

# 정확한 운동능력 측정 평가를 위한 예측METs와 실측METs의 비교

대한심장호흡물리치료학회지 제2권 제1호, 2014, PP.35-39

■ 윤정호  
■ 세종병원 물리치료팀

## Comparsion of Estimated METs and Measured METs for Accurate Evaluation of Exercise Capacity Assessment

Jung-Ho Youn

Department of Physical Therapy, Sejong General Hospital

**Purpose** : Maximum exercise capacity is considered as an important factor in clinical as an independent prognostic factor in a variety of environments. The purpose of this study was to compare the predicted METs and actual measured METs been measured, calculated according to the formula for the precise measurement and evaluation of exercise capacity.

**Methods** : cardiac rehabilitation referral and treatment of cardiovascular disease is 176 people conducted the exercise test included the ventilation gas assessment EF > 50% group (85) and EF ≤ 50% was analyzed by dividing the group (91 patients). **Results** : The predicted METs values were higher in both groups than measured METs values. Measured METs values are higher in the group EF > 50%, METs percentage difference between the value and the difference value is slightly higher in group EF ≤ 50%. However, the level was not statistically significant. In addition, a significant correlation between the measured METs and predicted METs in both groups(EF ≤ 50% group  $r = 0.689$ ,  $p < 0.001$ , EF > 50% group  $r = 0.885$   $p < 0.001$ ) appeared. **Conclusion** : t showed the predicted METs are associated with overestimation than actual METs.

**Key words** : Maximum exercise capacity, predicted METs, measured METs

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

허혈성 심장질환은 협심증과 심근경색, 심부전 등으로 심장혈관 즉, 관상동맥에 동맥경화가 주 원인으로 알려져 있다(Libby 등, 2002). 심장재활은 운동, 위험요인 교육, 행동 수정, 심리적 지지, 전통적 심혈관 질환 위험요인 관리를 목표로 한 전략 등을 포함하는 다양한 치료와 관련된 복합적 중재이다. 이것은 오늘날 심장 질환 치료의 핵심적인 부분이며, 높은 관상동맥질환(CHD) 유병률을 보이는 국가에서 중요하게 고려되고 있다(Balady 등, 2007; Graham 등, 2007)

심장재활 프로그램은 트레드밀이나 자전거 에르고 메타 등을 이용한 운동 제한 검사를 통해 최대산소섭취량을 직접적으로 측정하여 안전하고 효과적인 그리고 개별화된 운동처방을 작성하여 실시하게 된다. 이것은 환자의 일상생활 활동과 직장 복귀 시 지도하는 데 도움이 된다(Ades 등, 2006). 따라서 정확한 운동처방을 위해서는 정확한 최대산소섭취량이 필요하다.

최대 운동 능력은 다양한 환경에서 독립적인 예후 인자로 임상에서 중요한 요인으로 여겨지고 있다(Ades 등, 2006; Gulati 등, 2003; Mancini 등, 1991; Myers 등, 1991). 최대 운동 능력은 주어진 작업 부하에서 산소 섭취량의 추정치로 종종 대사 당량(metabolic equivalents, METs)의 단위로 표현된다. METs는 안정 시 요구량의 배수로서 표현되고 환기 산소 소비량의 체중에 독립적인 척도이다. 반면에 1 MET는 산소 소비량의 단위 중 하나로 성인이 평균 분당 체중 1 kg당 3.5 ml의 산소 소비와 같다(Gulati 등, 2003; Myers 등, 2002).

최대 운동 능력을 측정하는 방법은 트레드밀의 속도와 경사도 혹은 자전거 에르고메타의 저항 등을 고려한 공식에 의해 예측 평가되는 간접 방법과 환기 가스 검사를 통해 직접 값을 산출한 직접 방법으로 나뉜다. 이전 연구에서 간접 방법을 통한 예측 METs와 직접 방법을 통한 측정 METs를 비교해 보았을 때 실제 값보다 과대평가되거나 혹은 비슷하게 나타난다고 보고되고 있다(Myers 등, 1991; Robert 등, 1984; Sullivan과 McKirnan, 1984). 특히 과대평가되는 경우는 대상자의 습

교신저자: 윤정호

주소: 422-711 경기도 부천시 소사구 호현로 489번길 28(소사본동), 전화:032-340-1146, E-mail:dc0825@hanmail.net

관, 심장질환(심부전과 관상동맥질환) 유무, 계단식 운동프로토콜, 그리고 검사시간(< 8분)이 짧게 평가된 프로토콜에서 기인한다고 보고되고 있다(Myers, 2005).

따라서 환기 가스검사를 포함한 심폐운동 검사와 최대산소 섭취량의 직접 측정은 강력히 권고되고 있지만(Myers, 2005) 일반적으로 대부분은 주어진 환경에서 예측 METs를 계산하는 공식이 이용되고 있다(Gulati 등, 2003; Myers 등, 2002). 그러므로 예측 METs 값의 정확도는 올바르게 알려져야 한다.

본 연구는 2013년 5월부터 2014년 4월까지 경기도 소재 S 종합병원에서 심혈관질환으로 진료와 의학적 처치를 받고 심장 재활 치료가 의뢰된 환자를 대상으로 환기가스 검사를 포함한 트레드밀 검사를 실시하여 심혈관질환 환자들의 심박출률에 따라 예측 METs와 직접 측정된 실측 METs 사이의 관계를 알아보고자 설계하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 2013년 5월부터 2014년 4월까지 경기도 소재 S 종합병원에서 심혈관질환으로 진료와 의학적 처치를 받고 심장 재활 치료가 의뢰된 환자를 대상(270명)으로 좌심실 박출 계수(EF)가 50% 이하 군 121명과 50% 이상 군 117명을 대상으로 실시하였다. 이들 연구 대상자 중 부정맥(24명), 판막 질환(17명), 선천성 심장 질환(7명)과 같은 동반질환을 가지고 있는 환자는 제외하였고 운동시간이 일정 시간(8분) 이하인 경우(32명)도 제외하였다. 또한 위험요인의 개수에 상관없이 진행하였다. 따라서 최종적으로 본 연구의 연구대상자는 176명으로, 좌심실 박출 계수가 50% 이하 군 91명과 50% 이상 군 85명으로 구분하여 각 집단 간의 비교 연구를 실시하였다.

연구대상자의 신체적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

		EF > 50 군 (N=85)	EF ≤ 50 군 (N=91)
성별(명)	남	73	86
	여	12	5
연령(세)		55.81(±9.85)	52.34(±11.39)
신장(cm)		166.51(±7.66)	166.31(±6.25)
체중(kg)		68.92(±12.91)	69.57(±11.76)
체질량 지수(BMI)		24.68±3.13	25.12±3.64
심박출량(EF)		62.05(±7.28)	38.96(±8.62)
평균 ± (표준편차)			

### 2. 측정 방법

본 연구 대상자들은 환기 가스 검사를 포함한 운동부하 검사를 받았다. 검사 프로토콜은 수정된 브루스 프로토콜(modified Bruce protocol) 혹은 개별화된 Ramp (low) 프로토콜을 이용한 점진적 증상-제한 운동부하 검사(symptom limited test)를 실시하였다(표 2). 이때 먼저 신장과 체중을 체크(measuring ROD, 지테크)하여 BMI를 산출하였다. 12채널 실시간 운동부하 검사용 심전도 검사기 Q4500 (Quinton, U.S.A.) 및 호흡 가스분석기 Quinton Metabolic Cart (Quinton, U.S.A.), 자동 혈압 및 맥박 측정기(Model 412, Quinton, U.S.A.) 그리고 운동부하 검사용 트레드밀(MedTrack ST 55, Quinton, U.S.A.)을 사용하였다.

운동부하 검사 시에 안정 및 최대 운동 시의 심박수 및 혈압, 최대의 심근 산소소모량(rate pressure product), 최대 검사시간을 기록하였고, 가스 분석은 Quinton metabolic cart (QMCTM, USA)를 이용하여 20초 간격으로 분석하였으며, 혼합 챔버방식(mixing chamber mode)을 사용하였다. 이때, 최대산소섭취량(peak oxygen consumption,  $VO_{2peak}$ ), MET 값을 측정하였다. 혈압 및 운동자각도는 각 운동단계 2분에 측정하며, 약물투여는 운동부하 검사 중 중단하지 않고 지속하도록 하였다.

### 3. 통계방법

본 연구에서 얻어진 모든 자료들은 Window용 SPSS ver.12.0 통계프로그램을 이용하였다. 범주변인(categorical data)은 숫자와 백분율로 표현되었다. 연속변인(continuous data)은 해당 시 평균±표준값 또는 중앙치(interquartile range)로 표시하였다. 범주변인을 비교하는 데 Chi square test, 연속변인을 비교하기 위해서 unpaired t-test 혹은 the Mann-Whitney U test를 사용하였다. 반복측정에 대한 변인분석은 두 군(좌심실 박출 계수가 50% 이하 군, 50% 이상 군)에서 예측MET와

표 2. 수정된 브루스 프로토콜

운동단계 (3분간격)	속도(mph)	경사도(%)
1단계	1.7	0
2단계	1.7	5
3단계	1.7	10
4단계	2.5	12
5단계	3.4	14
6단계	4.2	16
7단계	5.0	18
8단계	5.5	20

측정MET를 비교하기 위해 활용되었다. MET값이 skewed distribution에 따라 분석은 반복하였고 절대값 대신 순위를 이용하였으나 반면에 결과는 차이가 없었다. 상관관계를 위해, Spearman rank correlation coefficients가 계산되었다. 모든 통계의 유의수준은  $\alpha < .05$ 로 설정하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 심폐운동 검사

모든 검사는 참가자의 요구에 따라 중단하였다. 심근허혈의 소견인 심전도 변화는 모든 환자에서 나타나지 않았다. 심폐운동검사 결과는 표 3과 같다.

안정 심박수와 최대 심박수는 EF 50% 이하 군이 이상군보다 높았다. 안정 시 수축기 혈압과 이완기 혈압은 두 군 간에 차이가 없었으나 최대 수축기 혈압은 유의한 수준( $p < .05$ )으로 EF 50% 이상 군에서 높게 나타났다. 또한 최대 심부담률도 EF 50% 이상 군에서 높게 나타났지만 유의한 수준이 아닌 것으로 나타났다. 최대 호흡교환률은 두 군에서 차이가 없었으며, 검사시간은 EF 50% 이상 군에서 유의한 수준( $p < .01$ )으로 길게 나타났다.

또한, 최대산소섭취량과 실측METs 값도 각각 유의한 수준으로 EF 50% 이하 군보다 EF 50% 이상 군에서 높게 나타났다. 이 외 예측METs와 두 METs 간 차이값과 백분율 모두에서는 두 군 간 차이가 없게 나타났다.

#### 2. 예측METs와 실측METs 사이 관계

표 3에서 나타난 것처럼 예측METs값이 실측METs보다 높았다. 실측METs값은 EF 50% 이상 군에서 높았고, METs 간 차이값과 차이값 백분율은 EF 50% 이하 군에서 높았다. 그러나 통계적으로 유의한 수준은 아니었다.

그림 1에서 보는 것처럼, 예측METs와 실측METs는 EF 50% 이상 군( $r = 0.885$ ;  $p < .001$ )과 EF 50% 이하 군( $r = 0.689$ ;  $p < .001$ ) 모두에서 상관관계를 나타냈다.

### IV. 논의

본 연구는 트레이드밀의 최대속도와 경사도에 의해 예측된 최대 예측METs값이 직접적인 환기가스검사를 통해 얻은 최대 실측METs값보다 과대평가되었음을 알 수 있었다. 그리고 그 영향은 심박출률이 높은 군에 비해 낮은 군에서 좀 더 현저했

표 3. 심폐운동검사 결과

	EF > 50 군 (N=85)	EF ≤ 50 군 (N=91)	P
안정 심박수	69±11	80±14	<.001
최대 심박수	135±20	140±20	.097
안정시 수축기 혈압	119±16	118±18	.667
안정시 이완기 혈압	76±11	75±14	.751
최대 수축기 혈압	160±22	152±25	.012
최대 이완기 혈압	73±12	74±16	.468
최대 심근부담률	20314±4349	19711±4452	.364
최대 호흡교환률	1.06±.07	1.06±.13	.997
최대산소섭취량 (VO2peak)	25.6 (12.9~37.1)	23.6 (13~35.3)	<.001
예측METs	10.1 (4.6~14.8)	10.1 (4.6~12.8)	.073
실측METs	7.7 (3.7~11.3)	6.7 (3.7~10.1)	<.001
METs간 차이 값	2.3 (1~3.8)	2.6 (1.9~5.6)	.072
차이 값 백분율(%)	27 (0~57)	29 (2~59)	.172
운동시간(초)	857±122	800±141	.005

평균±(표준편차), 중앙값(최소값~최대값)

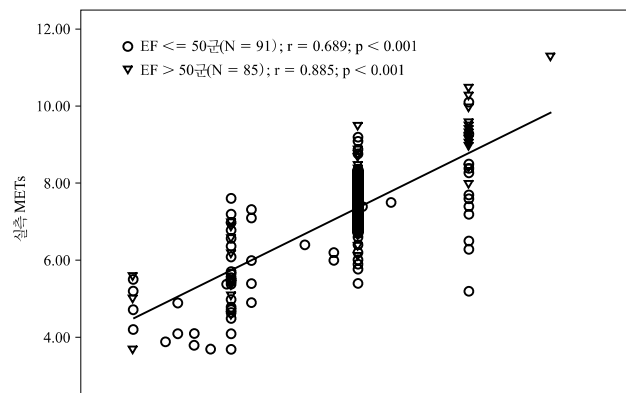


그림 1. 예측METs와 실측METs의 상관관계

다. 따라서 이전 연구에서 논의되었던 것과 마찬가지로(Maeder 등, 2008; Myers 등, 1991; Myers, 2005; Robert 등, 1984; Sullivan과 Mckirnan, 1984), 예측METs는 주의해석되어야 한다고 생각된다.

이전 연구에서 관상동맥 질환, 좌심실 기능부전, 그리고 심부전 환자들의 경우 예측METs에 기초한 VO2peak의 추정은 부정확하다고 보고되고 있다(Myers 등, 1991; Robert 등,

1984; Sullivan과 Mckirnan, 1984). 이러한 오류는 일의 큰 증가를 가진 계단식 프로토콜을 이용할 때 더 뚜렷하며, 반면에 약 10분의 검사시간에 목표를 둔 개별화된 선형프로토콜을 이용할 때는 명확하지 않다고 했다(Myers 등, 1991). 따라서 특히 심부전 환자에서 직접적인 평가에 의해 운동능력이 평가되기를 권장하고 있다. 이는 본 연구의 결과와 일치하는 내용이다.

반면, 트레이드밀 운동검사를 가지고 연구한 이전 연구에서 예측METs값이 실측METs값보다 높게 나온 것도 있었다(Myers 등, 2001; Pollock 등, 1976). 그러나 이 연구들은 30년 이상 전의 연구였고 개별화되지 않은 프로토콜을 사용하였었다. 또한 예측METs값이 실측METs값보다 과대평가되는 경우는 아주 드문 경우가 될 것이며, 따라서 널리 사용되고 있는 ACSM공식은 실측METs를 예상하는 데 이상적이지 못하다고 하였다(Maeder 등, 2008).

최근 ACSM공식을 이용한 연구(Gulati 등, 2003; Myers 등, 1991)에서 비록 실측METs가 정확하게 반영되지 않았지만, 예측METs는 운동검사를 하지 않는 심부전 환자를 제외한 분들에게 있어 높은 예후 값을 가지는 것으로 보고되었다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 예측METs보다 실측METs를 이용하여 운동능력을 예측하고, 이로 예후를 추측하는 데 반영하는 것이 좋다고 추천할 수 있다. 또한 심혈관질환자라고 하더라도 좌심실 박출계수(EF)의 정도에 따라 좀 더 신중한 운동능력 평가가 필요한 것으로 나타났다. 추후에는 국내의 실정에 맞는 개별화된 프로토콜을 사용한 연구가 진행되어야 할 것으로 보이며 또한 다양한 질환, 연령, 검사 시간에 따른 명확한 운동 능력 추정을 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

2013년 5월부터 2014년 4월까지 경기도 소재 S종합병원에 심혈관질환으로 진료와 의학적 처치를 받고 심장재활 치료가 의뢰된 환자를 대상으로 트레이드밀 검사를 통한 심혈관질환자들의 좌심실 박출 계수가 50% 이하 군과 50% 이상 군에서 예측METs와 직접 측정된 실측METs 사이에 유의한 차이를 보였고( $p<.001$ ), EF 50% 이상군에서 EF 50% 이하군보다 검사시간이 통계적으로 유의하게 길게 나타났다( $p<.05$ ).

## 참고문헌

- 국민건강보험. 국민 건강 통계연보. 2013.
- Ades PA, Savage PD, Brawner CA, et al. Aerobic capacity in patients entering cardiac rehabilitation. *Circulation* 2006;113(23):2706-2712.
- Balady GJ, Williams MA, Ades P.A, et al. Core components of cardiac rehabilitation/secondary prevention programs: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; the Councils on Cardiovascular Nursing, Epidemiology and Prevention, and Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation*.2007;115: 2675-82.
- Graham, I, Ata,r D, Borch-Johnsen, K, et al. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: full text. Fourth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation* 2007;14(2):1-113S.
- Gulati M, Pandey DK, Arnsdorf MF, et al. Exercise capacity and the risk of death in women. *Circulation* 2003;108: 1554-1559
- Libby P, Ridker PM, Maseri A. Inflammation and atherosclerosis. *Circulation* 2002;105: 1135-1143.
- Maeder MT, Muenzer T, Ricki H, et al. How accurately are maximal merabolic equivalents estimated based on the treadmill workload in healthy people and asymptomatic subjects with cardiovascular risk factors?. *Int J sports Med* 2008;29: 685-663.
- Mancini DM, Eisen H, Kussmaul W, et al. Value of peak exercise oxygen consumption for optimal timing of cardiac transplantation in ambulatory patients with heart failure. *Circulation* 1991;83:778-786.
- Myers J. Applications of cardiopulmonary exercise testing in the management of cardiovascular and pulmonary disease. *Int J Sports Med* 2005;26(Suppl 1):S49-S55.
- Myers J, Bader D, Madhavan R, et al. Validation of a specific activity questionnaire to estimate exercise tolerance in patients referred for exercise testing. *Am Heart J* 2001;142:1041-1046.

- Myers J, Buchanan N, Walsh D, et al. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17:1334-1342.
- Myers J, Prakash M, Froelicher V, et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002;346:793-801.
- Pollock ML, Bohannon RL, Cooper KH, et al. A comparative analysis of four protocols for maximal treadmill stress testing. *Am Heart J* 1976;92:39-46.
- Roberts JM, Sullivan M, Froelicher VF, et al. Predicting oxygen uptake from treadmill testing in normal subjects and coronary artery disease patients. *Am Heart J* 1984; 108:1454-1460.
- Sullivan M, McKirnan MD. Errors in predicting functional capacity for postmyocardial infarction patients using a modified Bruce protocol. *Am Heart J* 1984;107:486-491.