

□ 원 저 □

심한 만성기류폐쇄 환자의 Impairment/Disability 측정에 있어 폐기능검사 및 운동부하검사의 역할

이화여자대학교 의과대학 내과학교실

천 선 희

= Abstract =

The role of the pulmonary function test and the exercise test for assessing impairment/disability in patients with chronic airflow obstruction

Seon Hee Cheon, M.D.

Department of internal Medicine, College of Medicine, Ewha Womans university, Seoul, Korea

Background : In 1980, WHO made a definition in which the term "impairment" as applied to the respiratory system is used to describe loss of lung function, "disability" the resulting diminution in exercise capacity. The measurement of pulmonary function during exercise would give us information about overall functional capacity and respiratory performance that would be lacking in tests performed at rest. We conducted this study to investigate the role of resting pulmonary function test and exercise test for assessing impairment/disability in patients with chronic airflow obstruction(CAO).

Method : We studied 19 patients with CAO. The spirometry and body plethysmograph were performed in stable condition. And then patients performed a progressive incremental exercise test to a symptom-limited maximum using cycle ergometer. Patients were divided in two groups, severe and non-severe impairment, according to the resting PFTs and compared each other. A patient was considered to be severely impaired if FVC < 50 %, FEV1 < 40 % or FEV1/FVC < 40 %.

Results :

- 1) The airflow obstruction and hypoxemia of severe impairment group were more severe and exercise performance was markedly reduced comparing to non-severe impairment group.
- 2) The severe impairment group showed ventilatory limitation during exercise test and the limiting symptoms were dyspnea in 9/10 patients.
- 3) The impairment and disability of the patients with tuberculous destructed lung were most marked in patients with CAO.

- 4) The FEV1 was the most prevalent criterion for the determination of severe impairment based on resting PFTs and was the variable best correlated to VO2max($r=0.81$, $p < 0.001$).
- 5) The sensitivity of exercise limits for predicting severe disability according to resting PFTs was 80 % and specificity 89 %.

Conclusion : In patients with severe CAO, FEV1 is a good predictive of exercise performance and impairment measured by resting PFTs can predict a disability by exercise test.

Key Word : chronic airflow obstruction, impairment, disability, pulmonary function test, exercise test.

서 론

폐기능의 경한 저하는 운동능력이나 작업 수행능력을 제한시키지 않지만 심한 폐기능 저하는 다른 신체기관이 정상이라 하더라도 중요한 제한요인이 된다. 1966년 Gaensler와 Wright¹⁾가 기관기능의 감소를 impairment, 어떤 형태의 수행능력 감소를 Disability로 구분한 이래, 1980년 세계보건기구(World Health Organization; WHO)²⁾에서는 impairment를 폐기능의 감소, disability를 운동기능의 감소로 정의하였다. 이후 미국흉부학회(American Thoracic Society; ATS)^{3,4)}에서는 impairment는 단순히 의학적인 상태, disability는 impairment가 환자의 삶에 주는 전반적인 영향으로 정의하였으며, 폐기능검사와 운동부하검사 결과에 따라 장애상태의 정도를 평가하였다.

이에 저자는 심한 만성기류폐쇄(chronic airflow obstruction; CAO) 환자를 대상으로 impairment/disability를 측정하는데 있어 폐기능검사와 운동부하검사의 역할을 평가하고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

대상 환자는 만성기류폐쇄(CAO) 환자 19명으로 질환별로는 폐기종(emphysema) 7예, 천식성 기관지염(asthmatic bronchitis) 4예,

만성 기관지염(chronic bronchitis) 5예, 결핵 파괴성 폐(tuberculous destructed lung) 3예였다.

환자의 평균 연령은 63세(44-74세)로 남자 18예, 여자 1예 였고, 전체 환자는 FVC $2.21 \pm 0.54L$ ($59 \pm 14.6\%$ of pred), FEV1 $1.09 \pm 0.36L$ ($41 \pm 13.2\%$ of pred)인 비교적 심한 폐기능장애를 보이는 환자였다.

검사방법은 안정된 상태에서 동맥혈가스 검사와 spirometry(Sensormedics 2100), body plethysmograph(Sensormedics 2800 auto-box)를 시행하였다. 운동부하검사는 cycle ergometer(Sensormedics 2900 ergometer)를 이용하여 증상제한적 최대운동검사(symptom limited maximal exercise test)를 분당 5 내지 10 watt씩 증가시키면서 시행하였다. Metabolic cart(Sensormedics MMC Horizon system 4400 metabolid cart)를 이용하여 매 호흡마다(breath by breath) 산소 소모량(VO2)과 이산화 탄소 배출량(VCO2)을 측정하였다.

환자를 안정시 폐기능검사 결과에 따라 ATS 분류⁴⁾에 근거하여 FVC 50% 이하, FEV1 40% 이하, FEV1/FVC 40% 이하 중 한가지라도 해당될 경우 severe impairment 군, 모두 그 이상인 경우 non-severe impairment 군으로 구분하여 비교하였다.

통계처리는 Student t-Test를 이용하였으며 Pearson's correlation coefficient를 적용

하여 p 값이 0.05 미만일때 유의한 상관관계가 있다고 하였다.

결 과

1. 안정시 폐기능 검사

전체 19예중 10예의 FEV1이 40% 이하(본 연구의 대상에서는 FVC가 50% 이하이거나 FEV1/FVC가 40% 이하인 환자는 모두 FEV1이 40% 이하였음)로 severe impairment군, 9예가 non-severe impairment 군으로 구분되었으며, 두 군간에 나이와 체표면적은 특별히 차이가 없었지만 severe impairment 군은 FVC $50 \pm 10.9\%$ (pred), FEV1 $31 \pm 6.1\%$ (pred), FEV1/FVC $47 \pm 11.9\%$, Raw 7.16 ± 3.11 cmH₂O/L/sec, PaO₂는 69 ± 13.5 mmHg로 non-severe impairment 군의 FVC $70 \pm 9.7\%$ (pred), FEV1 $52 \pm 8.7\%$ (pred), FEV1/FVC $54 \pm 12.3\%$, Raw 3.81 ± 1.25 cmH₂O/L/sec, PaO₂는 88 ± 12.5 mmHg 비하여 유의하게 기도폐쇄 및 저산소증이 심하였으나 폐용적은 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2. 운동부하 검사

Severe impairment 군은 총 49 ± 20.4 watt 까지, non-severe impairment 군은 80 ± 25.4 watt까지 운동을 하였다. Severe impairment 군은 최대산소흡수율(maximal oxygen uptake; 이하 VO₂max)이 12.7 ± 3.53 ml/Kg/min, 혐기성 역치(anaerobic threshold; 이하 AT)는 10예 중 6예에서 도달되어 7.8 ± 2.65 ml/Kg/min로 예측되는 VO₂max의 $41 \pm 10.9\%$ 였으며, non-severe impairment 군은 VO₂max 20.7 ± 4.30 ml/Kg/min, AT는 전예에서 도달되어 11.2 ± 2.81 ml/Kg/min, 예측되는 VO₂max의 $53 \pm 8.4\%$ 로 severe impairment 군이 non-severe impairment 군에 비하여 유의하게 낮았다. 산소포화도(O₂ saturation; 이하 SaO₂)는 severe impairment 군이 안정시 기저 $93 \pm 1.8\%$ 에서 최대 운동 후 $84 \pm 7.4\%$ 로 non-severe impairment 군에 비하여 운동시에 산소포화도가 현저히 감소 되었다(Table 2).

Table 1 Result of ABG and Resting Pulmonary Function Test.

	Severe Impairment (n=10)	Non-severe Impairment (n=9)
Age(years)	62 ± 8.3	63 ± 8.4
Body index	1.57 ± 0.17	1.69 ± 0.14
PaO ₂ (mmHg)	69 ± 13.5	$88 \pm 12.5^*$
PaCO ₂ (mmHg)	44 ± 7.2	40 ± 6.5
FVC (% pred)	50 ± 10.9	$70 \pm 9.7^*$
FEV1 (% pred)	31 ± 6.1	$52 \pm 8.7^*$
FEV1/ FVC (%)	47 ± 11.9	54 ± 12.3
TLC (% pred)	120 ± 24.0	125 ± 27.1
RV (% pred)	221 ± 52.2	199 ± 61.6
TLR (%)	70 ± 6.1	$60 \pm 7.3^*$
Raw (cmH ₂ O/ L/ sec)	7.16 ± 3.11	$3.81 \pm 1.25^*$
SGaw (l/cmH ₂ O.sec)	0.035 ± 0.024	$0.058 \pm 0.024^*$

* P<0.05

Table 2 Metabolic data of Exercise Test

	Severe Impairment (n=10)	Non-severe Impairment (n=9)
WR(watt)	49±20.4	80±25.4*
VO2max(L/min)	0.67±0.223	1.29±0.346*
(ml/Kg/min)	12.7±3.53	20.7±4.30*
(% pred)	71±40.4	93±26.4
VCO2max(L/min)	0.61±0.246	1.22±0.353*
AT	(6 / 10)	(9 / 9)
(ml/Kg/min)	7.8±2.65	11.2±2.81*
(% pred VO2max)	41±10.9	53±8.4*
SaO2(%)		
baselind	93±1.8	94±1.2
max. exercise	84±7.4	91±3.8*

* P<0.05

최대운동시의 심박수(maximal heart rate; 이하 HRmax)는 severe impairment 군이 분당 126±15.6회, non-severe impairment 군이 137±18.6회, 심박예비력(heart rate reserve; 이하 HRR)은 각각 20±9.4%, 12±14.3% 였다. Oxygen pulse는 severe impairment 군이 5.6±2.32ml/beat, non-severe impairment 군이 10.0±2.18ml/beat 이었으나 heart rate slope(HR/VO2/Kg)은 두군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 3).

최대환기량(maximal ventilation; 이하 VEmax)은 severe impairment 군이 23.8±6.29 L/min으로 non-severe impairment 군의 42.3±9.03 L/min에 비해 유의하게 낮았으나 호흡예비력(breathing reserve; 이하 BR)은 각각 14±15.3%, 10±12.8%로 차이가 없었으며, 운동에 대한 환기반응(ventilatory response)도 두군간에 차이가 없었다. 최대 운동시의 Vd/Vt는 각각 0.40±0.059, 0.28±0.068로 severe impairment 군에서 현저히 높았다(Table 3).

Table 3 Cardiovascular and Ventilatory Data of Exercise Test

	Severe Impairment (n=10)	Non-severe Impairment (n=9)
HRmax(bpm)	126±15.6	137±18.6*
HRR(%)	20±9.4	12±14.3*
Oxygen Pulse(ml/beat)	5.6±2.32	10.0±2.18*
HR/VO2/Kg(bpm/ml/Kg)	3.5±2.54	2.6±1.43
VEmax(L/min)	23.8±6.29	42.3±9.03*
VTmax(L)	0.84±0.201	1.48±0.258*
f max(1/min)	28±3.8	29±5.2
Vd/Vt max	0.40±0.059	0.28±0.068*
BR(%)	14±15.3	10±12.8
VE/VO2	27.2±10.5	24.4±4.9
VE/VCO2	27.9±7.1	29.0±4.7

* P<0.05

3. 운동제한 요인

운동을 더이상 지속할 수 없었던 요인으로 severe impairment 군 10예중 9예가 호흡곤란이었으며, non-severe impairment 군 9예 중 4예가 호흡곤란, 4예가 하지 근육 무력감(muscle fatigue)이었다(Table 4).

Table 4 Limiting Symptoms to Maximum exercise

	Severe Impairment (n=10)	Non-severe Impairment (n=9)
■ Dyspnea	9	4
■ Muscle Fatigue	0	4
■ Dyspnea+ Fatigue	1	1

4. 질환에 따른 비교

각 질환별 예수가 적었으나 안정시 폐기능 검사 결과는 만성 기관지염이나 천식성 기관지염에 비하여 폐기종 및 결핵 파괴성 폐질환의 FVC 및 FEV1이 현저히 낮았으며, 운동부하검사의 VO₂max 역시 만성 기관지염 23.6±2.8ml/Kg/min, 천식성 기관지염 17.9±1.8ml/Kg/min, 폐기종 13.3±3.4 ml/Kg/min, 결핵 파괴성 폐질환 10.6±3.1 ml/Kg/min

으로 폐기종과 결핵 파괴성 폐질환에서 현저히 낮았다. HRmax나 BR는 유의한 차이가 없었다(Table 5).

5. 안정시 폐기능 검사와 VO₂max 및 VEmax 간의 상관관계

운동부하 검사의 VO₂max는 FEV1(R=0.81, p < 0.001)(Fig 1),

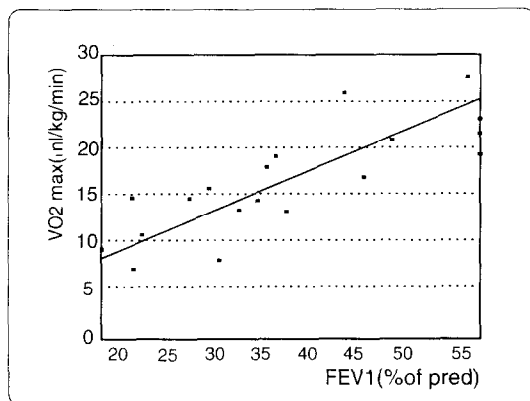


Fig. 1 Correlation between forced expiratory volume in 1 second and maximal oxygen uptake.

FVC(R=0.66, p<0.001) 및 Raw (R=-0.54, p<0.01)와 유의한 상관관계가 있었으며, VE-max 역시 FEV1 (R=0.89, p<0.001), Raw (R=0.73, p<0.001) 및 FVC (R=0.65, p<0.01)

Table 5 Pulmonary Function and Exercise Test Results according to Disease Entity

	Emphysema (n=7)	Asthmatic bronchitis (n=4)	Chronic bronchitis (n=5)	Tbc. destructed lung (n=3)
FVC (% pred)	56±10.9	62±13.3	71±12.9	43±12.8*
FEV1 (% pred)	33±7.2*	46±12.1	56±6.4	29±6.1*
VO ₂ max (ml/Kg/min)	13.3±3.4*	17.9±1.8*	23.6±2.8	10.6±3.1*
(% pred)	73±47.0	81±27.4	107±10.8	59±23.4
AT	(5/7)	(4/4)	(5/5)	(1/3)
(ml/Kg/min)	7.5±2.7*	9.7±0.9	12.9±2.4	6.5*
(% pred VO ₂ max)	43±13.8	47±5.9	55±10.8	46
HRmax (bpm)	126±11.9	128±22.1	140±21.1	136±18.6
BR (%)	10±13.5	13±9.9	8±15.4	24±17.2

* P<0.05 when compared to chronic bronchitis group

Table 6 Correlations between VO₂max & VEmax and Resting Pulmonary function test.

	FVC (% pred)	FEV1 (% pred)	FEV1/FVC (%)	TLC (% pred)	RV (% pred)	Raw (cmH ₂ O/L/sec)
■ VO ₂ max (ml/kg/min)	0.66**	0.81**	0.31	-0.01	-0.23	-0.54*
■ VEmax (L/min)	0.65*	0.89**	0.37	-0.22	-0.41	0.73*

** P<0.001, * p<0.01

와 유의한 상관관계를 보였다(Table 6).

고 찰

폐질환 환자의 주 장애는 호흡곤란으로 나타나며 안정시의 호흡곤란은 운동시에 더욱 심하게 나타난다. 이러한 환자의 기능 및 장애의 정도를 판단하기 위하여 여러가지 일반적인 검사를 시행하는데, 물론 객관적인 지표인 동맥혈 가스 검사나 안정시의 폐기능 검사가 환자가 느끼는 호흡곤란의 정도나 일상생활에서의 운동 및 생활장애 정도와 반드시 일치하지는 않는다. 환자에 따라서는 임상상의 동맥혈 가스 검사나 안정시 폐기능 검사에 의하여 판단한 장애 정도에 비하여 훨씬 일상생활에 적응을 잘하는 경우도 있고 그 반대인 경우도 있다. 따라서 안정시 폐기능 검사 뿐만 아니라 운동부하 검사를 통하여 운동수행상태(exercise performance)의 측정을 같이 하는 것이 환자의 폐기능과 장애의 정도를 파악하는데 크게 도움이 된다⁵⁻⁹⁾. 운동부하검사를 통한 운동량과 최대산소흡수율(이하 VO₂max)을 측정 함으로써 안정시 폐기능 검사에서는 예측하지 못한 운동장애 정도를 측정할 수 있으며, 운동을 제한 시키는 주요 요인을 파악할 수 있고 또한 운동부하 검사는 수술전 평가나 운동치료의 설정에도 도움이 된다¹⁰⁻¹²⁾.

1980년 WHO²⁾는 장애의 정도를 측정하기 위하여 폐기능의 감소를 'impairment', 결과적

인 운동기능의 장애를 'disability', 이러한 장애가 환자의 삶에 주는 영향을 'handicap'으로 정의하였다. 1986년 ATS⁴⁾에서는 이를 혼용 사용하여 의학적인 상태로 일시적일 수도 있고 영원할 수도 있는 폐기능 장애 및 운동기능 장애를 'impairment', 이러한 장애가 삶에 미치는 전체적인 영향을 'disability'로 정의하였다. 또한 안정시 폐기능에 근거하여 FVC가 50% 이하이거나 FEV1 40% 이하, FEV1/FVC 40% 이하 혹은 DLco 40% 이하인 경우 심한 장애상태(impairment by WHO)로 구분하였으며, 운동부하검사에서 VO₂max가 15ml/Kg/min 이하이면 역시 심한 장애상태(disability by WHO)로 분류하였다⁴⁾. 운동부하검사의 VO₂max에 의한 장애의 평가는 인체가 작업시 요구되는 산소요구량이 본인의 VO₂max의 40% 이하일 때에 편안하게 그 작업을 수행할 수 있으므로¹³⁾, VO₂max가 25ml/Kg/min 이상인 사람은 힘든 작업을 8시간 충분히 수행할 수 있고 VO₂max가 15ml/Kg/min 이하인 사람은 대부분의 모든 작업을 수행할 수 없다는 이론에 근거한다. 그러나 이러한 장애의 정도를 판단하기 위하여 일반적으로 운동부하검사가 요구되는 것은 아니며 우선적으로 spirometry와 동맥혈가스검사를 시행하고 필요하면 DLco와 폐용적(lung volume)의 측정이 요구되며 경우에 따라 운동부하검사의 시행이 필요하다고 볼 수 있다. 직업상 환자의 작업이 중등도 이상 이거나 빈번한 심한 운동을 요

구하는 경우 또는 임상외가 판단하기에 환자의 안정시 폐기능검사 결과가 장애의 정도를 낮게 나타낸다고 생각될 때에 운동부하 폐기능검사가 요구된다. 안정시의 폐기능 검사는 impairment(by WHO)의 척도가 되며 운동부하 폐기능 검사는 disability(by WHO)의 척도가 된다.

본 연구에서 안정시 폐기능 검사결과에 따라 FEV1이 40% 이하인 군을 severe impairment, 40% 이상인 군을 non-severe impairment 군으로 구분하여 보았을 때 물론 severe impairment 군이 기도저항도 유의하게 증가되어 있었고(Raw; 7.16 ± 3.11 vs 3.81 ± 1.25 cmH₂O/L/sec), FEV1이 유의하게 감소되어 있었으며(31 ± 6.1 vs $52 \pm 8.7\%$ pred), 저산소증도 유의하게 심하였다(PO₂; 69 ± 13.5 vs 88 ± 12.5 mmHg). Severe impairment 군은 VO₂max 12.7 ± 3.53 ml/Kg/min으로 심한 disability(by WHO)를 보였으며 non-severe impairment 군은 VO₂max 20.7 ± 4.30 ml/Kg/min 으로 운동수행상태가 비교적 양호하였다. AT는 심한 기류폐쇄 환자 19예 중 15예(79%)에서 도달 되었으며 non-severe impairment 군은 전예 모두, severe impairment 군은 10예 중 6예(60%)에서 도달되었다. 운동부하 폐기능검사서 VO₂max가 감소되어 있으며, AT가 VO₂max의 40% 이상이며 BR가 20% 이하, HRR가 45% 이하 일때는 환기제한(ventilatory limitation)에 의한 운동장애를 보인다고 할 수 있고, VO₂max가 감소되어 있으며 AT가 VO₂max의 40% 이하, BR가 25% 이상, HRR가 50% 이상이면 순환기제한(circulatory limitation)에 의한 운동장애를 보인다고 할 수 있다¹⁴⁾. 본 연구에서는 대상환자가 심한 기류폐쇄 환자로 장애가 심할수록 폐성심(cor-pulmonale)이나 심부전(heart failure)의 합병증이 동반되어 있을 가능성도 있으나 특별히 문제가 되는 경우는 없기에 대한 고려는 하지 않았으며, non-severe impairment 군은 비교적 양호한 운동수행상

태를 보였고 severe impairment 군은 환기제한에 의한 운동장애를 보였다.

최대운동시 운동을 지속할 수 없었던 요인으로 severe impairment 군은 9/10 가 호흡곤란, non-severe impairment 군은 4/9 가 호흡곤란, 4/9 가 근 무력감으로 impairment 가 심할 수록 운동제한 요인이 호흡곤란임을 알 수 있었다. Mahler와 Harver¹⁵⁾는 폐쇄성 폐질환 환자를 대상으로 운동부하검사를 시행하였을 때 운동제한 요인이 근 무력감이었던 환자가 호흡곤란인 환자보다 폐기능, 운동수행상태, 흡기 근육 강도(inspiratory muscle strength)가 훨씬 컸다고 하였다. Killian과 Cambell¹⁶⁾은 이러한 운동시 호흡곤란이 발생하는 원인은 주로 흡기 근육 피로(inspiratory muscle effort)의 감지 정도에 달려 있다고 하였으며 만성폐쇄성 폐질환 환자는 운동시에 발생되어야 하는 흡기 근육압이 현저하게 증가되며 그 이유로는 dynamic hyperinflation, 흡기저항의 증가, 사강(dead space)의 증가에 의한 환기(ventilation)의 증가, dynamic lung compliance의 감소 및 흉벽의 왜곡(distortion)을 들었다. 따라서 흡기 근육 강도가 감소되며 dynamic hyperinflation에 의하여 더욱 심화되고 따라서 흡기 근육압과 흡기 근육 강도의 비율이 현저하게 증가되어 운동시 호흡곤란을 일으키는 주요 요인이 된다고 하였다. 만성폐쇄성 폐질환 환자는 같은 운동량(work rate)에서 정상인 보다 더욱 심한 호흡곤란을 느낄 뿐 아니라 운동말기에 하지 근육 피로감도 더욱 심하고, 비정상적으로 심한 하지근육 피로감은 불량한 영양상태, 비활동성, 근 관류상태의 부전, 저산소증과 순환하는 cytokine에 의하여 생긴 근육염(myopathy) 등에 의한다고 생각되어진다¹⁷⁾. 만성폐쇄성 폐질환 환자에서 호흡곤란이나 하지 근육 무력감 이외에도 호흡 근육 기능, 저산소증, 피로감(disconditioning), 산독증(metabolic or respiratory acidosis), 심장 기능 부전(cardiac dysfunction), 동기(motivati-

on) 등이 운동제한 요인이 될 수 있다.

만성기류폐쇄 환자 19예를 각 질환별로 구분하여 보았을 때 예수는 작았으나 폐기종 7예, 천식성 기관지염 4예, 만성 기관지염 5예, 결핵 파괴성 폐 3예로 구분할 수 있었는데 이중에서 결핵 파괴성 폐와 폐기종의 장애가 가장 심하였다. 안정시의 폐기능검사서 FEV1은 결핵 파괴성 폐 $29 \pm 6.1\%$ (pred), 폐기종 $33 \pm 7.2\%$ (pred)로 천식성 기관지염과 만성 기관지염의 $46 \pm 12.1\%$ (pred), $56 \pm 6.4\%$ (pred)에 비하여 현저하게 심한 impairment(by WHO)를 보였으며, VO2max도 결핵 파괴성 폐 10.6 ± 3.1 ml/Kg/min, 폐기종 13.3 ± 3.4 ml/Kg/min으로 천식성 기관지염과 만성 기관지염의 17.9 ± 1.8 ml/Kg/min, 23.6 ± 2.8 ml/Kg/min에 비하여 역시 현저하게 심한 disability(by WHO)를 보였다. 만성기류폐쇄 질환 중에서도 우리나라에서 흔한 중증 폐결핵을 앓은 뒤에 심하게 파괴된 비활동성 폐결핵 환자의 장애가 가장 심한 경향을 보였다.

운동부하검사 결과 중 VO2max 및 VEmax와 안정시의 폐기능 검사 변수 간의 상관관계를 비교하여 보았을 때 VO2max는 FEV1($r=0.81$, $p<0.001$), FVC($r=0.66$, $p<0.001$), Raw($r=-0.54$, $p<0.01$)와 유의한 상관관계가 있었으며, VEmax 역시 FEV1($r=0.89$, $p<0.001$), Raw($r=0.73$, $p<0.001$), FVC($r=0.65$, $p<0.01$)와 유의한 상관관계가 있었다. 따라서 impairment(by WHO)를 평가할 수 있는 안정시의 폐기능검사 FEV1, FVC 및 Raw가 disability(by WHO)를 평가할 수 있는 운동부하 폐기능검사의 VO2max, VEmax를 충분히 대변할 수 있는 것으로 보인다. VO2max와 VEmax는 FEV1과의 상관관계가 가장 커서 FEV1이 안정시 폐기능검사 결과 중 심한 장애(disability)를 평가할 수 있는 가장 유용한 변수였다. 심한 만성기류폐쇄 환자를 대상으로 한 본 연구에서 안정시 폐기능검사 상의 장애, 즉 impairment는 운동기능 장애, 즉

disability를 sensitivity 80%, specificity 89%로 예측할 수 있었으며 결과적으로 impairment(by WHO)나 disability(by WHO)나 같은 장애를 표현하며, 이러한 맥락으로 ATS에서 안정시 폐기능 및 운동기능 장애를 혼용하여 정의하지 않았나 생각된다. 따라서 심한 만성기류폐쇄 환자에서는 안정시의 폐기능 검사 즉 spirometry 만으로도 충분히 운동기능장애를 예측할 수 있는 것으로 보인다.

Ortega등¹⁸⁾은 평균 FEV1이 예측치의 $45.1 \pm 17.1\%$ 인 만성 폐쇄성 폐질환(COPD) 78예를 대상으로 한 연구에서 FEV1과 VO2max 간의 상관관계는 r 값 0.52로 안정시 폐기능검사가 운동수행상태를 정확하게 예측할 수 없다고 하였으며, Cotes 등¹⁹⁾은 평균 FEV1이 1.92L(54% of pred)인 진폐증(pneumocociosis) 환자 157예를 대상으로 한 연구에서 FEV1과 VO2max 간의 상관관계는 r 값 0.45로 역시 안정시 폐기능 검사 소견 만으로는 운동상태의 예측이 어렵다고 하였다. 그러나 McGavin 등²⁰⁾은 만성기관지염 환자 29예(FEV1 1.05 ± 0.58 L)를 대상으로 한 연구에서 FEV1과 VO2max간의 상관관계는 r 값 0.65로 유의하다고 하였었다. LoRusso 등²¹⁾은 146예의 만성폐쇄성 폐질환(COPD) 환자와 68예의 제한성 폐질환 환자를 대상으로 안정시 폐기능검사와 VO2max, VEmax와의 상관관계를 비교하였을 때 제한성 폐질환의 경우에는 상관관계가 아주 적었으나 만성폐쇄성 폐질환 환자에서는 유의한 상관관계가 있었으며($r=0.74$), 경증, 중등증 및 중증으로 구분하여 비교해 보았을 때 중증군에서 상관관계가 가장 컸다고 하였다. FEV1과 VO2max와의 상관관계는 평균 FEV1이 2.78L인 경증군이 r 값 0.69, 평균 FEV1이 2.12L인 중등증군이 r 값 0.65, 평균 FEV1이 1.06L인 중증군이 r 값 0.87로 기도폐쇄가 심할 수록 상관관계가 컸다. 중증군의 경우 본 연구의 대상인 평균 FEV1이 1.09L인 환자와 비슷한 대상군으로 상관관계 역시 본 연구와 유사한 결과를 보

였다. 또한 모든 보고¹⁸⁻²¹⁾에서 안정시 폐기능 검사 변수 중에서는 FEV1이 가장 운동수행 상태를 잘 예측할 수 있는 변수라는데는 일치하였다. FEV1은 최대 호기 유속-기량 곡선(maximal expiratory flow-volume curve)에서 측정할 수 있는데 운동부하검사 역시 최대 노력(effort)을 요하는 검사로 심한 폐쇄성 폐질환 환자에서는 두가지 검사 모두 수행을 제한하는 요인이 기도(airway)의 기계적 성질(mechanical property) 이므로 FEV1이 운동 수행상태(exercise performance)와 상관관계가 크다고 할 수 있다. 따라서 기도 폐쇄가 심한 만성기류폐쇄 환자에서는 FEV1이 VO₂max의 유의한 예견지표이다.

그외의 예견지표로는 MVV²²⁾, DLco²²⁾, PImax²³⁾ (maximal inspiratory pressure), PIFR²⁴⁾ (peak inspiratory flow rate)가 있었는데 FEV1에 이러한 지표를 첨가하면 상관관계가 더욱 커질 수 있다고 하였다. FEV1이 기도폐쇄의 심한정도를 나타내는 지표라면 MVV, PImax, PIFR는 흡기근육의 기능을 나타내는 지표라 할 수 있다. 안정시의 폐기능 검사가 운동수행 상태를 정확하게 예측할 수 없는 이유는 운동부하검사시에 환자가 가지고 있는 환기제한 장애 이외의 요소에 의한다고 볼 수 있다. 따라서 Cotes 등²⁵⁾은 폐질환에 의한 호흡곤란으로 운동이 제한을 받는 환자 보다는 피로감, 흉통, 근육통, 운동천식이나 심부전에 의하여 운동제한을 받는 환자의 경우 안정시 폐기능검사와 운동부하검사 간의 상관관계가 좋지않다고 하였다. LoRusso 등²¹⁾은 많은 요소들이 안정시의 폐기능 검사와 운동부하검사 간의 상관관계에 영향을 줄 수 있는데 환자의 기본 폐기능이 가장 중요하지만 이외에도 동기, 호흡곤란의 감작 정도, 영양상태, 정신사회적인 요소, 호흡근 및 말초근육의 강도등이 영향을 줄 수 있고 운동방법, 검사시 운동부하의 증가량(work rate incliment)과 같은 기계적인 요소도 관련이 있다고 하였다. 따라서 이런 여러가지 요

소가 복합적으로 작용함을 볼때 일반적으로 안정시 폐기능검사가 운동수행 상태를 정확하게 예측할 수는 없겠지만, 심한 기류폐쇄환자에서는 안정시 폐기능검사가 운동수행상태를 잘 예측할 수 있다고 할 수 있다.

요 약

연구배경 : 폐기능의 경한 저하는 운동능력이나 작업능력을 제한 시키지 않지만 심한 폐기능 저하는 중요한 제한 요인이 된다. 1980년 세계보건기구(WHO)에서는 폐기능의 감소를 impairment, 운동기능의 감소를 disability로 구분하였으며, 1986년 ATS에서 FVC가 50% 이하로 감소, FEV1이 40% 이하로 감소, FEV1/FVC가 40% 이하로 감소, 혹은 DLCO가 40% 이하로 감소된 경우, 또는 운동부하 검사에서 VO₂max가 15 ml/Kg/min 이하이면 거의 모든 작업기능을 수행할 수 없는 심한 장애상태로 평가하였다. 이에 심한 기류폐쇄환자를 대상으로 impairment/disability를 평가하는데 있어 안정시 폐기능검사와 운동부하검사의 역할 및 상관관계를 살펴보고자 하였다.

방법 : 심한 만성기류폐쇄(CAO; chronic airflow obstruction) 환자 19예를 대상으로 안정시 spirometry와 body plethysmograph를 시행하였으며, cycle ergometer를 이용하여 증상제한적 최대 운동검사(symptom limited maximal exercise test)를 분당 5 - 10 watt 씩 증가시키면서 시행하였다. 환자를 안정시 폐기능검사 결과에 따라 FEV1이 40% 이하인 경우 severe impairment군, 이상인 경우 non-severe impairment 군으로 구분하여 비교하였다.

결과 :

1. Severe impairment 군은 non-severe impairment 군에 비하여 기도폐쇄 및 저산소

증이 유의하게 심하였고, VO₂max가 유의하게 감소되어 운동수행상태가 현저하게 감소되어 있었다.

2. Severe impairment 군은 운동부하검사에서 환기제한장애(ventilatory limitation)를 보였으며, 운동제한 증상은 10예중 9예가 호흡곤란이었다.

3. 만성기류폐쇄 환자중에서 결핵 파괴성 폐질환 환자의 장애가 가장 심하였다.

4. 안정시 폐기능검사 결과 중에서 FEV₁이 심한 장애를 결정하는 가장 유용한 지표였으며, VO₂max와의 상관관계도 가장 컸다 ($r = 0.81, p < 0.001$).

5. 안정시 폐기능검사에 의한 심한 폐기능장애(impairment by WHO)는 sensitivity 80%, specificity 89%로 심한 운동장애(disability by WHO)를 예측할 수 있었다.

결론 : 심한 기류폐쇄환자에서는 안정시 폐기능검사 특히 FEV₁으로 운동수행상태를 잘 예측할 수 있어, 운동부하검사를 시행하지 않고서도 안정시 폐기능검사인 폐기능 장애(impairment by WHO)에 따라 운동기능 장애(disability by WHO)를 충분히 판단할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Gaensler EA, Wright GW: Evaluation of respiratory impairment. Arch Environ Health 12: 146, 1966
2. World Health Organization: International classification of impairments, disabilities and handicaps. Geneva: WHO, 1980
3. American Thoracic Society: Evaluation of impairments/disability secondary to respiratory disease. Am Rev Respir Dis 126: 945, 1982
4. American Thoracic Society: Evaluation of impairment and disability. Am Rev Respir Dis 133: 1205, 1986.
5. Neuberg GW, Friedman SH, Weiss MB, Herman MV: Cardiopulmonary exercise testing. Arch Intern Med 148: 2221, 1988
6. Weber KT, Janicki Js, McElroy PA, Reddy HK: Concepts and applications of cardiopulmonary exercise testing. Chest 93: 843, 1988
7. Younes M: Interpretation of clinical exercise testing in respiratory disease. Clin Chest Med. 5: 189, 1984.
8. Oren A, SUE DY, Hansen JE, Torrance DJ, Wasserman K : The role of exercise testing in impairment evaluation. Am Rev Respir Dis 135: 230, 1987
9. Becklake MR, Rodarte JR, Kalica AR : NHLBI workshop summary : Scientific issue in the assessment of respiratory impairment. Am Rev Respir Dis 137: 1505, 1988
10. Ries AL: The role of exercise testing in pulmonary diagnosis. Clin Chest Med 8: 81, 1987
11. Olsen GN: The evolving role of exercise testing prior to lung resection. Chest 95: 218, 1989
12. Ries AL: Pulmonary rehabilitation. In: Fishman AP, ed. Pulmonary diseases and disorders, 2nd ed. New York: McGraw Hill, 1988: 1325.
13. Astrand PO: Quantification of exercise capability and evaluation of physical capacity in man. Prog Cardiovasc Dis. 19: 51, 1976
14. Palange P, Carlone S, Forte S, Galassetti P, Serra P: Cardiopulmonary exercise testing in the evaluation of patients with ventilatory vs circulatory causes of reduced exercise tolerance. Chest 105: 1122, 1994
15. Mahler PA, Harver A: Prediction of peak oxygen consumption in obstructive airway disease. Med Sci Sports Exerc 20: 574, 1988
16. Killian KJ, Campbell EJM: Dyspnea. In Roussos C, Macklem PT (eds): The Thorax: Vital Pump. p787, New York, Marcel Dekker 1986
17. Gallagher CG: Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive pulmonary

- disease. Clin Chest Med 15: 305, 1994
18. Ortega F, Montemayor T, Sanches A, Cabello F, Castillo J: Role of cardiopulmonary exercise testing and the criteria used to determine disability in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 150: 747, 1994
 19. Cotes J, Zezda J, King B: Lung function impairment as a guide to exercise limitation in work-related lung disorders. Am Rev Respir Dis 137: 1089, 1988
 20. McGavin CR, Gupta SP, McHardy GJR: Twelve-minute walking test for assessing disability in chronic bronchitis. BMJ 1: 822, 1976
 21. Lorusso TJ, Belman MJ, Elashoff JD, Koerner SK: Prediction of Maximal exercise capacity in obstructive and restrictive pulmonary disease. Chest 104: 1748, 1993
 22. Carson DJ, Ries AL, Kaplan RM : Prediction of maximum exercise tolerance in patients with CO PD. Chest 100: 307, 1991
 23. Dillard TA, Piantadosi S, Rajagopal KR: Determinants of maximum exercise capacity in patients with chronic airflow obstruction. Chest 96: 267, 1989
 24. Dillard TA, Piantadosi S, Rajagopal KR: Prediction of ventilation at maximal exercise in chronic airflow obstruction. Am Rev Respir Dis 132: 230, 1985
 25. Cotes JE: Rating respiratory disability: A report on behalf of a working group of the european society for clinical respiratory physiology. Eur Respir J 3: 1074, 1990.