방률과 유의한 상관관계가 있었다.

Lazarus 등<sup>17</sup>은 노력성 폐활량은 남녀 모두 체질량지수와는 관련이 없으나 체지방량과는 역의 상관관계가 있으며, 체지방량과는 양의 상관관계가 있음을 보고하였다. 또한 이들은 호흡근 강도와 역의 연관성을 확인하기 위하여 파악기(handgrip)를 이용하여 근육의 강도를 측정하였는데 노력성 폐활량과 양의 상관관계가 있음을 밝혔으며, 남자의 경우 노력성 폐활량과 허리둘레사이에는 역의 상관관계가 있음을 확인하였다. 지방이 적고 근육이 상대적으로 많은 사람은 평균량 이상의 운동을 하는 경우가 종종 있으므로 호흡근의 강도는 체지방지수의 영향을 받지 않고 독립적으로 폐기능에 영향을 미칠 수 있다<sup>18</sup>. 지방의 분포 또한 폐기능에 영향을 미칠 수 있는데 허리둘레나 허리-엉덩이 둘레의 비(waist-hip ratio, WHR)에 따라 상체에 지방의 분포가 많을수록 폐기능이 감소하기도 한다<sup>15-16</sup>. 그러나 본 연구는 호흡근의 강도를 측정하지 않았으며, 체내 지방의 분포를 고려하지 않아 이들 요소가 폐기능에 미치는 영향을 확인할 수는 없었다.

체지방량은 폐기능 인자 중 잔기량, 호기 예비기량, 기능성 잔기용량, 폐활량 그리고 총폐용량에 영향을 미치며 이들과 역의 상관관계가 있는데, 이는 흉강과 복강의 지방이 공기를 밀어내기 때문이다. 체지방질량지수는 흡기량에 영향을 미치는데 이는 체지방지수가 호흡근의 강도를 반영하기 때문이며<sup>19</sup>, 호기 예비기량과 기능성 잔기용량에도 영향을 미치는데 체지방률과 마찬가지로 역의 상관관계가 있다. 체지방률과 체지방지수가 기능성 잔기용량에 대해 역의 상관관계가 있는데, 이러한 관계는 체질량지수에 의해 적절히 표현될 수 있다.

Cote 등<sup>20</sup>은 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량 뿐만 아니라 잔기량, 호기예비기량, 기능성 잔기용량, 폐활량 그리고 총폐용량까지 고려하여 체성분과의 상관관계를 규명하였다. 남자에 있어 체지방지수는 호기 예비기량보다 흡기용량에 더 크

게 영향을 미치므로 노력성 폐활량에 대한 체지방지수는 양의 상관관계가 있는데 이는 체지방량과 반대된다. 그러므로 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량은 체지방률과 체지방지수에 의해 적절히 표현될 수 있으나 체질량지수는 적절하지 않다. 여자의 경우 체지방지수는 호기 예비기량과 흡기용량에 동일한 정도의 역효과를 나타내므로 상쇄효과를 나타나게 된다. 그러므로 남자와 달리 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량은 체지방지수가 아니라 체지방률 또는 체질량지수로 표현될 수 있다. 그러나, 운동을 많이 한 여자의 경우 흡기용량에 대한 체지방지수의 효과가 우세하므로 체지방률 또는 체질량지수로 표현하는 것은 적절하지 못하다<sup>21</sup>.

저자들의 연구결과 남자의 경우 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량이 체지방지수와 통계적으로 유의한 관련성이 있는데 이는 남자가 여자에 비해 체지방량이 체중의 대부분을 차지하기 때문인 것으로 생각된다. 여자의 경우 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량은 체지방률과 관련이 있었는데, 이는 체지방량이 남자에 비해 높았기 때문으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 이용한 폐기능 측정은 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량, 노력성 호기중간유량만을 측정하여 총폐용량 및 흡기용량, 그리고 기능성 잔기용량 등 더 많은 폐기능 인자와의 상관관계를 규명하지 못한 것이 한계가 있다.

노력성 호기중간유량은 여자에서 체지방률의 증가에 따라 유의하게 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 체지방률의 증가에 따라 폐용량이 감소하여 호흡이 낮고 빠르게 이루어져 사강량이 증가하고 기도의 폐쇄와 부분적인 무기폐가 발생한 결과로 생각하고 있다.

결론적으로 체질량지수와 체지방률, 체지방지수는 노력성 폐활량 또는 1초간 노력성 호기량에 영향을 미치는 독립변수로 생각할 수 있으며, 이들

체성분을 고려한 폐기능 검사도 임상에서 유용하게 활용할 수 있을 것으로 생각한다.

## 요 약

### 연구배경 :

폐기능 검사는 폐질환을 진단하는 가장 기본적인 검사방법이며, 현재 연령과 신장을 포함하는 폐기능 검사의 예측식이 많이 이용되고 있다. 체성분 중 체지방량의 감소는 폐용적 증가와 상관관계가 있으며, 체지방량은 대개 근육으로 구성되어 있어 호흡근 훈련을 포함하여 물리적인 노력에 의해 증가될 수 있다. 이런 관점에서 볼 때 체지방량과 근육량의 변화는 폐기능에 영향을 미칠 가능성이 많다. 본 연구는 연령과 신장 뿐만 아니라 체질량지수, 체지방률, 체지방지수가 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 노력성 호기중간유량 등 노력성 호기곡선에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

### 방 법 :

2000년 1월부터 2001년 12월까지 영남대학교 의과대학 부속병원 건강검진센터를 방문한 사람 중 폐기능 검사와 체성분 분석을 시행하여 폐기능이 정상이고 과거 특이한 병력이 없으며 검진 결과가 정상인 300명(남자 : 150명, 여자 : 150명) 평균 연령은 45±13세였다. 폐활량 측정법을 이용하여 측정된 폐기능 검사결과와 체성분 분석결과를 이용하여, 이들간의 관계를 다중회귀분석을 이용하여 분석하였다.

### 결 과 :

남자의 경우 노력성 폐활량을 설명하는데 체지방지수가 통계적으로 유의하였으며( $p<0.05$ ,  $r^2=0.432$ ), 1초간 노력성 호기량을 설명하는데 체지방률과 체지방지수가 통계적으로 유의하였다( $p<0.05$ ,  $r^2=0.567$ ). 여자의 경우 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량을 설명하는데 체질량지수(FVC:  $p<0.05$ ,  $r^2=0.435$ , FEV<sub>1</sub>:  $p<0.05$ ,  $r^2=0.597$ )와 체지방률

(FVC:  $p < 0.05$ ,  $r^2 = 0.491$ , FEV<sub>1</sub>:  $p < 0.05$ ,  $r^2 = 0.654$ )이 통계적으로 유의하였으며, 노력성 호기중간유량은 체지방률과 유의한 관련이 있었다( $p < 0.05$ ,  $r^2 = 0.337$ ).

#### 결 론 :

체질량지수 및 체지방률 그리고 체지방지수는 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량에 영향을 미치는 독립변수로 생각되며, 이들 체성분을 고려한 폐기능 검사도 임상에서 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

#### 참 고 문 헌

1. Quanjer PhH, ed. Standardized lung function testing. Bull Eur Physiopathol Respir 1983;19(suppl 5):1-95.
2. American Thoracic Society. Lung function testing, selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 1992;145:1202-18.
3. Sue DY. Obesity and pulmonary function, more or less?. Chest 1997;111:844-5.
4. Dixon AK. Abdominal fat assessed by computed tomography: sex difference in distribution. Clin Radiol 1983;34:189-91.
5. Grauer WO, Moss AA, Cann CE, Goldberg HL. Quantification of body fat distribution in the abdomen using computed tomography. Am J Clin Nutr 1984;39:631-7.
6. Chen Y, Horne SL, Doseman JA. Body weight and weight gain related to pulmonary function decline in adults: a six year follow up study. Thorax 1993; 48: 375-80.
7. Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance training. J Appl Physiol 1976;41:508-16.
8. Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GL. Assessment of fat free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. Am J Clin Nutr 1985;41: 810-7.
9. Schoenberg J, Beck G, Bouhuys A. Growth and decay of pulmonary function in healthy blacks and whites. Respir Physiol 1978;33: 367-93.
10. Jenkins SC, Moxham J. The effects of mild obesity on lung function. Respir Med 1991;85: 309-11.
11. Pistelli F, Bottai M, Viegi G, Pede FD, Carrozzi L, Baldacci S, Pedreschi M, Giuntini C. Smooth reference equations for slow vital capacity and flow-volume curve indices. Am J Respir Crit Care Med 2000;161:899-905.
12. Cotes JE, Dabbs JM, Hall AM, Heywood C, Laurence KM. Sitting height, fat free mass and body fat as reference variables for lung function in healthy British children: comparison with stature. Ann Hum Biol 1979;6: 307-14.
13. Hall AM, Heywood C, Cotes JE. Lung function in healthy British women. Thorax 1979;34:359-65.
14. Mengesha YA, Mekonnen Y. Spirometric lung function tests in normal non-smoking Ethiopian men and women. Thorax 1985;40: 465-8.
15. Collins L, Hoberty P, Walker J, Fletcher E, Peiris A. The effect of body fat distribution on pulmonary function tests. Chest 1995;107: 1298-302.
16. Lazarus R, Sparrow D, Weiss ST. Effects of obesity and fat distribution on ventilatory



- function. *Chest* 1997;111:891-8.
17. Lazarus R, Gore CJ, Booth M, Owen N. Effects of body composition and fat distribution on ventilatory function in adults. *Am J Clin Nutr* 1998;68:35-41.
18. Enright P, Kronmal R, Manolio T, Schenker M, Hyatt R. Respiratory muscle strength in the elderly: correlates and reference values. *Am Rev Respir Dis* 1994;149:430-8.
19. Chinn DJ, Cotes JE, El-Gamal FM, Wolleston JF. Respiratory health of young shipyard welders and other tradesmen studied cross-sectionally and longitudinally. *Occup Environ Med* 1995;55:33-42.
20. Cotes JE, Chinn DJ, Reed JW. Body mass, fat percentage, and fat free mass as reference variables for lung function: effects on terms for age and sex. *Thorax* 2001;56:839-44.
21. Knudson RJ, Slatin RC, Lebowitz MD, Burrows B. The maximal expiratory flow-volume curve: normal standards, variability and effects of age. *Am Rev Respir Dis* 1976;113:587-600.
-