

심혈관질환자에서 심폐운동능력검사의 호흡곤란 종료 사유에 대한 예후적 유용성

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2021.9.1.39>

대한심장호흡물리치료학회지 제9권 제1호 2021.6. PP.39-45

■ 김세윤¹, 윤정호^{1*}, 홍수인², 고은희¹

■¹부천세종병원 재활치료센터, ²인천세종병원 재활치료센터

Prognostic usefulness of Dyspnea for Cardiopulmonary Exercise Test Termination Reason in Cardiovascular Disease Patients

Se Youn Kim PT, PhD¹, Jung Ho Yoon PT, PhD^{1*}, Su In Hong PT MS², Eun Hee Ko, PT¹

¹Department of Rehabilitation Center, Bucheon Sejong General Hospital

²Department of Rehabilitation Center, Incheon Sejong General Hospital

Purpose : Exercise capacity has clinical significance in patients with cardiovascular disease (CVD). Cardiopulmonary exercise testing (CPET) can determine maximum oxygen consumption, end-tidal carbon dioxide partial pressure, and minute ventilation/carbon dioxide production slope. In addition, CPET can confirm the cause of dyspnea. Therefore, in this study, we investigated the prognostic significance of the reasons for CPET termination due to dyspnea in patients with CVD. **Methods**: We conducted a retrospective study by analyzing the results of 243 patients (161 men and 82 women) diagnosed with CVD. We performed one-way analysis of variance to determine the mean difference between groups. For categorical data, chi-square test was performed to examine the differences between the groups. In addition, Kaplan-Meier analysis was used to investigate factors influencing the length of readmission. We considered the results to be significant at $p < .05$, and SPSSWIN 25.0 program was used for statistical analysis of data. **Results** : Differences existed between patient characteristics and reasons for CPET termination. However, significant differences were not found in all variables, including age, body mass index, skeletal muscle mass, and body fat percentage ($p < 0.5$). The reason for termination according to patients' exercise level was significantly different ($p < 0.5$). The trend of readmission due to CPET termination was not statistically significant ($\chi^2 = 0.014$, $df = 1$, $p > .05$). **Conclusion** : Dyspnea did not show a significant difference in patient characteristics, but reasons for CPET termination and level of exercise capacity were significant. We did not determine whether a high correlation with dyspnea exists, and the difference between reasons for CPET termination and trend of readmission was not significant.

Key words : Terminated reason, Cardiopulmonary exercise test, Dyspnea, Prognostic usefulness

Received : May 30, 2021 / **Revised** : June 13, 2021 / **Accepted** : June 13, 2021

I. 서론

운동능력은 건강 상태를 나타내는 중요한 요소로 이 능력의 향상은 심장혈관계 질환에 효과적인 영향을 미친다(Morris & Froelicher, 1993). 신체활동과 심장동맥질환의 발생률과 사망률 사이에서 반비례적 연관성이 제시되었고(Kraus et al., 2019; Paffenbarger Jr et al., 1993; Wannamethee, Shaper, & Alberti, 2000), 운동능력의 정도와 심장동맥 위험 수준의 관계가 중요하다고 하였다(Gulati et al., 2003; Sandvik et al., 1993; Shah et al., 2016). 심부전질환에서도 운동 불내성

(exercise intolerance)을 보이며, 운동능력의 향상은 사망률 감소와 삶의 질 향상을 야기한다(Piña et al., 2003). 또한, 역학적 연구에서도 신체활동과 심부전질환의 예측성 연관성을 제시하였다(He et al., 2001; Hu, Jousilahti, Antikainen, Katzmarzyk, & Tuomilehto, 2010; Kenchaiah, Sesso, & Gaziano, 2009; Kraigher-Krainer et al., 2013; McMurray & Stewart, 2000). 심장판막수술 이후에 운동능력은 인공판막 장치가 판막 기능을 회복할 수 있는 정도, 수술 전 손상된 심근의 기능 및 증가된 폐혈관 저항에 따라 다르며(Horstkotte, Niehues, Schulte, & Strauer, 1994), 운동능력의 향상을 위해 수술 후 관리를 위한

교신저자: 윤정호

주소: 14754, 경기도 부천시 호현로 489, 28길 부천세종병원 재활치료센터, E-mail: jy1011@hanmail.net

권장사항에 제시되어 있다(Butchart et al., 2005). 심장혈관질환자에서 운동능력의 평가는 중요하며 성인의 어느 시점에서든지 장기적인 건강 결과에 대한 강력한 예측변수이다(Kaminsky et al., 2019). 이를 위해 적용되는 심폐운동능력검사는 최대 이하 및 최대 운동 반응에 대한 포괄적인 평가를 제공한다(Guazzi et al., 2016). 특히, 심장 및 폐 질환 환자의 최대 산소섭취량과 관련된 다양한 조건에서 진단 및 예후의 정보를 제공하고 임상적 가치를 가지고 있다(Arena, Myers, et al., 2007). 그 중 심폐운동능력검사의 종료시점 증상은 임상적 가치를 나타내고 있다. 호흡곤란을 보고한 환자는 다른 증상을 보고한 환자에 비해 심장 및 모든 원인으로 인한 사망률이 훨씬 더 높은 것으로 보고되고 있다(Abidov et al., 2005). 또한, 호흡곤란으로 인해 심폐운동능력검사가 의뢰된 경우 심장동맥질환과 상관없이 심장관련 사망 위험이 증가한 것으로 보고되어 있다(Bodegard et al., 2005). 그러나, 심혈관질환자에서 호흡곤란 증상에 따른 심폐운동능력검사결과에서 확인되는 변수 특성과 심혈관질환자에서 호흡곤란의 증상에 따른 예후적 중요성에 관한 연구는 부족하다. 이에, 검사 종료 사유인 피로, 다리통증, 목표심박수 달성의 사유와 호흡곤란의 사유에 따른 검사의 변수 특성을 비교해보고, 호흡곤란의 사유로 검사를 종료한 심장혈관질환자에서 예후적 중요성을 제시해 보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

심장혈관질환으로 진단받고 경기도에 소재한 S병원에서 2019년 2월부터 2019년 4월까지 심장재활센터에서 심폐운동능력평가를 수행한 남자 161명과 여자 82명, 총 243명 환자의 결과를 분석하였고 후향적 연구로 진행하였다. 인구학적 특성은 성별, 나이, 키, 몸무게, 체질량지수가 포함되었다. 104명은 심장동맥질환으로 심근경색, 불안정형 협심증, 안정형 협심증에서 관상동맥우회술 혹은 경피적 혈관조영술을 시행 받은 경우와 받지 않은 경우 모두 포함되었다. 47명은 심장판막질환으로 대동맥, 폐동맥, 좌심실과 우심실 판막의 판막치환수술을 받은 경우가 포함되었다. 92명은 심부전질환으로 급성 심부전, 심근병증, 확장성 심부전, 좌심실 기능 보전 심부전의 경우가 포함되었다.

2. 연구 방법

1) 심폐운동능력검사

American heart association scientific statement의 검사제

외 기준과 종료 기준을 적용하였다(Balady et al., 2010). 모든 환자는 운동부하검사장비인 CASE version 6.7 (GE healthcare, Chicago, IL, USA)와 가스호흡분석장비인 Quark CPET(COSMED, Rome, Italy) 그리고 운동 중 혈압은 tango M2장비(Chicago, IL, USA)로 측정되었다. 검사방법은 최대하 검사로 treadmill이 이용되었고, 프로토콜은 Ramp low, modified Bruce, Bruce ramp가 적용되었다.

2) 생체전기분석

Inbody 770(인바디, Korea)을 이용하여 대상자의 근육량을 분석하였다. 이 측정을 시작하기 전에 최대한 가볍게 옷을 입고 소지품은 제거하였으며, 향균성 인바디 티슈를 손바닥과 발바닥에 적용하였다.

3) 심장초음파

초음파검사장비인 vivid E95(GE healthcare, Chicago, IL, USA)가 사용되었으며, M-mode에서 좌심실의 박출량을 평가하였다. 모든 검사는 심장전문의에 의해 검사되었다.

3. 자료처리 및 분석 방법

본 연구를 수행하는데 있어서 사용된 실증분석 방법은 일원변량분석(One way Anova)을 실시하였으며, 범주형 자료에서는 교차분석(chisquare test)을 실시하여 집단 간의 차이를 살펴보았다. 또한, 생존분석(Kaplan-Meier analysis)을 사용하여, 재입원 기간에 영향을 주는 요인을 살펴보았다. 일변량 Cox 회귀 분석을 사용하여 전체 코호트에서 운동을 제한하는 일차 증상으로 호흡곤란의 예후 값을 평가했다. 본 연구의 실증분석은 모두 유의수준 $p < .05$ 에서 검증하였으며, 통계처리는 SPSSWIN 25.0 프로그램을 사용하여 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 대상자의 일반적 특성

동일한 날에 생체전기분석과 심폐운동능력검사를 수행하였고, 이 검사 시점에서 1개월 이내에 심장초음파를 수행한 243명의 환자를 대상으로 하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(표 1). 나이, 키, 몸무게, 체지방지수, 체지방률, 골격근량, 좌심실구축률은 유의수준 $p < .05$ 수준에서 유의한 차이를 보였다($p < .001$).

표 1. 대상자의 일반적 특성

구분		심장동맥질환 (n=104)	심장판막질환 (n=47)	심부전질환 (n=92)	합계	p
성별	남(n)	79	22	60	161	
	여(n)	25	25	32	82	
나이(year)		63.8±0.8	62.5±1.8	56.9±0.0	61.0±0.8	.001***
키(cm)		164.8±1.2	160.5±1.1	164.5±0.8	163.9±0.7	.001***
몸무게(kg)		67.6±1.0	64.8±1.8	71.6±1.5	68.6±0.8	.001***
체지방지수(kg/m ²)		25.4±0.3	25.0±0.5	26.3±0.5	25.7±0.2	.001***
체지방률(%)		27.6±0.7	31.7±1.1	27.1±0.6	26.5±0.1	.001***
골격근량(kg)		27.0±0.5	24.1±0.8	30.6±0.9	29.5±0.5	.001***
좌심실구출률(%)		53.2±0.9	49.7±1.1	45.5±1.5	49.6±0.1	.001***

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

표 2. 대상자의 특성과 검사 종료 사유 비교

구분		종료 사유				합계	p
		피로	호흡곤란	다리통증	목표 심박수 달성		
나이(year)		60.2±12.0	62.7±13.0	62.3±9.0	63.9±10.4	63.9±10.4	.441
체지방지수(kg/m ²)		25.7±4.0	26.2±3.5	25.2±3.0	24.5±3.0	24.5±3.0	.529
골격근량(kg)		26.8±6.1	25.7±4.1	25.8±6.4	24.8±4.5	24.8±4.4	.447
체지방률(%)		29.2±8.2	31.1±6.8	29.1±9.2	29.8±7.6	29.8±7.5	.598
성별	남	118.0 (69.4)	25.0 (62.5)	12.0 (60.0)	6.0 (46.2)	6.0 (46.2)	.295
	여	52.0 (30.6)	15.0 (37.5)	8.0 (40.0)	7.0 (53.8)	7.0 (53.8)	
질환명	심장	74.0 (43.5)	14.0 (35.0)	10.0 (50.0)	6.0 (46.2)	0.0 (.0)	.649
	혈관						
	심장 판막	34.0 (20.0)	10.0 (25.0)	1.0 (5.0)	2.0 (15.4)	6.0 (46.2)	
	심부전	62.0 (36.5)	16.0 (40.0)	9.0 (45.0)	5.0 (38.5)	2.0 (15.4)	
부정맥	없음	153.0 (90.0)	37.0 (92.5)	18.0 (90.0)	13.0 (100.0)	5.0 (38.5)	.655
	있음	17.0 (10.0)	3.0 (7.5)	2.0 (10.0)	0.0 (.0)	13.0 (100.0)	

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

2. 대상자 특성에 따른 종료 사유 비교

종료시점의 증상별 분포의 차이를 살펴보면, 나이, 체지방지수, 골격근량, 체지방률 등 유의수준 p<.05수준에서 모든 변인에 있어서 유의한 차이를 보이지는 않았다(표 2).

3. 운동 수준에 따른 검사 종료 사유의 비교

총 운동시간(초), 최대 심박수(bpm), 예측된 심박수의 도달율

(%), 심근부담지수, 여유심박수 이용율(%), 환기역치 시 이산화탄소 분압(mmHg)의 경우 유의수준 p<.001수준에서 그룹 간 차이를 보였으며, 환기역치 시 산소소모량, 최대 이산화탄소 분압(mmHg), 산소섭취효율성 기율기(ml/min/L/min)의 경우에는 유의수준 p<.01수준에서 그룹 간 유의한 차이를 보였다. 환기역치 시 대사당량, 최대 산소소모량, 안정 시 호흡예비율(%), 최대 환기량 대 이산화탄소, 환기량 대 이산화탄소 기율기의 경우에는 유의수준 p<.05수준에서 유의한 차이를 보였다(표 3).

표 3. 운동 수준과 검사 종료 사유의 비교

구분	피로	호흡곤란	다리통증	목표 심박수 달성	합계	p
총 운동시간(초)	582.4±97.5	508.4±129.0	573.7±108.5	583.4±93.3	569.5±106.8	.001***
최대 심박수(bpm)	139.6±20.8	130.9±22.1	133.2±21.4	160.4±14.0	138.8±21.5	.000***
예측된 심박수의 도달율(%)	86.4±12.1	82.9±15.8	84.7±14.0	101.7±4.5	86.5±13.2	.000***
안정시 심박수(bpm)	79.3±43.8	76.3±14.3	76.8±12.7	84.8±13.3	78.9±37.4	.896
심근부담지수	22160.3±5787.9	19742.0±5107.2	20990.4±4879.8	27314.5±5594.7	21941.6±5786.1	.000***
여유심박수 이용율(%)	71.2±22.3	69.1±39.3	71.1±33.5	103.6±10.6	72.5±27.3	.000***
환기역치 시점의 산소소모량(ml/min)	20.3±4.2	17.8±4.6	19.7±5.0	21.3±3.4	19.9±4.4	.006**
환기역치 시점의 대사당량	6.2±5.9	5.1±1.3	5.6±1.4	10.5±16.1	6.2±6.2	.050*
최대 산소소모량(ml/min)	24.8±7.4	21.1±5.2	23.4±5.4	25.2±4.4	24.1±6.9	.019
최대 대사당량	7.3±5.0	6.1±1.5	6.8±1.6	7.2±1.3	7.1±4.3	.410
가스교환율	1.2±1.0	1.0±0.1	1.5±2.0	1.1±0.1	1.2±1.1	.425
안정 시 환기량(L/min)	12.5±2.6	12.8±2.6	11.6±2.7	11.9±2.9	12.4±2.6	.379
최대 환기량(L/min)	62.0±17.5	55.9±14.1	56.9±17.2	60.3±15.3	60.5±17.0	.163
예측된 환기의 도달율(%)	56.4±11.6	56.0±12.1	54.6±9.1	60.2±8.9	56.4±11.3	.558
안정시 호흡예비율(%)	87.9±2.6	87.1±2.6	88.1±2.8	85.3±8.8	87.7±3.2	.018*
최대 호흡예비율(%)	43.4±11.1	45.1±12.0	44.9±9.1	39.4±8.7	43.6±11.0	.400
예측된 호흡예비율의 달성율(%)	144.5±36.9	150.5±40.1	149.4±29.6	131.3±29.0	145.2±36.5	.388
안정 시 1회 호흡량(L)	0.7±0.2	0.7±0.2	0.7±0.2	0.7±0.2	0.7±0.2	.361
최대 1회 호흡량(L)	1.7±0.4	2.6±1.6	1.6±0.4	1.6±0.4	45.8±687.3	.167
안정 시 호흡수(bpm)	17.9±3.3	18.0±3.5	17.6±3.1	18.5±2.7	17.9±3.3	.905
최대 호흡수(bpm)	36.0±6.5	35.8±6.8	37.0±6.7	37.1±6.7	36.1±6.6	.855
예측된 호흡수의 도달율(%)	72.0±13.0	72.1±13.2	74.0±13.4	74.2±13.7	72.3±13.0	.875
안정 시 호기말 이산화탄소분압(mmHg)	29.2±3.1	28.3±2.9	29.2±3.5	29.3±2.9	29.1±3.1	.407
환기역치 시 호기말 이산화탄소분압(mmHg)	37.4±4.3	33.5±5.6	37.3±5.0	38.1±4.8	36.8±4.8	.000***
최대 호기말 이산화탄소분압(mmHg)	35.3±4.3	32.3±5.5	35.2±5.7	37.4±8.9	34.9±5.1	.002**
안정 시 환기량 대 이산화탄소(ml/min))	42.5±6.0	44.2±5.8	43.0±6.6	43.8±4.1	42.9±5.9	.396
환기역치 시 환기량 대 이산화탄소(ml/min))	56.8±312.4	37.4±9.0	33.1±5.9	32.4±4.3	50.4±261.2	.951
최대 환기량 대 이산화탄소(ml/min)	35.0±5.0	48.5±61.8	35.3±6.4	34.8±5.1	37.2±25.7	.026**
환기량 대 이산화탄소 기울기	32.4±7.9	36.7±9.8	47.3±71.3	31.0±5.6	34.2±21.8	.025*
산소섭취효율성 기울기(ml/min/L/min)	2102.3±510.7	1829.6±447.5	1867.7±555.7	2033.5±446.9	2034.4±510.9	.008**

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

4. 종료사유에 따른 재입원 추이 분석

대상자의 종료사유에 따라 재입원 추이가 어떠한지 파악하기 위하여, Kaplan-Meier 분석을 시행하였다(표 4). 분석의 특징에 근거하여 종료사유에 따른 재입원 변화추이에 유의미한 차이를 보인 변수를 분석하였다(표 5). 종료사유에 따라 재입원 변화에 차이가 있는지 분석한 결과, 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($\chi^2 = .014, df=1, p>.05$). 시간의 경과됨에 따른 종료사유별 재입원 변화 추이를 살펴보면, 검사 시점에서 재입원을 한 75%의 경우는 피로의 사유로 종료된 경우 평균 4개월, 호흡곤란의

사유로 종료된 경우 평균 5개월, 다리통증의 사유로 종료된 경우 4개월, 목표심박수 달성으로 종료된 경우 3개월로 나타났으며, 50%의 경우는 피로의 사유로 종료된 경우 평균 7개월, 호흡곤란의 사유로 종료된 경우 평균 9개월, 다리통증의 사유로 종료된 경우 8개월, 목표심박수 달성으로 종료된 경우 4개월로 나타났다. 25%의 경우에는 피로의 사유로 종료된 경우 평균 12개월, 호흡곤란의 사유로 종료된 경우 평균 14개월, 다리통증의 사유로 종료된 경우 13개월, 목표심박수 달성으로 종료된 경우 8개월로 나타났다.

표 4. 재입원 여부에 대한 Kaplan-Meier 분석

구분	카이제곱검정	자유도	p
Log Rank (Mantel-Cox)	.014	1	.907
Breslow (Generalized Wilcoxon)	.066	1	.797
Tarone-Ware	.019	1	.891

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

표 5. 종료사유 별 재입원 변화 추이

종료사유	25.0%		50.0%		75.0%	
	추정값 (개월)	표준 오차	추정값 (개월)	표준 오차	추정값 (개월)	표준 오차
피로	12.0	0.6	7.0	0.5	4.0	0.4
호흡곤란	14.0	1.0	9.0	0.6	5.0	0.6
다리통증	13.0	1.9	8.0	1.5	4.0	1.0
목표심박수 달성	8.0	3.5	4.0	1.8	3.0	1.2
전체	12.0	0.6	7.0	0.5	4.0	0.3

IV. 고 찰

본 연구에서는 심장혈관질환자에서 심폐운동능력검사의 결과는 중요한 임상적 의미를 가진다. 대표적인 최대산소소모량의 수준은 사망률과 삶의 질에 대해 높은 연관성을 갖고 있으며(Letnes, Dalen, Vesterbekkmo, Wisløff, & Nes, 2019; Opasich et al., 1998), 진단 및 예후의 정보를 제공하고 임상적 가치를 가지고 있다(Arena, Myers, et al., 2007). 특히, 심부전에서는 호기말 이산화탄소 분압은 중요한 예측 인자이며(Arena, Guazzi, & Myers, 2007), 환기량 대 이산화탄소 기울기와 심박수 회복도 임상적 가치를 갖고 있다(Arena, Guazzi, Myers, & Peberdy, 2006; Francis et al., 2000). 이러한 심폐운동능력검사는 운동능력에서 호흡곤란을 평가하기 위해 적용된다(Arena et al., 2006; Milani, Lavie, & Mehra, 2004). 이에, 본 연구는 검사 종료 사유 중 호흡곤란의 예후적 중요성을 제시해보고자 하였다. 첫째, 대상자들의 특성과 검사 종료 사유인 피로, 호흡곤란, 다리통증, 목표 심박수 달성에 따른 검사의 변수 특성을 비교하였다. 나이, 체지방지수, 골격근량, 체지방률의 일반적 특성과 심장동맥질환, 심장판막질환, 심부전질환의 질환 특성에서 유의한 차이를 보이지는 않았다. 이는 검사 종료의 관찰된 모든 사유와 질환에 따라 특정되는 연관성이 확인할 수 없었다. 둘째, 대상자의 운동 수준에 따른 검사 종료 사유들을 비교해 보았다. 총 운동시간(초), 최대 심박수(bpm), 예측된 심박수의 도달율(%), 심근부담지수, 여유심박수 이용율(%), 환기역치 시 이산화탄소 분압(mmHg)의 경우 그룹 간 가장 높은 유의한 차이를 보였으며, 환기역치 시 산소소모량, 최대 이산화탄소 분압(mmHg), 산소섭

취효율성 기울기(ml/min/L/min)의 경우에는 그 다음으로 그룹 간 유의한 차이를 보였다. 환기역치 시 대사당량, 최대 산소소모량, 안정 시 호흡비율(%), 최대 환기량 대 이산화탄소, 환기량 대 이산화탄소 기울기의 경우에는 가장 낮은 유의한 차이를 보였다. 대부분의 심폐운동능력 지표와 검사 종료 사유에 대한 연관성이 있으나, 호흡곤란으로 종료된 사유와 가장 민감하게 연관된 지표를 분석하지는 못하였다. 셋째, 검사 종료사유에 따라 재입원 추이에 차이가 있는지 분석한 결과, 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 특히, 목표 심박수 달성의 사유로 종료된 경우 다른 검사 종료 사유들 보다 재입원 시점이 빠른 것을 나타냈는데, 이는 부정맥이 동반이 영향을 미쳤을 것으로 보여진다. 호흡곤란의 종료 사유로 관찰된 75%는 5개월에 재입원, 50%는 9개월에 재입원, 25%는 14개월에 재입원을 하는 추이를 보였다. 이는 다른 사유로 검사가 종료된 경우보다 재입원 추이가 늦게 나타나는 것이다. Paul Chase 등의 연구(2008)에서는 주로 호흡곤란으로 인해 운동 검사를 종료 한 심부전 환자가 피로에 의해 제한되는 환자보다 심장 관련 사건 발생률이 증가하고 심폐운동능력의 지표가 더 나쁘다고 하였다(Chase et al., 2008). 본 연구에서는 심폐운동능력 검사의 종료사유와 질환별 연관성 및 예후적 중요성을 제시하지 못하였지만, 검사결과에 따른 운동수준과 검사 종료 사유와의 유의성은 제시할 수 있었다. 앞으로 운동검사의 지표와 검사 종료 사유와의 연관성에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

심장혈관질환자에서 심폐운동능력검사의 종료 사유인 피로, 다리통증, 목표 심박수 달성에 비해 호흡곤란이 대상자의 일반적 그리고 질환적 특성과의 유의한 차이를 보이지 않았고, 심폐운동능력 수준에 따라 검사 종료 사유들과 유의성을 확인할 수 있었다. 그러나 호흡곤란이 상대적으로 연관성이 높은지는 제시하지 못하였다. 또한, 검사 종료 사유들과 재입원의 추이의 차이는 유의하지 않았다. 호흡곤란의 검사 종료 사유가 운동능력검사의 유의한 지표로 제시할 수 있도록 많은 대상자와 지표와의 연관성 그리고 재입원율과 사망률에 대한 추가적 연구를 통해 진단적 유용성을 제시할 필요가 있다고 생각된다.

참고문헌

Abidov A, Rozanski A, Hachamovitch R, et al. Prognostic significance of dyspnea in patients referred for cardiac stress testing. *New England Journal of Medicine*, 353(18);1889-1898, 2005.

- Arena R, Guazzi M, Myers J. Prognostic value of end-tidal carbon dioxide during exercise testing in heart failure. *International journal of cardiology*, 117(1);103-108, 2007.
- Arena R, Guazzi M, Myers J, et al. Prognostic value of heart rate recovery in patients with heart failure. *American heart journal*, 151(4);851-e7, 2006.
- Arena R, Myers J, Williams MA, et al. Assessment of functional capacity in clinical and research settings: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation*, 116(3);329-343, 2007.
- Balady GJ, Arena R, Sietsema K, et al. Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 122(2);191-225, 2010.
- Bodegard J, Erikssen G, Bjørnholt JV, et al. Reasons for terminating an exercise test provide independent prognostic information: 2014 apparently healthy men followed for 26 years. *European heart journal*, 26(14);1394-1401, 2005.
- Butchart EG, Gohlke-Bärwolf C, Antunes MJ, et al. Recommendations for the management of patients after heart valve surgery. *European heart journal*, 26(22);2463-2471, 2005.
- 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. *The American journal of cardiology*, 102(7);879-882, 2005.
- Francis DP, Shamim W, Davies LC, et al. Cardiopulmonary exercise testing for prognosis in chronic heart failure: continuous and independent prognostic value from VE/VCO₂slope and peak VO₂. *European heart journal*, 21(2);154-161, 2000.
- Guazzi M, Arena R, Halle M, et al. 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *European heart journal*, 39(14);1144-1161, 2018.
- Gulati M, Pandey DK, Arnsdorf MF, et al. Exercise capacity and the risk of death in women: the St James Women Take Heart Project. *Circulation*, 108(13);1554-1559, 2003.
- He J, Ogden LG, Bazzano LA, et al. Risk factors for congestive heart failure in US men and women: NHANES I epidemiologic follow-up study. *Archives of internal medicine*, 161(7);996-1002, 2001.
- Horstkotte D, Niehues R, Schulte HD, et al. Exercise capacity after heart valve replacement. *Zeitschrift für Kardiologie*, 83;111-20, 1994.
- Hu G, Jousilahti P, Antikainen R, et al. Joint effects of physical activity, body mass index, waist circumference, and waist-to-hip ratio on the risk of heart failure. *Circulation*, 121(2);237, 2010.
- Kaminsky LA, Arena R, Ellingsen Ø, et al. Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease-The past, present, and future. *Progress in cardiovascular diseases*, 62(2);86-93, 2019.
- Kenchiah S, Sesso HD, Gaziano JM. Body-mass index and vigorous physical activity and the risk of heart failure among men. *Circulation*, 119(1);44, 2009.
- Kraigher-Krainer E, Lyass A, Massaro JM, et al. Association of physical activity and heart failure with preserved vs. reduced ejection fraction in the elderly: the Framingham Heart Study. *European journal of heart failure*, 15(7);742-746, 2013.
- Kraus WE, Powell KE, Haskell WL, et al. Physical activity, all-cause and cardiovascular mortality, and cardiovascular disease. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(6);1270, 2019.
- Letnes JM, Dalen H, Vesterbeekmo EK, et al. Peak oxygen uptake and incident coronary heart disease in a healthy population: the HUNT Fitness Study. *European heart journal*, 40(20);1633-1639, 2019.
- McMurray JJ, Stewart S. Epidemiology, aetiology, and prognosis of heart failure. *Heart*, 83(5);596-602, 2000.
- Milani RV, Lavie CJ, Mehra MR. Cardiopulmonary exercise testing: how do we differentiate the cause of dyspnea? *Circulation*, 110(4);e27-31, 2004.
- Morris CK, Froelicher VF. Cardiovascular benefits of improved exercise capacity. *Sports Medicine*, 16(4);225-236, 1993.
- Opasich C, Pinna GD, Bobbio M, et al. Peak exercise oxygen consumption in chronic heart failure: toward efficient use in the individual patient. *Journal of the American College of Cardiology*, 108(13);1554-1559, 2003.

- 31(4);766-775, 1998.
- Paffenbarger Jr RS, Hyde RT, Wing AL, et al. The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. New England journal of medicine, 328(8); 538-545, 1993.
- Piña IL, Apstein CS, Balady GJ, et al. Exercise and heart failure: a statement from the American Heart Association Committee on exercise, rehabilitation, and prevention. Circulation, 107(8);1210-1225, 2003.
- Sandvik L, Erikssen J, Thaulow E, et al. Physical fitness as a predictor of mortality among healthy, middle-aged Norwegian men. New England Journal of Medicine, 328(8);533-537, 1993.
- Shah RV, Murthy VL, Colangelo LA, et al. Association of fitness in young adulthood with survival and cardiovascular risk: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) study. JAMA internal medicine, 176(1);87-95, 2016.
- Wannamethee SG, Shaper AG, Alberti KG. Physical activity, metabolic factors, and the incidence of coronary heart disease and type 2 diabetes. Archives of internal medicine, 160(14);2108-2116, 2000.