

□ 원 저 □

분석 알고리즘과 운동방법에 따른 Exercise Test 결과의 차이

포천중문의과대학 내과학교실, 연세대학교 의과대학 내과학교실, 폐질환연구소*

박재민, 김성규*

= Abstract =

The Difference of Interpretations of Cardiopulmonary Exercise Testing According to Interpretative Algorithms and Exercise Methods

Jae Min Park, M.D., Sung Kyu Kim, M.D.*

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Pochon CHA University, Korea

Department of Internal medicine, The Institute of the Chest Diseases,

*Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea**

Background : Recently, cardiopulmonary exercise testing (CPX) has become a popular diagnostic method for differentiating the main cause of exertional dyspnea or exercise limitation. We evaluated the difference in the CPX results according to interpretative algorithms and the methods of exercise in Korea.

Method : Sixty-six patients with chronic lung disease and 48 adults with dyspneic symptoms, but with no abnormalities in a spirometry performed symptom limited CPX, were included in this study. The results were interpreted using both Wasserman's (WA) and Eschenbacher's algorithm (EA), and a comparison between both algorithms was made. Thirty-three healthy medical students performed the CPX with a cycle ergometer and treadmill. The results were interpreted with EA and the concurrence in interpretations was evaluated according to the methods of exercise.

Results : 1. In patients with chronic lung disease, the overall concordance rate between the two algorithms was 63.6%. The concordance rates were 69.8% in patients with obstructive, 25.0% in those with restrictive, and 66.7% in those with mixed pulmonary insufficiency. In patients with dyspneic symptoms but normal findings in resting spirometry, the concordance rate was 60.4%. 2. In healthy medical students, in results interpreted with EA, the concordance rate between the cycle ergometer and treadmill exercise was 25.0%.

Address for correspondence :

Jae Min Park, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Pochon CHA University, Korea

351 Yatap-dong, Pundang-gu, Sungnam, Kyonggi-do, 463-712, Korea

Phone : 031-780-5851 Fax : 031-780-4833 E-mail : jgun@hananet.net

Conclusion : Both interpretative algorithms and methods of exercise may affect the CPX results. In using CPX as a diagnostic test for the causes of dyspnea in the Korean population, the interpretative algorithms and method of exercise need to be standardized, and a predictive $\dot{V}O_{2\max}$ equation needs to be established. (Tuberculosis and Respiratory Diseases 2001, 50 : 42-51)

Key words : Cardiopulmonary exercise testing, Interpretative algorithm, Cycle ergometer, Treadmill, Diagnostic test.

서 론

심폐운동검사(cardiopulmonary exercise testing)는 호흡곤란이나 운동제한의 원인 감별을 위한 진단적 목적으로 이용되며, 폐절제 범위의 결정과 산소요법 등 특수한 치료의 필요성 여부나 반응판정 등에도 이용되고 있다¹⁻⁵. 과거에는 특수 기관이나 실험실에서 시행되던 심폐운동검사가 전산화된 상업적인 운동검사기구의 발달로 현재는 임상에서도 비교적 쉽게 시행할 수 있게 되었다.

호흡곤란이나 운동제한의 원인 감별을 위해서는 최대산소섭취량의 감소여부 및 운동시 나타나는 여러 반응이 정상범주에 비해 어느 정도 혹은 어떤 형태로 벗어났는지에 대한 분석이 필요하다⁶⁻⁹. 그러나 실제 임상에서 임상사들이 손쉽게 일관성있는 판정 결과를 얻을 수 있는 진단 알고리즘은 많지 않은 실정이다. 또한 운동방법에 따라 최대산소섭취량이 차이가 나는 것은 잘 알려져 있는 사실이지만 현재 사용되고 있는 진단 알고리즘들은 그 차이에 대한 명확한 구분이 없으며, 특히 한국인에 대한 확실한 지침이 아직 없는 현실이다.

이에 저자들은 호흡곤란이나 운동제한의 원인 감별을 위하여 진단적 목적으로 이용되는 심폐운동검사의 분석결과에 사용된 알고리즘 혹은 운동방법에 의한 차이가 있는지를 알아보고, 차이가 있다면 그 원인은 무엇인지 알아보고자 본 연구를 진행하였다.

대상 및 방법

1. 실험군

A군 : 호흡곤란을 주증상으로 호소하고 안정시 시행한

폐기능검사상 미국흉부학회 기준에 의한 폐기능 손상을 보이는 환자중 최근 2개월 이내에 증상이 악화되지 않은 환자(66명)

B군 : 임상적으로 심장질환은 의심되지 않으면서 활동시 호흡곤란을 호소하나 안정시 폐활량검사소견상 정상인 환자(48명)

C군 : 호흡곤란 등의 호흡기계증상이 없고 안정시 폐활량검사소견도 정상인 건강한 의과대학 남학생(32명)을 대상으로 하였다.

2. 방 법

1) 환자에 대한 조사

검사전 체중 및 신장, 과거력, 치료력, 임상증상, 최근 혹은 현재 복용중인 약물 등을 기록하였다.

2) 안정시 폐기능검사

A,B,C군 : 운동검사 30분전에 Jaeger Master Lab 폐기능검사기(Jaeger, Würzburg, Germany)를 이용하여 폐활량검사를 시행하였고 MVV는 Cardiopulmonary Diagnostic System(Medigraphics, St. Paul, MN, USA)으로 12초 동안 최대한 깊고 빠르게 호흡을 반복시킨 후 측정된 환기량을 1분으로 환산하여 구하였다.

A군 : Body plethysmographic method로 폐용적을 구하고, single breath DLco로 폐확산능을 측정하였다.

3) 심폐운동검사

A,B군 : 전흉부에 12 lead 심전도를 부착한 후 자전거(Medigraphics, St. Paul, MN, USA)로 운동을 시행하였다. 운동의 방법은 증상제한적운동을 채택하

었다. 처음 1-2분간 공회전으로 안정기간을 가진 다음 2분에서 3분 동안 부하가 없는 상태에서 운동후 환자의 전신상태에 맞추어 분당 10-20 watt 범위에서 점진적으로 부하를 올려 운동강도를 높였다. 폐달링은 분당 약 60회 내외로 하였으며 환자의 증상 허용범위까지 운동을 하게 한 후 2-3분간의 회복기를 거쳐 운동검사를 종료하였다. 산소섭취량($\dot{V}O_2$), 이산화탄소배출량($\dot{V}CO_2$), 상시호흡량(tidal volume, V_T), 분당환기량(minute ventilation, \dot{V}_E)은 구강에서 호흡기류계(pneumotachometer)와 가스분석기(Medigraphics, St. Paul, MN, USA)를 통해 매 호흡마다 호기를 연속적으로 채취 측정된 후 매 5-7호흡마다 평균값을 취하였다.

C군: 16명 씩 두 군으로 나누어 한 군은 자전거를, 다른 군은 답차검사를 먼저 시행하고 1주일 후 운동방법을 바꾸어 검사를 다시 시행하였다. 자전거는 상기와 같은 방법으로 시행하였고, 답차는 1-2분간의 안정기간을 가진 후 속도와 기울기를 점진적으로 올리는 방법(ramping protocol)으로 운동을 시행하였다.

4) 동맥혈가스검사

A와 B군에서 안정시 및 최대운동시(혹은 운동중지 후 20초 이내)에 요골동맥에서 동맥혈천자를 시행하였다.

5) 운동검사 결과의 분석

A, B군: 자전거를 이용한 검사 결과를 Wasserman의 알고리즘과 Eschenbacher의 알고리즘으로 분석하였다.

C군: 자전거 및 답차를 이용한 검사 결과를 각각 Eschenbacher의 알고리즘을 이용하여 분석하였다.

6) 운동제한의 원인분류

Wasserman 등⁶⁾이 제시한 운동제한의 원인분류를 이용하였는데, 그 중 빈혈과 만성대사성산증을 제외하고

1. 폐질환(pulmonary disease predominant) 2. 폐혈관질환(pulmonary vascular disease predomi-

nant) 3. 심장질환(heart disease predominant) 혹은 deconditioning 4. 말초혈관질환(peripheral vascular disease predominant) 5. 노력부족(poor effort) 혹은 불안(anxiety) 6. 정상 혹은 비만(obesity) 7. 판정불가(undeterminate) 등 7가지로 분류하였다.

7) 결과의 비교분석

A와 B군에서는 Wasserman 방식과 Eschenbacher 방식으로 분석한 결과를 비교하여 7가지 분류 중 같은 결과를 보일 때만 일치하는 것으로 인정하여 일치율을 구하였고, C군에서는 자전거를 이용한 결과와 답차를 이용한 결과를 비교하여 일치율을 구하였다.

결 과

1) A군은 모두 66명으로 남자가 53명, 여자는 13명이었으며 평균나이는 각각 61 ± 7.8 세(평균 \pm 표준편차), 50 ± 14.9 세, 신장은 각각 166 ± 5.4 cm, 157 ± 3.9 cm, 그리고 체중은 각각 58.7 ± 10.2 kg, 48.6 ± 7.1 kg이었다. 질환별로 세분하면 만성폐쇄성폐질환이 34명, 결핵 후 파괴성 폐질환 19명, 만성간질성 폐질환 7명, 미만성범세기관지염 2명, 낭포성폐질환 2명, 기관지확장증 1명, 전신성경화증에 의한 흉벽기능이상 1명이었다(Table 1). 폐기능검사상 폐쇄성

Table 1. Clinical diagnoses of the patients of chronic lung disease

질 환 명	환자수
만성폐쇄성폐질환	34
결핵 후 파괴성 폐질환	19
만성간질성폐질환	7
미만성범세기관지염	2
낭포성폐질환	2
기관지확장증	1
전신성경화증에 의한 흉벽기능이상	1
계	66

Table 2. Characteristics of resting PFTs according to patterns of impairment

	FEV ₁ (%)	FVC(%)	FEV ₁ /FVC	RV(%)	FRC(%)	TLC(%)	DLco(%)
Obstructive (n=43)	37.1±12.1	63.4±16.2	52.4±10.6	168.9±49.1	80.0±19.2	97.1±18.3	90.7±29.8
Restrictive (n=15)	63.7±23.4	61.7±21.2	115.3±6.16	79.3±22.4	67.0±25.1	58.2±14.6	73.2±15.5
Mixed (n=8)	40.9±19.3	56.1±16.5	75.7±16.6	73.6±36.7	72.9±14.1	58.5±12.3	108.3±48.2

Obstructive : obstructive type pulmonary insufficiency,

Restrictive : restrictive type pulmonary insufficiency, Mixed : mixed type pulmonary insufficiency

Table 3. Comparison between WA and EA in patients of chronic lung disease

EA \ WA	PD	PV	CD	PeD	Poor	WNL	UD	Total
PD	32*	3			1	1	1	38
PV	6	10*	1	2				19
CD	3	2		1				6
PeD								
Poor	2					1		3
WNL								
UD								
Total	43	15	1	3	1	2	1	66

WA : Wasserman's algorithm, EA : Eschenbacher's algorithm

PD : pulmonary disease, PV : pulmonary vascular disease, CD : cardiac disease

PeD : peripheral vascular disease, Poor : poor effort or anxiety

WNL : within normal limit, UD : undeterminate

* : Number of concordant cases

환기장애를 보이는 경우는 43명, 혼합형 장애를 보이는 경우는 15명, 제한성 장애를 보이는 경우는 8명이 었다(Table 2).

B군은 총 48명으로 남자가 30명, 여자 18명이었 으며 평균나이는 각각 47±20.8세, 48±15.7세이 었다. C군은 32명으로 모두 남자였다. 평균나이는 24 ±1.3세로 검사전 시행한 심전도 및 폐기능검사소견 상 모두 이상소견을 보이지 않았고, 흉부 X-선 소견 은 결과분석에 영향을 미칠 수 있어 고려하지 않았다.

2) 만성폐질환자에서 자전거를 이용한 검사를 두

알고리즘으로 판독하여 비교한 결과는 Table 3과 같 으며, 66명중 42명에서 일치하여 63.6%의 일치율을 보였다. 폐기능검사소견에 따라 구분하였을 때, 폐쇄 성장애를 보인 경우는 43명중 30명, 제한성장애를 보 인 경우는 8명중 2명, 혼합성 장애를 보인 경우는 15 명 중 10명으로 각각 69.8%, 25.0%, 66.7%의 일치 율을 보였다(Table 3).

3) 호흡곤란을 호소했지만 폐기능 검사는 정상인 환자에서, 자전거를 이용한 운동후 두 알고리즘으로 판 독하여 비교한 결과는 Table 4와 같고, 일치율은 60.4

Table 4. Comparison between WA and EA in dyspneic patients with normal PFTs

EA \ WA	PD	PV	CD	PeD	Poor	WNL	UD	Total
PD	7*		2		1		1	11
PV		1*				2		3
CD			6*		5	4	1	16
PeD				1*				1
Poor	1				6*	1		8
WNL						8*	1	9
UD								
Total	8	1	8	14	12	15	3	48

* : Number of concordant cases

Table 5. Comparison between cycle ergometer and treadmill in normal medical students

Cycle \ Tread	PD	PV	CD	PeD	Poor	WNL	UD	Total
PD			2		4			6
PV		1*				2		3
CD			1*					1
PeD								
Poor		5			2*			7
WNL	1		6		4	4*		15
UD								
Total	1	6	9		10	6		32

Cycle : cycle ergometer, Tread : treadmill

* : Number of concordant cases

%이었다(Table 4).

4) 건강한 의과대학 남학생에서 자전거와 답차를 이용하여 운동을 시행한 후 EA 방식으로 판독 비교한 결과는 Table 5와 같고, 일치율은 25%이었다(Table 5).

고 찰

심폐운동검사는 운동중 가스상태의 변화를 측정함으로써 심혈관계와 호흡기계를 동시에 평가할 수 있는

검사이다. 활동 혹은 운동과 연관된 증상을 운동검사를 통해 유발시켜 관찰할 수 있고, 심장, 폐 및 근육 등 운동과 관계된 장기의 기능을 개별적 혹은 통합적으로 검사할 수 있는 장점이 있다^{1,2}. 과거에는 검사가 복잡하고 분석에도 많은 시간이 필요해 주로 일부 연구실에서 연구 목적으로 시행되었으나 최근에는 안정성 있고 정확한 호흡가스분석기와 컴퓨터의 발달로 임상에서도 비교적 쉽게 시행할 수 있게 되었다. 심폐운동검사는 운동능력의 평가, 운동장애 혹은 호흡곤란의 원인 감별이나 영향을 미치는 요인들에 대한 평가, 재

Table 6. Examples of the interpretations of exercise testing according to interpretative algorithms or methods of exercise

Patient	CD or Sx	FEV ₁	FVC	V _I /C	Peak VO ₂	AT	Exercise	Algo-rithm	Indices	Interpretation
M/64	Destroyed lung	27%	45%	56	35%	29%	C	WA	BR : 32%, VE/VC _{2AT} : 24, peak PaO ₂ : 43 mmHg, HRR : 17%, VR : 33%, VE/VC _{3peak} : 23, ΔSpO ₂ : 18%, HRR : 75%	lung disease with impaired peripheral oxygenation
								EA		pulmonary vascular disease
F/56	COPD	57%	71%	52	64%	46%	C	WA	BR : 44%, VE/VC _{2AT} : 28, peak PaO ₂ : 59 mmHg, HRR : 17%, peak P(A-a)O ₂ : 38.4 mmHg	abnormal pulmonary circulation or early lung disease
								EA	VR : 45%, VE/VC _{3peak} : 24, ΔSpO ₂ : 3, HRR : 85%	poor effort
F/46	D.O.E	106%	111%	79	86%	51%	C	WA	BR : 38%, VE/VC _{2AT} : 35, peak PaO ₂ : 88.6 mmHg, peak P(A-a)O ₂ : 22 mmHg, HRR : -2%	normal
								EA	VR : 39%, VE/VC _{3peak} : 35, ΔSpO ₂ : 1, HRR : 59%	poor effort
F/66	D.O.E	84%	96%	82	65%	52%	C	WA	BR : 41%, VE/VC _{2AT} : 29, peak PaO ₂ : 65 mmHg, HRR : 14%, peak P(A-a)O ₂ : 35.8 mmHg, ΔVO ₂ /ΔWR : 5.99, O ₂ /pulse : 5.9	abnormal pulmonary circulation
								EA	VR : 59%, VE/VC _{3peak} : 26, ΔSpO ₂ : 3, HRR : 46%	poor effort
M/24	No Sx	117%	105%	81	100%	73%	T	EA	VR : 48.5%, VE/VC _{3peak} : 26, ΔSpO ₂ : 5, HRR : 49%	pulmonary disease (diffusion type)
								C	VR : 58.3%, VE/VC _{3peak} : 29, ΔSpO ₂ : 2, HRR : 57.9%	cardiomyopathy or deconditioning
M/22	No Sx	97%	93%	78	96%	59%	T	EA	VR : 36.0%, VE/VC _{3peak} : 29, ΔSpO ₂ : 2, HRR : 42%	normal
								C	VR : 58%, VE/VC _{3peak} : 25, ΔSpO ₂ : 0, HRR : 36%	poor effort

CD : clinical diagnosis, Sx : symptom, V_I/C : FEV₁/FVC, AT : VO₂ at anaerobic threshold/predicted peak VO₂ × 100, C : cycle ergometer, T : treadmill, WA : Wasserman's algorithm, EA : Eschenbacher's algorithm, BR : breathing reserve, HRR : heart rate reserve, VR : ventilatory reserve

활 및 운동 처방, 운동시 산소 공급 등 특별한 치료의 필요성 평가 및 치료반응평가 등에 유용한 것으로 인정되고 있다. 만성폐질환자나 심장질환자에서는 장애 정도 평가 및 다른 질환의 합병여부를 감별하는데 도움을 주며, 수술 후 위험성 및 심장이식 대상자의 생존 가능성 예측에도 도움을 준다¹⁻³. 특히 통상적인 검사로 호흡곤란의 원인을 알기 힘든 경우나 호흡곤란의 정도가 일반적인 검사 소견과 차이가 나는 경우 (inappropriate dyspnea)에 운동검사는 원인을 찾는 데 유용한 것으로 알려져 있다^{4,5}.

심폐운동검사의 해석에는 운동 생리 및 각 질환의 병태생리에 대한 기본적인 이해가 필수적이다. 유산소 운동능력, 즉 최대운동능력 평가에 가장 정확한 방법으로 알려져 있는 최대산소섭취량($\dot{V}O_2\text{max}$) 측정이 무엇보다 중요하고, 운동시 나타나는 여러 반응들이 정상에 비해 어떠한 변화를 보이는지를 분석하는 것이 검사결과 해석에 기본이다⁶⁻⁹. 그러나 과거 수십 년동안 심폐운동검사를 통해 얻은 운동생리 및 운동제한의 병태생리에 대한 많은 연구결과들에도 불구하고, 심폐운동검사가 호흡곤란의 주원인을 정확하게 밝혀낼 수 있는지 혹은 비용에 비해 효용성이 있는지에 대해서는 아직까지 확실하지 않으며³, 실제 임상에서 심폐운동검사의 해석시 일관성있으면서 보편적으로 적용할 수 있는 접근방식에 대한 보고는 매우 적다. 현재까지는 Wasserman 등⁶과 Eschenbacher와 Mannina⁷가 각각 제시한 알고리즘이 비교적 잘 알려져 있고 임상적으로 많이 이용되고 있다. 심폐운동검사를 전문적으로 시행하는 기관에서는 자체의 알고리즘이나 기준이 있을 수 있으나 임상들이 이용할 수 있는 알고리즘은 많지 않으며 신뢰도에 대한 연구도 아직 미흡한 실정이다. 이 두 가지 접근방식도 실측 최대산소섭취량이 예측치에 접근했는지와 운동시 나타나는 여러 변화들을 정상과 비교하여 해석하는 것은 동일하다. 그러나 Wasserman 등의 방식은 동맥혈가스검사가 필요하며 Eschenbacher의 방식은 pulse oximetry를 이용하여 비관혈적으로 동맥혈 산소포화도를 측정하여 해석에 이용한다. 또한 정상범주로 인정하는 최대산소

섭취량, 감별점으로 사용하는 여러 지표나 함수들의 정의나 계산 방식 등에도 다소 차이가 있다. Wasserman 등의 알고리즘은 기준이 되는 예측 최대 산소섭취량의 정상범주가 넓고, 진단방식이 이분법적으로 양분되나, Eschenbacher 등이 제안한 방법은 진단명을 일차적으로 폐질환, 심장혈관질환, 정상, 노력 부족 등으로 크게 나누어 단순화한 후 각 질환별로 다시 세분화하였다. 특히 폐혈관질환과 말초혈관질환에 대한 구분이 확실치 않다^{6,7}. 이 두 가지 알고리즘 중 어느 것이 더 정확하고 우수한지는 확실치 않으나 Wasserman 방식은 가스교환의 미세한 이상을 찾아낼 수 있으나, 운동중 동맥혈 채취를 위해 동맥천자를 해야 하거나, 처음부터 동맥내에 카테터를 넣은 상태에서 운동을 해야한다는 점이 임상들에게는 부담이 될 수 있다. 이와는 대조적으로 Eschenbacher의 방식은 동맥천자가 필요 없고, 알고리즘 자체가 간편하여 임상에서 비교적 쉽게 이용할 수 있는 장점이 있다.

Eschenbacher 등은 11명의 폐질환자들 중 9명에서 자신들의 알고리즘으로 분석한 결과가 Wasserman 등의 알고리즘을 이용한 결과와 일치하였다고 하였으나, Medinger 등¹⁰은 호흡곤란을 호소하는 환자군에서 두 알고리즘 사이에 일치율이 낮았다고 보고하였다. 일치율의 차이는 원인불명의 호흡곤란이나 다른 질환의 합병여부 등을 찾아내기 위한 심폐운동검사의 진단적 검사로서의 유용성에 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서도 두 알고리즘으로 분석한 결과가 차이를 보여 66명의 만성폐질환자에서 일치율은 63.6%, 안정시 폐활량검사는 정상이나 호흡곤란을 호소했던 환자에서는 60.4%이었다. Eschenbacher 방식을 이용한 경우 66명의 만성폐질환자중 57명에서 폐질환 혹은 폐혈관질환이 운동제한의 주원인으로 해석되었고, 정상이나 노력부족으로 해석된 경우는 한 예도 없었다. 한편 Wasserman 방식을 이용한 경우에는 66명중 58명이 폐질환 혹은 폐혈관질환으로 해석되어 이중 42명에서 두 방식간에 일치하였고, 그외의 질환으로 해석되었던 예 중에는 두 방식간에 일치하는 경우

는 없었다. Wasserman 방식에서 정상으로 해석되었던 2명은 간질성 폐질환이 의심되었던 경우로 이 중 1명은 실측 최대산소섭취량이 예측치의 86.5%이었고 운동중 여러반응에서 이상이 발견되지 않아 정상으로 해석되었으나, Eschenbacher 방식으로는 최대산소섭취량의 정상범주가 예측치의 90% 미만이어서 노력부족으로 해석되었다. 나머지 1명은 Wasserman 방식에서는 최대산소섭취량 및 기타 여러반응이 정상이었으나 Eschenbacher 방식에서는 환기여력(ventilatory reserve)에서 이상이 발견되어 폐질환에 의한 운동제한으로 해석되었다. 폐활량검사는 정상이나 호흡곤란을 호소했던 환자군에서도 두 알고리즘의 정상범주 및 각 index의 정의와 계산방식에 따라 분석한 결과가 일치하지 않는 경우가 다수 있어서 사용 알고리즘에 따라 판정에 차이가 생길 수 있음을 알 수 있었다. 최근 호흡기내과에서는 심폐운동검사에 자전거를 많이 이용하고 있고 또한 추천되고 있으므로⁹ 정상 한국인에 대한 자전거운동에 있어서 예측방정식을 구하는 것이 필요하며, 차선으로 외국의 자료들을 한국 성인에 적용하기 위해서는 운동방법에 따른 여러 예측방정식들에 대한 확인작업이 필요할 것으로 생각된다.

심폐운동검사결과를 해석할때 올바른 최대산소섭취량의 참고치 혹은 예측치를 선택하는 것과 적절한 정상범주를 정하는 것이 중요하다⁹. 임상에서는 정상 한국인에 대한 자료가 미흡하여 최대산소섭취량의 예측방정식은 대부분 컴퓨터에 입력된 외국 방정식을 이용한다. 조 와 정¹¹은 스포츠센터 회원 1,000명을 대상으로 답차를 이용하여 증상 제한적 최대운동을 시행한 후 최대산소섭취량에 대한 회귀방정식을 구하였으나, 자전거 운동이 아니었고 대상들도 일반적인 대상이 아니었다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 Hansen 등¹²의 최대산소섭취량에 대한 예측 방정식을 이용하였으나, 이 방정식에 따라 구한 예측치가 한국 성인의 예측치를 잘 반영하는지는 의문이며 예측치가 높게 책정되었을 가능성이 있다. 또한 자전거를 이용한 경우에는 답차를 이용한 경우보다 최대산소섭취량이 낮아 서 양보고에 따르면 답차의 약 89-95% 정도라고 보고된

다¹³⁻¹⁵. Hansen 등은 Bruce 등¹⁶의 예측 방정식을 기본으로 하여 자전거의 예측 방정식을 구하고, 여기에 1.1을 곱한 값을 답차의 예측치로 정하였으나, 장 등¹⁷은 국내의 건강한 대학생에서 자전거를 이용했을 때 실측 최대산소섭취량이 Hansen 등의 방정식으로 구한 예측치보다 훨씬 낮았다고 보고하였고 김 등¹⁸은 정상 한국 성인을 대상으로 한 연구에서 답차를 이용한 경우 자전거를 이용한 경우보다 최대산소섭취량이 남자와 여자에서 각각 16.8%와 25% 많았다고 보고하여 외국의 보고와는 다소 차이가 있다. 자전거 이용 시 최대산소섭취량이 낮게 나오는 이유는 사용 근육이 상대적으로 적고, 운동에 대한 친숙도가 걷거나 뛰는 것보다 낮기 때문⁹으로 문화적, 사회적 차이의 영향을 받을 가능성이 있다. 최대산소섭취량의 예측치가 높게 책정되어 있다면 예측치에 대한 실측치의 비가 낮게 나와 위양성이 발생할 가능성이 있으며, 폐질환과 심장질환의 감별에 중요한 무산소역치에서의 산소섭취량의 최대예측치에 대한 비도 당연히 감소되어 두 질환을 감별하기 어려운 경우가 발생할 수 있다.

본 연구에서 자전거와 답차로 운동후 Eschenbacher 방식으로 분석 비교하여 보았을 때 일치율은 25%로 매우 낮아 분석 알고리즘의 차이 뿐만 아니라 운동방법의 차이가 분석결과에 큰 영향을 미칠 가능성이 있음을 알 수 있었다. 건강한 대학생에서 자전거운동 시 실측 최대산소섭취량이 낮아 노력부족으로 분석된 경우가 많았고, 상대적으로 답차를 이용한 경우는 노력부족으로 분석된 경우는 적었고 정상으로 분석된 경우가 많았다. 답차운동결과 폐질환이 의심되는 결과를 보이는 분석된 6명 모두에서 pulse oximetry상 5%이상의 desaturation이 발생하였으나, 최대산소섭취량뿐만 아니라 환기여력, 심박수여력(heart rate reserve), 이산화탄소의 환기동치($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$) 등은 정상범주였다. 그러나 이 경우 동맥혈가스검사를 시행하지 않았으므로 desaturation이 병적 상태 혹은 잘 훈련된 운동선수에서 최대운동시 관찰되는 desaturation이 발생했는지¹⁹, 혹은 pulse oximetry가 갖는 한계 때문인지는 확실하지 않다^{9, 20-22}.

만성폐질환자의 경우 실측 최대산소섭취량이 감소해 있으나 운동중 다른 이상들이 발견되므로 단순히 노력부족으로 해석되는 경우는 별로 없다. 그러나 안정시 폐기능은 정상이나 호흡곤란을 호소했던 환자에서는 실측 최대산소섭취량이 감소해 있으면서, 운동중 단시까지 특별한 이상이 발견되지 않으면, 특히 동맥혈가스검사를 시행하지 않는 비침습적인 방법을 이용할 때는 진단에 어려움을 받을 수 있다. 물론 환자가 최대운동을 했다면 그 나름대로 의미를 갖겠으나, 최대산소섭취량이 plateau에 도달하지 않았거나, 그외 최대운동을 했다는 증거들²³⁾이 없는 경우에는 노력부족으로 해석되어 심폐운동검사의 진단적 의미가 감소하게 된다.

이와 같은 결과로, 심폐운동검사의 해석은 사용 알고리즘과 운동방법에 의해 영향을 받을 수 있으며, 심폐운동검사를 진단적 목적으로 이용하기 위해서는 운동기구와 측정기구의 정확한 calibration, 운동 protocol의 일관성 등도 중요하지만, 우선 운동방법에 따른 정상 한국 성인의 최대산소섭취량의 예측 방정식과 한국성인에 적용할 수 있는 운동방법에 따른 진단 알고리즘을 확립하는 것이 보다 더 중요하다고 생각된다.

요 약

연구배경 :

심폐운동검사를 호흡곤란이나 운동제한의 주원인 감별을 위한 진단적 목적으로 이용시, 사용한 진단 알고리즘과 운동방법에 따른 분석결과에 차이가 있는지를 알아보고, 차이가 있다면 그 원인은 무엇인지 알아보고자 하였다.

연구방법 :

안정시 폐기능검사상 이상이 있는 만성폐질환자 66명, 운동시 호흡곤란을 호소하나 안정시 폐기능검사상 이상이 없는 환자 48명을 대상으로 자전거를 이용하여 증상 제한적 최대운동을 시행하고 Wasserman 등과 Eschenbacher 등이 제안한 진단 알고리즘을 이용하여 분석하여 그 결과를 비교하였고, 건강한 의과대학생을 32명을 대상으로 자전거와 답차를 이용하여

증상 제한적 최대운동을 시행한 후 Eschenbacher 등이 제안한 진단 알고리즘으로 분석후 운동방법에 따른 분석결과와의 차이를 비교하였다.

연구결과 :

1) 호흡곤란을 주증상으로 호소하고 안정시 폐기능검사상 미국흉부학회 기준에 부합하는 폐기능손상을 보이는 환자중 최근 2개월이내에 증상이 악화되지 않은 환자 66명을 대상으로 증상제한적 최대운동후 Wasserman 방식과 Eschenbacher 방식으로 해석후 비교하여 보았을 때 42명에서 일치하여 63.6%의 일치율을 보였다. 폐기능검사조건에 따라 구분하여 보면, 폐쇄성장해를 보인 경우는 43명중 30명으로 69.8%, 제한성장해를 보인 경우 8명중 2명으로 25%, 혼합성장해를 보인 경우 15명 중 10명으로 66.7%의 일치율을 보였다.

2) 임상적으로 심장질환은 의심되지 않으나 활동시 호흡곤란을 호소하고, 안정시 폐활량측정에서 정상소견을 보이는 48명을 대상으로 자전거를 이용한 운동후 두 방식으로 분석 비교하였을 때 30명에서 일치하여 일치율은 60.4%이었다.

3) 호흡곤란 등의 호흡기계증상이 없고 안정시 폐활량검사상 정상인 건강한 의과대학 남학생 32명을 대상으로 자전거와 답차를 이용한 운동후 Eschenbacher 방식으로 해석한 결과 운동방법에 따른 일치율은 25%이었다.

결 론 :

이와 같은 결과로 진단 알고리즘 혹은 운동방법에 따라 결과가 차이가 있음을 알 수 있었고, 심폐운동검사를 호흡곤란이나 운동제한의 주원인 감별을 위한 진단적 목적으로 이용하기 위해서는 한국성인에 적용할 수 있는 운동방법에 따른 진단 알고리즘을 확립하는 것이 필요하다고 여겨진다.

참 고 문 헌

1. Sue DY : Integrative cardiopulmonary exercise testing : Basis and application. Med Exerc Nutr Health 1994;3:32-55

2. Wasserman K : Diagnosing cardiovascular and lung pathophysiology from exercise gas exchange. *Chest* 1997;112:1091-101
3. Mahler DA, Franco MJ : Clinical applications of cardiopulmonary exercise testing. *J Cardiopulm Rehabil* 1996;16:357-65
4. Gillespie DJ, Staats BA : Unexplained dyspnea. *Mayo Clin Proc* 1994;69:657-63
5. Mahler DA, Horowitz MB : Clinical evaluation of exertional dyspnea. *Clin Chest Med* 1994;15:259-69
6. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburi RC : Principles of exercise testing and interpretation, 2nd Ed., Philadelphia : Lea & Febiger;1994
7. Eschenbacher WL, Mannina A : An algorithm for the interpretation of cardiopulmonary exercise tests. *Chest* 1990;97:263-7
8. Jones NL : Clinical exercise testing, 4th Ed., Philadelphia : Saunders;1997
9. Zeballos RJ, Weisman IM : Behind the scenes of cardiopulmonary exercise testing. *Clin Chest Med* 1994;15:193-213
10. Medinger AE, Chan TW, Arabian A, Rohatgi PK : Interpretive algorithms for the symptom-limited exercise test : assessing dyspnea in Persian Gulf war veterans. *Chest* 1998;113:612-8
11. 조용근, 정태훈 : 최대운동시의 호흡성 가스교환 및 환기기능. *결핵 및 호흡기질환* 1995;42:900-7
12. Hansen JE, Sue DY, Wasserman K : Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis* 1984;129:S49-55
13. Dempsey JA, Reddan W, Rankin J, Balke B : Alveolar-arterial gas exchange during muscular work in obesity. *J Appl Physiol* 1966;21:1807-14
14. Hermansen L, Saltin B : Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol* 1969;26:31-7
15. McArdle WD, Katch FI, Pechar GS : Comparison of continuous and discontinuous treadmill and bicycle tests for max $\dot{V}O_2$. *Med Sci Sports* 1973;5:156-60
16. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D : Maximal oxygen intake and normographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J* 1973;85:546-62
17. 장윤수, 박재민, 최승원, 안강현, 이준구, 양동규 등 : 한국 남자 대학생을 대상으로 시행한 Cardiopulmonary Exercise Test에서 Treadmill과 Cycle Ergometer의 비교분석. *결핵 및 호흡기 질환* 1999;47:26-34
18. 김경호, 황중하, 이주형, 배현해, 이호영, 김용민 등 : 답차 및 자전거 Ergometer 운동부하검사의 비교관찰. *대한내과학회지* 1995;49:458-65
19. Wagner PD : Ventilation-perfusion matching during exercise. *Chest* 1992;101:192S-8
20. Severinghaus JW, Naifeh KH, Koh SO : Errors in 14 pulse oximeters during profound hypoxia. *J Clin Monit* 1989;5:72-81
21. Tobin MJ : Respiratory monitoring in the intensive care unit. *Am Rev Respir Dis* 1988;138:1625-42
22. Mohnssen SR, Weisman IM, Zeballos RJ, Hall A, Wasserman K, Tavel ME : Heart or lung disease : determining the primary cause for dyspnea on exertion. *Chest* 1998;113:1705-10
23. Younes M : Interpretation of clinical exercise testing in respiratory disease. *Clin Chest Med* 1984;5:189-206