간질성폐질환에서의 운동부하검사에 관한 연구*

서울대학교 의과대학 내과학교실 및 결핵연구소

이계영 · 정희순 · 이상도 · 한성구

심영수 · 김건열 · 한용철

= Abstract =

A Physiologic Study in Interstitial Lung Disease by Exercise Testing

Kye Young Lee, M.D., Hee Soon Chung, M.D., Sang Do Lee, M.D., Sung Koo Han, M.D.,
Young-Soo Shim, M.D., Keun Youl Kim, M.D. and Yong Chol Han, M.D.Department of Internal Medicine and Tuberculosis College of Medicine, Seoul National
University, Seoul, Korea

An incremental exercise test was performed in 18 patients with interstitial lung disease using bicycle ergometer to evaluate the exercise capacity, the pattern of ventilation, and gas exchange.

The maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_2$) was 1.02 ± 0.34 L/min ($46.4 \pm 12.9\%$ of predicted value). Anaerobic threshold was determined in 4 among 18 patients, and the oxygen uptake at the determined anaerobic threshold was 0.87 L/min (39.8% of predicted $\dot{V}O_2$). The characteristic breathing pattern with exercise was high frequency ventilation, which was more than 50 frequencies/min. With the respect of contribution in the increase of minute ventilation, the fractional increase of breathing frequency was significantly higher than that of tidal volume ($p < 0.01$). The breathing reserve decreased to $9.7 \pm 11.6\%$, but the heart rate reserve was preserved as $15.3 \pm 6.9\%$. The maximum oxygen pulse was 7.31 ± 2.08 L/min/beat ($59.1 \pm 15.3\%$ of predicted value). The PaO_2 was 71.1 ± 11.4 mmHg at resting and it was significantly decreased to 54.6 ± 11.9 mmHg ($p < 0.01$) at maximal exercise and the range of decrease in PaO_2 was 15.9 ± 10.1 mmHg.

The correlation coefficients were investigated between the resting pulmonary function parameters and the exercise testing parameters. There were significant correlations between FVC and $\dot{V}O_2$ ($r=0.5776$, $n=18$), and between resting PaO_2 and $\dot{V}O_2$ ($r=0.6983$, $n=15$, $p < 0.01$).

It can be concluded that the exercise test might be a valuable tool for determining the degree of physiologic impairment in interstitial lung disease, and the parameters of lung function at resting state may not reflect the exercise capacity which is closely related to the severity of exertional dyspnea.

서론

간질성폐질환은 폐포-모세혈관단위 (alveolar-capillary unit)의 기능소실로 인하여 기계적으로는 작

폐용적 및 폐용량의 감소와 폐유순도의 감소 등 제한성의 폐기능양상을 보이며 기능적으로는 폐확산능의 저하로 산소전달의 장애를 나타내는 질환군이다. 이러한 산소전달장애에 의해 임상적으로 노작성호흡곤란을 주증상으로 하지만, 간질성폐질환환자에서 운동시 발생하는 기계적 또는 생리적 변화에 대해서는 체계적인 연구가 아직은 그렇게 많지않은 실정이다.

간질성폐질환환자의 질병의 정도 및 경과를 판정하는

*본 논문의 일부는 1988년도 대한내과학회 추계학술대회에서 발표되었으며, 서울대학병원 특진연구비의 보조로 이루어 졌음.

방법으로는 현재 폐활량을 포함한 각 폐용적 및 폐용량의 측정, 일산화탄소를 이용한 폐확산능의 측정 그리고 동맥혈가스분석 등이 흔히 이용되고 있으나, 이들은 모두 안정상태에서의 장애정도를 반영하는 지표로서 간질성폐질환의 임상적 특징인 노작성호흡곤란의 정도를 직접 반영해주는 것은 아니다. 그리고 안정시 폐기능의 제 지표와 주관적 호흡곤란의 정도가 일치하지 않는 경우도 임상에서 종종 관찰할 수 있다.

저자들은 운동시 간질성폐질환에서의 생리적 변화를 알아보고 안정시 폐기능 검사의 제 지표와 실제환자의 운동능력과의 상관관계를 규명하고자, 간질성폐질환환자를 대상으로 점진적 운동부하검사를 시행하여 최대산소섭취량(maximum oxygen uptake), 혐기성역치(anaerobic threshold), 환기능력과 환기양상, 심혈관기능의 변화양상 등을 검사하였다. 그리고 동맥혈가스분석을 통하여 운동시 가스교환의 변화를 관찰하고자 하였으며, 안정시 폐기능검사와 운동부하검사의 여러가지 지표간에 상관관계가 있는지를 분석하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

서울대학병원 내과에 입원했던 환자중 개흉폐생검상 특발성폐섬유증으로 확진된 4명, 경기관지폐생검상 폐섬유증의 소견을 보이면서 임상적으로나 방사선학적으로 그리고 폐기능검사상 특발성폐섬유증에 부합되는 8

명, 병리학적 증거는 없지만 임상적으로 그리고 객관적 검사상 특발성폐섬유증이 강력히 의심되는 3명, 공피증과 피부근염에 폐섬유증이 합병되었던 예가 각기 1명씩, 그리고 경기관지폐생검으로 악성질환의 미만성간질성폐전이가 확인되었던 1명으로 총 18명의 간질성폐질환환자를 대상으로 하였다(Table 1).

2. 방 법

우선 안정상태에서 노력성폐활량(FVC), 1초시호기량(FEV₁), 일산화탄소를 이용한 폐확산능을 측정하고 동맥혈가스분석을 하였다. 그리고 Jaeger사의 bicycle ergometer를 이용하여 운동부하검사를 시행하였는데, 동일한 기계를 통해서 폐환기능과 호기가스의 산소 및 이산화탄소의 농도를 측정하였고 심전도도 감시하였다.

운동부하검사의 계획안은 기초자료를 얻기위해 1분간 안정한후 운동부하없이 1분간 공회전운동을 하고 이후

Table 1. Subjects of Incremental Exercise Test (n=18)

Idiopathic pulmonary fibrosis	OLB	4 cases
	TBLB	8 cases
	None*	3 cases
Scleroderma	None	1 case
Dermatomyositis	None	1 case
Lymphangitic metastasis	TBLB	1 case

* Clinically compatible patients showing both diffuse bilateral interstitial infiltration in CXR and restrictive pattern in PFT.

Fig. 1. Determination of AT (anaerobic threshold).

로는 분당 10 watt씩 부하량을 증가시키면서 환자 자신이 인내할 수 있는 최대한도까지 운동을 지속하도록 유도하였으며, 최대운동시점에서 요골동맥의 동맥혈을 채취하고 운동을 종료하였다. 운동중지의 기준으로는 산소섭취량곡선이 고평부(plateau)를 이룰때, 흉통, 현훈 및 심한 호흡곤란이 발생할때, 심전도에 의미있는 부정맥 등 중대한 이상소견이 있을때 등이었는데, 대부분의 경우 심한 호흡곤란으로 환자가 더 이상의 운동부하증가를 견디지 못하고 운동중지를 요청하였다.

운동부하검사상의 각종 폐기능지표산출의 기준 및 공식은 다음과 같다. 혐기성역치는 간접적인 방법으로 결정하였는데, Fig. 1과 같이 이산화탄소생산에 대한 환기량의 비는 일정하면서 산소섭취량에 대한 환기량의 비는 증가하기 시작하는 시점을 혐기성역치로 판정하였다¹⁾. 혐기성역치는 그 시점에서의 산소섭취량으로 표시하였고 상대적 비교를 위해 최대산소섭취량의 기대치에 대한 백분율도 구했는데, 최대산소섭취량의 기대치는 남자의 경우 $[5.41 \times \text{신장(cm)} - 0.025 \times \text{나이} - 5.66]$, 여자의 경우 $[3.01 \times \text{신장(cm)} - 0.017 \times \text{나이} - 2.56]$ (L/min)의 공식에서 계산하였다²⁾. 호흡예비력은 최대수의환기량(maximal voluntary ventilation, MVV)에서 운동시의 최대환기량을 뺀 값을 최대수의환기량에 대한 백분율로, 심박수에비력은 예상최대심박수에서 운동시의 최대심박수를 뺀 값을 예상최대심박수에 대한 백분율로 구하였다³⁾. 최대수의환기량은 1초시호기량에 25를 곱한 값으로, 예상최대심박수는 $[210 - 0.65 \times \text{나이}]$ 의 공식에서 계산하였다⁴⁾. Oxygen pulse는 산소섭취량($\dot{V}O_2$)을 심박수로 나눈 값(L/min/beat)으로 최대 oxygen pulse는 예상최대 oxygen pulse에 대한 백분율로 표시하였는데, 예상최대 oxygen pulse는 최대산소섭취량의 예측치를 예상최대심박수로 나눈 값에서 구하였다³⁾.

3. 유의성의 검정

통계처리는 SAS software program을 이용하여 paired t-test 및 Wilcoxon matched-pairs signed-ranks tesk로 검정하였는데, p값이 0.05미만이면 의미 있는 것으로 간주하였다.

결 과

대상환자들의 특성 및 폐기능검사소견은 (Table 2)

와 같고, 운동부하검사에서의 평균운동시간은 7.5분이었으며 최대운동부하의 평균은 72.2 watt였다.

1. 최대산소섭취량 및 혐기성역치

최대산소섭취량은 평균 1.02 L/min(예측치의 40.4%)로 현저히 감소되어 있었고, 혐기성역치는 4에서만 결정할 수 있었는데 평균 0.87 L/min로서 최대산소섭취량의 평균 39.8%였다(Table 3).

운동부하증가율에 대한 산소섭취량증가분의 비($\Delta \dot{V}O_2 / \Delta WR$)와 산소섭취량차($\dot{V}O_2$ difference)는 각각 평균값이 10.7 ml/min/watt와 4.4%로, 정상범위에 해당되었다(Table 4).

Table 2. Patients Characteristics and PFT Data

	Mean	± SD	n
Age (years)	52.2	11.4	18
Sex Ratio (M:F)	9:9	—	18
Weight (Kg)	59.3	8.8	18
Height (cm)	160.0	7.7	18
FVC (L)	2.22	0.75	18
FVC (% Pred.)	64.7	10.0	18
FEV ₁ (L)	1.74	0.47	18
FEV ₁ (% Pred.)	67.7	12.8	18
FEV ₁ /FVC (%)	80.5	13.2	18
DLco/VA (ml/min/mmHg)	2.77	0.92	13
DLco/VA (% Pred.)	61.1	22.8	13
PaCO ₂ (mmHg)	37.3	6.4	15
PaO ₂ (mmHg)	71.1	11.4	15

Table 3. Maximum $\dot{V}O_2$ and Anaerobic Threshold (AT)

	Mean	± SD	n
Duration of Exercise (min)	7.5	2.3	18
Maximum Work Rate (watts)	72.2	22.4	18
Maximum $\dot{V}O_2$ (L/min)	1.02	0.34	18
Maximum $\dot{V}O_2$ (L/min, % Pred.)	46.4	12.9	18
Maximum $\dot{V}O_2$ (ml/min/kg)	17.2	4.5	18
Maximum $\dot{V}O_2$ (ml/min/kg, % Pred.)	58.1	16.5	18
No. of AT determined (cases)	4	—	18
$\dot{V}O_2$ at AT (L/min)	0.87	0.26	4
AT (% of Pred. maximum $\dot{V}O_2$)	39.8	7.9	4

Table 4. Parameters of Anaerobic Contribution (n=18)

	Mean $\pm$ SD Normal range***		
* $\Delta\dot{V}O_2/\Delta WR$ (ml/min/watt)	10.7	2.5	10.29 $\pm$ 1.01
** $\dot{V}O_2$ Difference (%)	4.4	6.8	0.0 $\pm$ 7.0
* $\Delta\dot{V}O_2/\Delta WR = (\text{maximum } \dot{V}O_2 - \dot{V}O_{2,\text{unloaded}})/(T - 0.75) \times I$			
** % $\dot{V}O_2$ Difference = $100 \times (\text{expected } \dot{V}O_2 - \text{measured } \dot{V}O_2) / \text{expected } \dot{V}O_2$			
*** Reference : Principles of Exercise Testing and Interpretation, 1987.			
T : the total time in minutes of incremental work until maximum $\dot{V}O_2$ is reached			
0.75 : the time displacement at the start of the linear increase in $\dot{V}O_2$			
I : the work rate increment in watts per minute			

Table 5. Parameters of Ventilatory Response (n=18)

	Baseline Mean $\pm$ SD	Max Exercise Mean $\pm$ SD	P-value
Tidal Volume (L)	0.69 $\pm$ 0.20	1.16 $\pm$ 0.47	S***
TV/FVC (%)	31.4 $\pm$ 7.6	54.8 $\pm$ 13.0	S
Breathing Frequency (/min)	24.2 $\pm$ 7.4	53.7 $\pm$ 13.0	S
Minute Ventilation (L/min)	15.2 $\pm$ 3.8	56.7 $\pm$ 16.5	S
*Breathing Reserve (L/min)	—	7.5 $\pm$ 9.1	—
**Breathing Reserve (%)	—	9.7 $\pm$ 11.6	—

* Breathing Reserve = MVV—VE at maximal exercise

**Breathing Reserve (%)

= $100 \times (\text{MVV} - \text{VE at maximal exercise}) / \text{MVV}$

: MVV (Maximal Voluntary Ventilation) = FEV₁ $\times$ 35

*** P < 0.01

2. 운동부하증가에 따른 환기능의 변화

매분환기량(minute ventilation)은 운동부하시 현저하게 증가하였는데, 호흡용적(tidal volume) 및 호흡수가 모두 유의하게 증가하였으며 노력성호기량에 대한 호흡용적의 비율도 역시 의미있게 증가하였다. 호흡예비력은 평균 7.5 L/min로 백분율로는 9.7%로서 정상치인 20%보다 훨씬 감소되어 있었다(Table 5).

운동전후로 호흡용적과 호흡수의 증가분을 비교해보면 호흡수의 증가분이 호흡용적의 증가분보다 유의하게 높으므로, 매분환기량의 증가에는 호흡수의 증가가 호흡용적의 증가보다 더 기여함을 알 수 있었다(Table 6).

3. 운동부하증가에 따른 심장기능의 변화

심박수는 최대운동시 유의하게 증가하였고, 심박수에 비례한 평균 27.4 beats/min(15.3%)로 최대운동시에도 여력이 남아있었다.

Oxygen pulse는 안정시에 평균 3.11 L/min/beat에서 최대운동시 평균 7.31 L/min/beat로 유의하게 증가

Table 6. Comparison of the Changes Between TV and BF in the Increase of VE (n=18)

	Mean	$\pm$ SD
Fractional Increase of TV	1.76	0.39
*Fractional Increase of BF	2.37	0.84

* P < 0.05 vs. Fractional Increase of TV

Table 7. Parameters of Cardiac Response (n=18)

	Baseline Mean $\pm$ SD	Max Exercise Mean $\pm$ SD	P-value
HR (beats/min)	101.7 $\pm$ 10.8	148.5 $\pm$ 11.3	S@
* HRR (beats/min)	—	27.4 $\pm$ 13.0	—
** HRR (%)	—	15.3 $\pm$ 6.9	—
$\dot{V}O_2/HR$ (L/min/beat)	3.11 $\pm$ 1.03	7.31 $\pm$ 2.08	S
Maximum $\dot{V}O_2/HR$ (% of Pred. Max $\dot{V}O_2/HR$ ***)	—	59.1 $\pm$ 15.3	—

* Heart Rate Reserve = predicted max. HR—observed max. HR : predicted max. HR = 210—0.65 $\times$ age (years)

** HRR (%) = $100 \times (\text{predicted max. HR} - \text{observed max. HR}) / \text{predicted max. HR}$

***Pred. Max $\dot{V}O_2/HR$ = Pred. max. $\dot{V}O_2/\text{Pred. max. HR}$

@ P < 0.01

하였지만, 최대 oxygen pulse의 백분율은 평균 59.1%로 감소되어 있었다(Table 7).

5. 안정시 폐기능검사지표와 운동부하검사시 폐기능지표와의 상관 관계

4. 동맥혈가스분석소견 및 환기-관류 불균형지표의 변화

pH와 동맥혈이산화탄소분압은 운동시 유의한 변화를 보이지 않았고, 동맥혈산소분압은 안정시에 평균 71.1 mmHg에서 최대운동시 평균 54.6 mmHg로 의미있게 감소하였으며 감소폭은 평균 15.9 mmHg였다. 환기-관류불균형을 반영하는 지표인 동맥혈-종말호기 이산화탄소분압차($P_{(a-ET)CO_2}$), 폐포-동맥혈 산소분압차($P_{(A-a)O_2}$) 그리고 생리적사강율(V_D/V_T) 등을 안정시와 최대운동시에 비교해보면, $P_{(a-ET)CO_2}$ 는 별 차이를 보이지 않았으며 $P_{(A-a)O_2}$ 는 유의하게 증가한 반면에 생리적사강율은 유의하게 감소하였다(Table 8).

안정시의 주요 폐기능검사지표인 노력성폐활량, 1초 시호기량, 일산화탄소의 폐확산능 그리고 동맥혈산소분압 등과 운동부하검사의 폐기능지표인 최대산소섭취량, 호흡예비력, 심박수예비력, 최대호흡빈도, 최대 oxygen pulse 그리고 동맥혈산소분압저하분(ΔPO_2)간의 상관관계를 알아보았는데, 최대산소섭취량과 노력성 폐활량간에 그리고 최대산소섭취량과 동맥혈산소 분압 사이에서만 의미있는 상관관계가 있었다(Table 9).

고 찰

간질성폐질환은 병리학적으로 폐포, 간질, 폐혈관 등에 섬유화가 초래되는 질환이므로 생리학적으로는 환기양상 및 가스교환 등에서 이상소견을 보인다. 운동시에는 환기 및 관류가 모두 증가하여 가스교환이 이루어지는 폐포-모세혈관단위의 관계가 최대로 밀접해지므로, 안정시와 운동시의 환기양상 및 가스교환의 변화를 비교, 검토함으로써 간질성폐질환에서의 생리적 변화를 이해할 수 있겠다. 따라서 운동부하폐기능검사는 폐섬유화의 정도를 판단하고 질병의 경과를 추적하는 하나의 방법으로 이용될 수 있을 것이다⁵⁾.

운동량이 증가하면 그에 필요한 에너지원인 ATP의 생성을 촉진하기 위해서 호기성대사과정에 산소를 공급하고 부산물로 생성된 이산화탄소를 제거하려는 생리적 현상으로 환기량 및 심박출량이 증가하고 근육으로의 혈류량이 재분배된다. 그럼에도 불구하고 산소공급이 불

Table 8. ABGA and Parameters of Uneven V/Q (n=14)

	Baseline Mean±SD	Max Exercise Mean±SD	P-value
pH	7.43±0.03	7.37±0.05	NS
PCO ₂	37.3±6.4	36.9±7.2	NS
PO ₂	71.1±11.4	54.6±11.9	S*
HCO ₃	24.3±3.2	20.4±3.0	S
P (a-ET) CO ₂	5.6±6.6	3.2±4.8	NS
P (A-a)O ₂	27.5±16.2	50.4±16.8	S
VD/VT	0.74±0.29	0.64±0.32	S
Δ PO ₂	—	15.9±10.1	—

* p < 0.01

Table 9. Correlations Between Resting Parameters and Exercise Parameters

	FVC		FEV ₁		DLco/V _A		PO ₂	
	r	n	r	n	r	n	r	n
Maximum $\dot{V}O_2$ (L/min)	*0.5775	18	0.3908	18	-0.0206	13	*0.6983	15
BR (%)	0.1691	18	0.4369	18	-0.4003	13	-0.0225	15
HRR (/min)	-0.3637	18	0.0405	18	-0.0584	13	-0.2361	15
Max. BF	-0.1132	18	0.0771	18	0.3866	13	0.1510	15
Max. $\dot{V}O_2$ /HR	0.3477	18	0.3029	18	0.3707	13	0.4005	15
Δ PO ₂	0.2996	14	0.5894	14	-0.3627	10	0.3944	14

* p < 0.01

충분하거나 대사요구량이 지나칠때는 부족한 ATP생성을 보상하기위해 혐기성대사가 동원되는데, 혐기성대사는 탄수화물만을 재료로 하여 유산과 소량의 ATP를 생성하게 된다. 이렇게 생성된 유산은 중탄산염에 의해 완충되어 이산화탄소와 수소이온으로 분해되는데, 혈류에 축적된 이산화탄소와 수소이온은 환기량을 더 증가시키도록 자극을 가하게 된다.

호기성대사만으로는 에너지요구량을 충족시키지 못하고 혐기성대사를 동원하게 되는 시점을 Wasserman등이 혐기성역치라고 명명하였는데⁶⁾, 혐기성역치는 혈중의 유산농도 또는 유산/초성포도산염(pyruvate)의 비를 측정하여 이들이 지속적으로 증가하는 시점을 포착하거나 혈중중탄산염의 농도를 측정하여 대사성 산증이 발현되는 시점에서 산소섭취량을 결정하는 방법이 있지만 두가지 모두 관혈적인 방법이므로 본 연구에서는 Fig. 1과 같은 비관혈적인 간접적 방법으로 혐기성역치를 결정하였다¹¹⁾. 이 외에도 Beaver 등이 제창한 V-slope방법도 있으나, 이는 각 호흡마다 이산화탄소생성량과 산소섭취량을 측정, $\log$ 값으로 치환하여 도식화하는 computer program을 필요로 한다는 제약점을 갖고있다⁷⁻⁸⁾. 혐기성역치에서의 산소섭취량은 정상인의 경우 예상최대산소섭취량의 40%이상으로 보고되고 있으며⁹⁾, 정상보다 낮은 경우는 심혈관계의 질환 등 운동근육으로의 산소전달에 장애가 있는 것으로 알려져 있다¹⁰⁾. 유 등이 22명의 만성폐색성폐질환환자를 대상으로 한 연구에 의하면 3명에서 혐기성역치가 결정되었는데, 이때의 산소섭취량은 예상최대산소섭취량의 $46.3 \pm 15.6\%$ 라고 보고하였다¹¹⁾. 본 연구에서 혐기성역치가 최대산소섭취량의 평균 39.8%로 정상치보다 약간 낮게 나온 것은 간질성폐질환에 합병되어 폐동맥고혈압이 발생하고 이에 따라 어느정도의 우심부전이 동반되었기 때문으로 추정된다. 그리고 18명중 4명에서만 혐기성역치가 결정된 가장 큰 이유가 이를 결정하는 방법자체의 예민도 때문이라고 생각할 수도 있으나, 혐기성대사정도를 간접적으로 반영해주는 지표인 $\Delta \dot{V}O_2 / \Delta WR$ 와 $\dot{V}O_2$ difference가 모두 정상범위였다는 사실로 보아 대상환자들이 혐기성역치에 도달할 만큼 충분히 운동을 하지 못했기때문에 혐기성역치가 결정되지 않았다고 생각된다.

간질성폐질환환자의 최대운동시 특징적인 호흡양상은 분당 50회가 넘는 고빈도의 호흡이었는데, 이는 간질성

폐질환이 폐용량이 작고 유순도가 감소되어있는 질환이라는 사실을 상기해볼때 쉽게 예측되는 결과라고 할 수 있으며 1965년도의 Lourenco등의 연구에서도 이러한 사실이 잘 나타나있다¹²⁾. 결국 환기량의 증가를 충족시키기 위해서는 유순도가 떨어진 폐의 호흡용적을 증가시키는 것보다는 호흡수를 증가시키는 것이 더 용이한 결과라고 해석된다. 그러나 호흡용적도 안정시에 비해 최대운동시 평균 1.76배까지 증가하였는데, Gibson등의 주장에 의하면 흉벽자체의 기계적 성질이 손상을 받지않았다면 흉곽의 크기는 정상이고 이에 비해 간질성폐질환으로 폐의 크기는 작아지므로 호기근육들이 주어진 폐용적에서 더욱 큰 늑막강의 음압을 발생시켜서 호흡용적을 유지하고 증가시킬 수 있다고 하였다¹³⁾. 그리고 Burdon 등은 간질성폐질환환자의 운동중의 호흡양상을 연구하면서 1회의 호흡주기(Ttot)중 흡기시간(Ti)이 차지하는 비율(Ti/Ttot)이 감소한다는 사실을 들어 흡기시 유속을 높여 호흡용적과 호흡수의 적정수준을 유지하고 호흡근육의 피로를 발생시키지 않는 범위내에서 호흡근력을 유지하는 보상작용으로 설명하고 있다¹⁴⁾.

Oxygen pulse는 만성폐색성폐질환환자를 대상으로 한 연구에서는 정상에 비해 떨어져있지만 산소섭취량 대 심박수변화가 이루는 직선의 기울기를 비교해보면 정상과 유의한 차이가 없으므로 oxygen pulse의 증가율도 정상과 차이가 없을 것이라는 주장^{11,15)}과는 달리, 최대운동시 절대치는 증가하지만 예상최대치에 대한 백분율로는 59.1%로 현저하게 감소되어 있었다. 이는 산소섭취량의 증가양상이 운동부하증가에 따라 1차함수의 비례직선을 이루다가 결국 둔화되어 고평부를 이루고 oxygen pulse의 증가양상도 동일하다는 사실³⁾을 생각해 보면 1차함수의 기울기로 비교하는 데에는 문제가 있으리라 생각되며, 간질성폐질환에서는 여러가지 기전에 의해 폐동맥고혈압이 발생하고¹⁶⁾ 이에 따라 우심실의 심박출량감소가 뚜렷하다¹⁷⁾는 주장과 같이 폐동맥고혈압과 우심실부전이라는 심혈관계의 제약점이 최대운동시 oxygen pulse의 감소에 중요한 요소로 작용하리라고 추정된다.

간질성폐질환의 가장 특징적 가스교환장애는 운동유발성 저산소혈증이다¹⁸⁻²⁰⁾. 본 연구에서도 동일한 소견을 관찰할 수 있었는데, Crystal등의 보고에 의하면 안정시에는 동맥혈산소분압이 정상이거나 약간 감소되었던 경우라도 운동부하시에는 예외없이 저산소혈증이 나

타난다고 되어있다²⁰⁾. 이는 운동으로 혈류의 속도가 빨라져서 폐모세혈관에서의 적혈구체류시간이 단축되므로 폐의 확산능이 평형상태에 충분히 이르지 못하기때문이라고 알려져 있다³⁾.

최대산소섭취량이 안정시의 폐기능검사지표인 노력성 폐활량과, 그리고 안정시의 동맥혈산소분압과 유의한 상관관계를 이룬다는 의미는 안정시의 이들 지표로 간질성폐질환자의 운동능력을 예측할 수 있는 가능성을 제시해준다는 데에서 찾을 수 있겠다. 그러나 간질성폐질환에서의 운동부하검사의 진단적 가치, 질병의 정도판정 그리고 질병경과의 추적지표로서의 역할을 명확히 하려면, 폐기능검사는 물론 환자의 증상등급, 흉부 방사선 검사, 기관지폐포세척술 및 병리조직검사 등과 포괄적이고 총체적인 연구가 필요하리라 생각된다.

결 론

간질성폐질환에서는 최대산소섭취량의 감소, 호흡수의 뚜렷한 증가, 호흡예비력의 감소, oxygen pulse의 감소, 동맥혈산소분압의 저하, $P_{(A-a)}O_2$ 의 증가, 생리적 사강울의 감소 등이 중요한 운동부하검사소견이었으며, 최대산소섭취량은 안정시의 동맥혈산소분압 그리고 노력성폐활량과 유의한 상관관계를 보였다. 따라서 운동부하검사는 간질성폐질환의 생리적장애판정에 유용하게 이용될 수 있으리라고 생각된다.

REFERENCES

- 1) Wasserman K: The anaerobic threshold measurement in exercise testing. Clin Chest Med 5:77, 1984
- 2) Jones NL, Makrides L, Hitchcock C, et al: Normal standards for incremental progressive cycle ergometer test. Am Rev Respir Dis 131:700, 1985
- 3) Wasserman K, Hansen JB, Sue DY, Whipp BJ: Principles of Exercise Testing and Interpretation. p1. Philadelphia, Lea & Febiger, 1987
- 4) Jones NL: Clinical Exercise Testing. 3rd Ed, p1, Philadelphia, WB Saunders Company, 1988
- 5) Stephen L, Demeter: Gas exchange across abnormal interstitial tissue in pulmonary sarcoidosis: Results of therapy. Angiology 3:256, 1987
- 6) Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL: Anaerobic threshold and maximal oxygen uptake for three modes of exercise. J Appl Physiol 41:544, 1973
- 7) Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ: Improved detection of the lactate threshold during exercise using a log-log transformation. J Appl Physiol 59: 1936, 1985
- 8) Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ: Bicarbonate buffering of lactic acid generated during exercise. J Appl Physiol 60:472, 1986
- 9) Hausen JE, Sue DY, Wasserman K: Predicted values for clinical exercise testing. Am Rev Respir Dis 129(suppl):549, 1984
- 10) Wasserman K, Whipp BJ: Exercise physiology in health and disease. Am Rev Respir Dis 112:219, 1975
- 11) 유빈, 김영환, 한성구, 심영수, 김건열, 한용철: 만성 폐색성 폐질환 환자에서 운동부하 폐기능검사를 이용한 운동능력의 평가. 대한내과학회잡지 36:343, 1989
- 12) Lourenco RV, Turino GM, Davidson LAG, Fishman AP: The regulation of ventilation in diffuse pulmonary fibrosis. Am J Med 38:199, 1965
- 13) Gibson GJ, Pride NB: Pulmonary mechanics in fibrosing alveolitis: The effects of lung shrinkage. Am Rev Respir Dis 116:637, 1977
- 14) Burden JGW, Killian KJ, Jones NL: Pattern of breathing during exercise in patients with interstitial lung disease. Thorax 38:778, 1983
- 15) 이영이, 이인수, 정성일, 유세화, 서순규: 만성기도 폐색 환자의 작업능. 대한내과학회잡지 28:244, 1985
- 16) Weitzsblum E, Ehrhart M, Rasaholiniary J, Hirth C: Pulmonary hemodynamics in idiopathic pulmonary fibrosis and other interstitial lung diseases. Respiration 44:118, 1983
- 17) Sturani C, Papiris S, Galavotti V, Gunella G: Pulmonary vascular responsiveness at rest and during exercise in idiopathic pulmonary fibrosis: Effects of oxygen and nifedipine. Respiration 50:117, 1986
- 18) Epler GR, Saber FA, Galensler EA: Determination of severe impairment (disability) in interstitial lung disease. Am Rev Respir Dis 121:647, 1980
- 19) Keogh BA, Crystal RG: Pulmonary function testing in interstitial pulmonary disease. What does it tell us? Chest 78:856, 1980
- 20) Keogh BA, Lakatos E, Price D, Crystal RG: Importance of the lower respiratory tract in oxygen transfer. Am Rev Respir dis 129(suppl):76, 1984