

# 만성 심부전 환자의 운동부하 심폐기능 평가 중단 원인에 따른 호흡가스 변인 분석

대한심장호흡물리치료학회지 제4권 제1호, 2016, PP.1-5

■ 류호열<sup>1</sup>, 오재원<sup>1</sup>, 김인철<sup>1</sup>, 윤도은<sup>1</sup>, 김지수<sup>1</sup>, 김수경<sup>2</sup>, 강석민<sup>1</sup>

■ <sup>1</sup>연세의료원 심장혈관병원 심장웰니스센터, <sup>2</sup>나노바이오라이프

## The influence of graded exercise test termination reasons on cardiorespiratory parameters in chronic heart failure

Ho Youl Ryu<sup>1</sup>, Jaewon Oh<sup>1</sup>, In-Cheol Kim<sup>1</sup>, Do Eun Yun<sup>1</sup>, Ji Soo Kim<sup>1</sup>, Soo Kyung Kim<sup>2</sup>, Seok-Min Kang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cardiac wellness center, Severance Cardiovascular Hospital, Yonsei University Health System, Seoul, Korea.

<sup>2</sup>Nanobiolife Inc.

**Purpose** : The purpose of this study is to investigate cardiorespiratory parameters according to the termination reasons of graded exercise test in patients with chronic heart failure (CHF). **Methods** : The study population consisted of 116 patients with CHF (74.1% male, age  $62 \pm 10$  years old). Each subject safely finished cardiopulmonary exercise test (CPET) without symptom limited emergency stop such as ventricular tachycardia or syncope, or chest pain. The CPET parameters were collected from Mar. 2014 to Feb. 2016. The reasons for test termination were subdivided into 3 groups: test end (9.5%, n=11); dyspnea (56%, n=65); leg pain & fatigue (34.5%, n=40). **Results** : The patients with leg pain & fatigue are older than those with dyspnea and test end ( $66 \pm 10$  vs.  $61 \pm 9$  vs.  $55 \pm 7$  years old, respectively,  $p=0.001$ ), The HF patients with leg pain & fatigue showed lower peak  $\text{VO}_2$  ( $18.9 \pm 4.3$  vs.  $23.9 \pm 4.4$  vs.  $31.6 \pm 5.5$   $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , respectively,  $p<0.001$ ), higher  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  ( $35.5 \pm 5.5$  vs.  $30.8 \pm 4.4$  vs.  $29.1 \pm 5.4$ , respectively,  $p<0.001$ ) and higher prevalence of poor effort (respiratory exchange ratio,  $\text{RER}<1.1$ , 57.5% vs. 36.9% vs. 18.2%, respectively,  $p=0.028$ ) than those with dyspnea and test end. **Conclusion** : Patients who terminated exercise due to leg pain & fatigue showed decreased exercise capacity which further leads to underestimation of cardiopulmonary function compared to other reasons. Thus, healthcare providers should evaluate patient's underlying skeletal muscular diseases to provide comprehensive cardiac rehabilitation such as pain control and individualized leg muscle endurance training program.

**Key words** : cardiopulmonary exercise test, heart failure,  $\text{VO}_2$  peak, leg pain & fatigue, dyspnea

**Received** : October 31, 2016 / **Revised** : November 14, 2016 / **Accepted** : November 14, 2016

## I. 서 론

만성 심부전(chronic heart failure, CHF)은 다양한 원인에 의해 진행되는 심장질환의 최종 단계로 입원율과 사망률을 높이는 주요한 원인이 된다(Goodlin 등, 2012). CHF 환자는 호흡곤란 이외에도 통증, 피로, 부종, 우울증 등 다양한 증상을 동반하게 되며 심장 기능이 악화될수록 증상의 정도는 더욱 심해져(Barnes 등, 2006), 일상적 신체 활동 감소, 근력 및 최대 유산소 운동 능력 저하 등의 신체적 악순환에 빠지게 된다

(Barnes 등, 2006; Conley 등 2015; Miller 등, 2009; Wilson 과 Mancini, 1993). CHF 환자의 증상 정도를 평가하기 위한 여러 가지 평가 방법 중 가장 널리 이용되고 있는 운동부하 심폐기능 평가(cardiopulmonary exercise test, CPET)는 최고 산소섭취량(peak  $\text{VO}_2$ ), 이산화탄소 발생량( $\text{VCO}_2$ ), 호흡 교환율(respiratory exchange ratio, RER), 이산화탄소 환기당량( $\text{VE}/\text{VCO}_2$ , V-slope)과 같은 환자의 입원율과 생존율 예측에 있어 중요한 정보를 제공한다(Fletcher 등, 2013; Keteyian 등, 2016). 그러나 심폐기능과 무관한 통증이나 근피로 등에

교신저자: 강석민

주소: 120-752 서울특별시 서대문구 연세로 50-1 연세의료원건물 심장혈관병원, 전화: 02-2228-8540, E-mail: smkang@yuhs.ac

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력관산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.

의한 CPET 중단은 잘못된 결과 해석을 초래하여 CHF 환자의 평가에 혼선을 빚을 수 있는데, 이러한 현상은 고령 환자에서 더 흔하게 일어난다. 지역 사회에 거주하고 있는 CHF 환자의 약 57~84% 비율에서 중등도(moderate) 또는 중증(severe)의 통증을 동반하고 있다고 알려져 있으며(Conley 등, 2015; Goebel 등, 2009; Goodlin 등 2012), 이는 일상생활 활동 감소에 의한 근력 약화와 근육 감소증(sarcopenia)을 초래하여 운동 능력을 더욱 악화시킬 수 있다(Miller 등, 2009; Wilson과 Mancini, 1993). 그러므로 CHF 환자의 심폐기능을 더욱 명확하게 평가하기 위해 다양한 CPET 중단 원인과 호흡가스 변인들과의 관계에 대해 연구해 볼 필요가 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 Y대학교 병원 심장재활 센터에서 2014년 3월부터 2016년 2월까지 24개월 동안 CPET를 실시한 CHF 환자 중 발작성 심실빈맥(ventricular tachycardia), 실신, 흉통 등의 응급한 증상 제한(symptom limited) 사유 없이 평가를 종료한 환자를 대상으로 수행하였다.

만 45세 이상, 좌심실 구혈률(left ventricular ejection fraction, LVEF) 45% 미만인 116명을 최종 대상자(남자 74.1%, 나이 62±10세)로 선정하였다. 대상자들의 일반적 특성은 표 1과 같다.

### 2. 연구 방법

증상제한 CPET는 트레드밀(CASE T2100, GE, UAS)을 이용하였으며 수정된(modified) Bruce ramp protocol을 이용하였다. 운동 중 발생한 산소 섭취량, 이산화탄소 발생량, 환기

량 등의 호흡가스 변인 측정은 Quark CPET (COSMED, Chicago, IL, USA)를 이용하여 매 2초 마다 측정된 자료를 20초 평균값으로 나누어(filtering) 분석하였다(Youn JC 등, 2016). 증상제한 CPET 생체 신호 모니터링을 위해 실시간 12-lead 심전도 및 매 3분마다 혈압을 측정 하였다. CPET 중단 원인에 따라 프로토콜 완료 그룹(test end, TE), 정상적 호흡 곤란에 의해 평가를 중단한 그룹(dyspnea), 하지 통증 및 피로에 의해 중단한 그룹(leg pain & fatigue, LP&F)으로 나누어 CPET 중단 원인에 따른 각각의 호흡 가스 변인들에 대한 분석을 실시하였다.

### 3. 통계 방법

본 연구의 측정 자료는 SPSS ver. 18.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 대상자들의 일반적 특성을 알아보기 위해 기술 통계를 이용하여 하였다. 세 집단의 비율 분포를 알아보기 위해 Chi-square test를 실시하였으며, 세 집단 간 차이를 알아보기 위해 ANOVA(analysis of variance)를 이용하였다. 통계학적 유의수준  $\alpha$ 는 .05로 정하였다.

## III. 연구결과

### 1. 성별에 따른 CPET 중단 원인

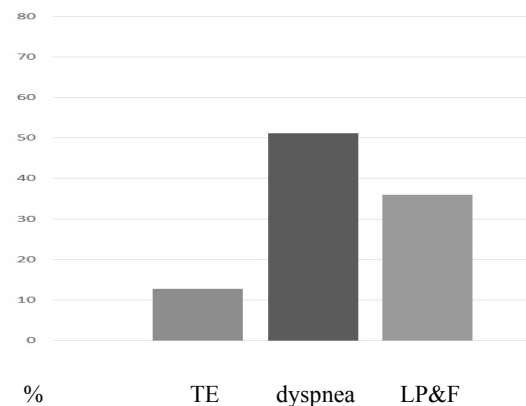
총 116명의 CHF 환자를 대상으로 실시한 CPET 결과, LP&F 그룹의 나이가 dyspnea, TE 그룹에 비하여 통계적으로 유의하게 높았다(66세 vs. 61세 vs. 55세,  $p=0.001$ ), 체질량지수(body mass index, BMI)와 LVEF는 세 그룹 간 유의한 차이가 없었다(표 1). CPET 중단 원인을 성별로 나누어 분석한 결과, 남성의 중단 원인 비율은 그림 1과 같다.

CPET를 실시한 남성 전체 CHF 환자 86명 (74.1%) 중 11

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

	TE (n=11)	dyspnea (n=65)	LP&F (n=40)	p value
age years	55±7	61±9	66±10	0.001
male (%)	100%	68%	77%	0.001
height, cm	172±7	165±9	164±8	0.031
weight, kg	70±8	65±11	63±9	0.15
BMI, kg/m <sup>2</sup>	23.7±1.7	23.7±2.9	23.3±2.9	0.757
LVEF (%)	37±6	37±5	35±5	0.154

TE: test end, LP&F: leg pain and fatigue, BMI: body mass index, LVEF: left ventricular ejection fraction, M±SD



TE: test end, LP&F: leg pain & fatigue

그림 1. 남성의 CPET 중단 원인

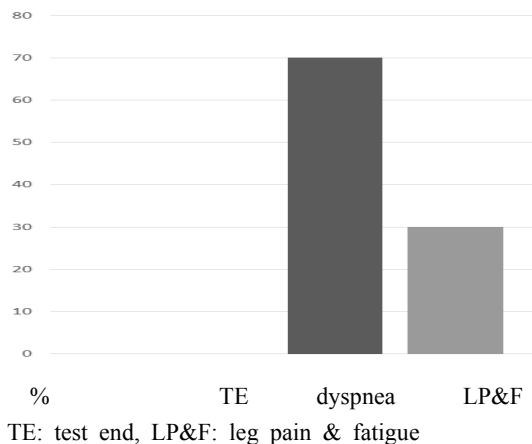


그림 2. 여성의 CPET 중단 원인

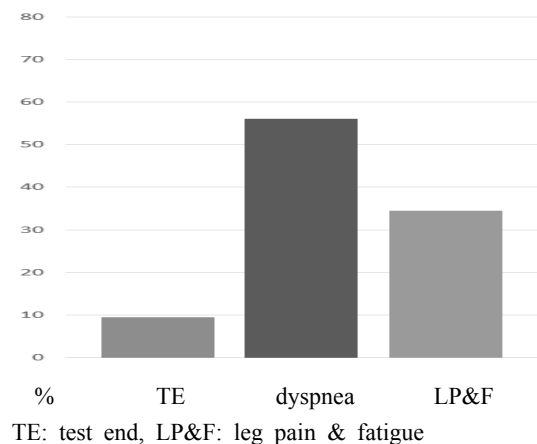


그림 3. 전체 대상자의 CPET 중단 원인

명(12.8%)이 프로토콜을 완료(TE) 하였으며, 44명(51.2%)은 일반적 호흡곤란(dyspnea)으로 인해 CPET를 중단하였다. 하지 통증이나 피로(LP&F)를 호소하며 중단한 CHF 환자는 31명으로 전체의 36%를 차지하였다.

여성 CHF 환자의 CPET 중단 원인에 대한 결과는 그림 2와 같다. CPET를 실시한 여성 CHF 환자(30명, 25.9%) 중 프로토콜을 완료한 대상자는 없었으며, 21명의 대상자(70%)가 정상적 호흡곤란을 이유로 중단하였으며, 하지 통증이나 피로를 호소하며 중단한 대상자는 9명으로 전체의 30%를 차지하였다.

만성 CHF 환자 116명의 CPET 중단 원인을 성별에 관계없이 분석한 결과, TE 그룹 11명(9.5%), dyspnea 그룹 65명(56%), LP&F 그룹은 40명(34.5%)으로 분석되었다(그림 3).

## 2. PET 중단 원인과 호흡가스 변인

CPET 중단원인에 따른 호흡가스 변인 분석 결과는 표 2와 같다.

전체 대상자의 CPET 중단 원인에 따른 호흡가스 변인 분석

표 2. CPET 중단 원인과 호흡가스 변인

	TE (n=11)	dyspnea (n=65)	LP&F (n=40)	P value
peak VO <sub>2</sub> (ml/kg/min)	31.6±5.5	23.9±4.4	18.9±4.3	<0.001
VE/VCO <sub>2</sub> (V-slope)	29±5	32±4	35±6	<0.001
VCO <sub>2</sub> /VO <sub>2</sub> (RER)	1.15±0.1	1.14±0.1	1.08±0.1	0.022

VO<sub>2</sub>: oxygen consumption, VE: ventilation, VCO<sub>2</sub>: carbon dioxide product, RER: respiratory exchange ratio, TE: test end, LP&F: leg pain & fatigue, M±SD

결과, 최고 산소섭취량은 LP&F(18.9±4.3 ml/kg/min) 그룹이 dyspnea(23.9±4.4 ml/kg/min) 그룹, TE(31.6±5.5 ml/kg/min) 그룹에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 값을 보였다.

호흡의 효율성을 나타내는 지표인 이산화탄소 환기당량(VE/VCO<sub>2</sub>, V-slope)은 TE(29±5)그룹이 dyspnea(32±4) 그룹, LP&F(35±6) 그룹에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 결과를 보였다.

유산소 운동능력 평가 시 노력의 정도를 가늠할 수 있는 호흡 교환율(VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>, respiratory exchange ratio, RER)은 LP&F(1.08±0.1) 그룹이 dyspnea(1.14±0.1) 그룹, TE(1.15±0.1) 그룹에 비하여 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다. 전체 LP&F 그룹 중 호흡 교환율이 1.1 미만인 비율이 57.5%로 나타나 dyspnea(30.8%) 그룹과 TE(18.2%) 그룹에 비해 통계적으로 유의하게 높은 비율을 차지하였다(p=0.028)(그림 4).

## IV. 논의

안정형 CHF 환자를 대상으로 2014년부터 2016년까지 24

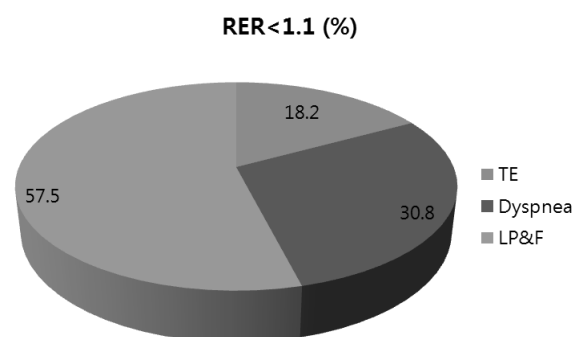


그림 4. 세 그룹의 호흡 교환율 1.1 미만 비율

개월 동안 시행한 CPET 자료들을 분석한 결과, CHF 환자의 약 34.5%에서 하지 근육의 통증이나 피로를 호소하며 CPET 중단을 요구한 것으로 나타났다. 또한 이들의 호흡가스 변인 등을 다른 그룹들과 비교 분석한 결과에서도 peak VO<sub>2</sub>는 통계적으로 유의하게 낮았으며 V-slope는 유의하게 높게 나타났고, 호흡교환율이 1.1보다 낮은 비율도 57.5%로 높게 나타났다. 이 결과로 미루어 볼 때, 의료진이 CHF 환자의 CPET 중단 원인에 관심을 갖지 않을 경우, 환자의 심폐 기능이나 체내 호흡가스 교환 능력을 과소평가할 수 있을 것으로 생각된다.

CHF 환자의 최대 운동능력 저하의 원인이 오직 심장기능 저하에 의한 것만이 아니라는 점은 이전 연구에서도 보고된 바 있다(Miller 등, 2009; Wilson과 Mancini, 1993). CHF 환자의 최대 운동능력 저하의 원인 중 만성 통증은 일상생활 활동량을 감소시켜 근력 감소(Miller 등, 2009)와 유산소 운동능력을 저하시키는 큰 원인이 될 것으로 생각 된다. Goodlin 등(2012)이 347명의 외래 CHF 환자를 대상으로 실시한 통증 관련 연구를 살펴보면, 약 293명(84.4%)의 환자가 적어도 한 곳 이상의 부위에 통증을 가지고 있었고, 138명(39.5%)의 환자에서 두 곳 이상의 신체 부위에 통증이 있다고 하였다. 통증 부위별로 살펴볼 때, 일상생활 활동이나 규칙적 운동수행에 영향을 주는 하지 관절통(71%), 요통(55%) 등의 비율이 가장 높았다고 하였다. 또한, Goodlin 등은 67%의 환자에서 삶의 질에 부정적 영향을 미칠 정도인 통증 진단 척도(visual analog scale, VAS) 4점 이상의 통증을 호소했다고 보고하였다(Goodlin 등, 2012). Page 등(2000)과 Feenstra 등(2002)은 CHF 환자들이 통증관리를 위해 부종 유발에 의한 심장부담 증가로 입원율을 10배 이상 높이는 비스테로이드성 진통제를 복용하고 있다고 보고 하였다.

본 연구는 CHF 환자가 동반하고 있는 하지 통증 및 하지 근 피로가 CPET에서 측정된 호흡가스 변인에 어떠한 영향을 미치는 지 알아보고자 CPET 중단 원인별로 프로토콜 완료 그룹(TE), 일반적 호흡곤란 중단 그룹(dyspnea), 하지 통증이나 피로 중단 그룹(LP&F)으로 나누어 비교 분석 하였다. 그룹 분류 후 대상자들의 일반적 특성을 기술 통계 분석한 결과, LP&F 그룹의 연령이 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 이 결과로 미루어볼 때, CHF 환자의 연령이 높아질수록 심폐기능 제한에 의한 호흡곤란 보다는 하지 통증 및 하지 근 피로에 의해 CPET를 중단하는 경향이 있음을 알 수 있다. 또한 본 연구의 대상자에서 TE그룹의 신장이 통계적으로 유의하게 크게 나타났다. 그 이유는 CPET 프로토콜을 완료한 대상자가 모두 남성이었기 때문이다. 기타 대상자들의 체중, 체질량지수, 좌심실 구혈률에서는 세 그룹 간 유의한 차이가 없었다.

본 연구 결과에서 운동 중단 원인에 따른 TE, dyspnea,

LP&F 그룹의 peak VO<sub>2</sub>는 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 그러나 Chase 등(2008)이 183명의 CHF 환자를 대상으로 CPET 중단 원인을 dyspnea, fatigue 두 그룹으로 나누어 분석한 결과, dyspnea 그룹에서 peak VO<sub>2</sub>가 통계적으로 유의하게 낮았고 V-slope는 높았다고 보고하여 본 연구와 반대되는 결과를 보였다. Chase 등은 CPET 중단 원인에 따라 dyspnea 그룹(n=79)과 fatigue 그룹(n=104)으로 나눈 결과, dyspnea 그룹의 약 57명(72%)이 NYHA(New York Heart Association) class III~IV에 해당하는 중증 환자였던 반면, leg fatigue 그룹에서는 47명(45%)으로 중증 환자 수가 적었던 그룹 간 차이가 반대되는 결과를 보이는데 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. Conley 등(2015)의 연구에서 통증을 동반한 만성 CHF 환자는 피로, 우울증 등의 합병증을 동반하는 특성이 있었으며, 일상생활 동작뿐만 아니라 6분 보행평가 결과도 유의하게 낮았다고 하였다. 그러므로 CHF 환자를 위한 심장재활 프로그램으로서 만성 퇴행성 질환의 특성을 고려한 통증 부위별 적절한 운동방법이나 재활운동 장비의 선택, 통증 물리치료 등의 체계적인 시스템 도입이 필요하다.

본 연구는 CPET 중단 원인에 따라 그룹을 나누었기 때문에 그룹 간 연령에서 유의한 차이가 났던 제한점이 있었다.

## V. 결 론

CPET 중단 원인에 따라 호흡곤란 그룹과 하지 통증 및 피로 그룹으로 나누어 분석한 결론은 다음과 같다.

1. CPET 중단 원인으로 근골격계 기능 이상에 의한 하지 통증 및 피로로 중단한 비율은 전체 평가의 34.5%를 차지하였다.
2. 하지 통증 및 피로를 호소한 그룹의 연령은 호흡곤란을 호소하며 중단한 그룹에 비해 유의하게 연령이 높았다.
3. 하지통증 및 피로를 호소한 그룹의 peak VO<sub>2</sub>는 통계적으로 유의하게 낮게 나타났으며, V-slope는 유의하게 높게 나타났다.

## 참고문헌

- Barnes S, Gott M, Payne S, et al. Prevalence of symptoms in a community based sample of heart failure patients. *J Pain Symptom Manage*. 2006;32(3):208-216.
- Chase P, Arena R, Myers J, et al. Prognostic usefulness of dyspnea versus fatigue as reason for exercise test termination in patients with heart failure. *AM J Cardiol*.

- 2008;102:879-882.
- Conley S, Feder S, Redeker NS, Faan F. The relationship between pain, fatigue, depression and functional performance in stable heart failure. *Heart & Lung*. 2015;44:107-112.
- Feenstra J, Heerdink ER, Grobbee DE, Stricker BHC. Association of nonsteroidal anti-inflammatory drugs with first occurrence of heart failure and with relapsing heart failure: the Rotterdam Study. *Arch Intern Med*. 2002;162:265e70.
- Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, et al. Exercise standards for testing and training: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128:873-934.
- Goebel JR, Doering LV, Evangelista LS, et al. A comparative study of pain in heart failure and non-heart failure veterans. *J Card Fail*. 2009;15:24-30.
- Goodlin SJ, Wingate S, Albert NM, et al. Investigating pain in heart failure patients: The pain assessment, incidence, and nature in heart failure(PAIN-HF) study. *Journal of cardiac failure*. 2012;18(10):776-783.
- Keteyian SJ, Patel M, Kraus WE, et al. Variables measured during cardio pulmonary exercise testing as predictors mortality in chronic systolic heart failure. *Am J Cardiol*. 2016;67: 780-9.
- Miller MS, Vanburen P, Lewinter MM, et al. Mechanisms underlying skeletal muscle weakness in human heart failure: alterations in single fiber myosin protein content and function. *Heart Fail*. 2009;2:700-6.
- Page J, Henry D. Consumption of NSAIDs and the development of congestive heart failure in elderly patients: an under-recognized public health problem. *Arch Intern Med*. 2000;160 (6):777-784.
- Wilson JR, Mancini DM. Factors contributing to the exercise limitation of heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1993;22(4 Suppl A):93A-8A.
- Youn JC, Lee HS, Choi SW, et al. Post exercise heart rate recovery independently predicts clinical outcome in patients with acute decompensated heart failure. *J pone*. 2016.