

노인 심근경색 환자에서 고강도 간헐적 유산소운동의 효과

김지희
원광대학교병원 재활의학과

The Effects of High-Intensity Aerobic Interval Training In The Elderly With Myocardial Infarction

Ji Hee Kim

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Wonkwang University Hospital

요약 본 연구는 심근경색 환자에서 고강도 간헐적 운동 프로그램이 나이에 따라 심폐운동 기능에 미치는 효과를 비교하여 노인환자에서의 효과를 알아보고자 하였다. 2015년에서 2017년까지 심장 재활을 실시하였던 환자 중 외래 경과 관찰중인 환자의 기록을 후향적으로 분석하였다. 총 39명 (60세 이상의 노인 20명, 19명의 60세 미만의 젊은 환자군)이 연구에 포함되었다. 고강도 간헐적 심장 재활프로그램은 준비운동 5-10 분, 고강도 간헐적 유산소 운동 28분 및 마무리 운동 5-10분으로 구성되었다. 대상자들은 초기 운동부하 검사 결과를 바탕으로 심장재활 치료실에서 심전도 감시 하에 유산소 운동을 여유 산소 섭취량을 기준으로 70-90%의 고강도의 훈련 4분, 60-70% 로 3 분가량의 일반적인 강도의 훈련을 반복적으로 4 회간 실시하고 마무리운동을 시행하였다. 심폐기능은 심장재활 실시 전, 후로 운동부하 검사에 의해 평가되었다. 심장재활 후 두 군 모두에서 운동기능의 개선의 효과가 있었다. 심장재활을 실시하기 전 시행한 운동 부하 검사에서 최대 산소 소모량, 최대 운동시의 신진대사 해당치, 무산소 역치 등이 60 세 이상의 노인에서 의미 있는 운동 기능 저하가 관찰되었다($p<0.05$). 심장재활 전과 후의 운동 능력을 비교하였을 때, 두 군에서 최대 운동 가능시간, 심근부담률, 최대 심박수, 안정시 심박수, 최대 산소 소모량, 최대 산소소모량 측정시의 최대 환기량, 최대 운동 시의 신진대사 해당치, 무산소 역치 지표에서 통계학적으로 유의한 변화가 관찰되어($p<0.05$), 고강도 간헐적 운동방법은 노인환자에게서도 안전하며 효과적이다. 그러므로 60 세 이상의 노인 환자에서의 효과적인 고강도 간헐적 운동 참여를 확대하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

Abstract To investigate the effect of high-intensity interval training (HIIT) on the outcomes of cardiac rehabilitation(CR) in elderly and younger patients with myocardial infarction(MI). Of the MI patients who received hospital-based CR from 2015 to 2017, we retrospectively reviewed the medical records of the patients who continued follow-up through the outpatient clinic. A total of 39 patients (20 elderly patients (≥ 60 year(64.1 ± 3.6)) and 19 younger patients (< 60 year(55.6 ± 2.3)) was included in this study. The HIIT program was composed of 10 minutes of warm-up, 30 minutes of interval aerobic exercise, and 10 minutes of cool down. The aerobic exercise based on their initial exercise tolerance test outcome consisted of 3-minute usual intensity phase (60-70% of heart rate/ VO_2 reserve) and 4-minute of high-intensity phase (70-90% of heart rate/ VO_2 reserve). Exercise capacity was measured by exercise tests before and after hospital- based CR. Before CR, elderly group had a significantly lower exercise capacity in Exercise time, peak VO_2 , METs, Anaerobic threshold, VE_{max} , O_2 pulse than younger group. Both group showed similar improvement of cardiopulmonary exercise capacity after CR. And HIIT is safe and effective in elderly patients. It is considered necessary to further expansion for the participation of high intensity interval training in elderly patients.

Keywords : Elderly, Exercise capacity, Cardiac Rehabilitation, Interval training, myocardial infarction

본 논문은 2018학년도원광대학교 교비지원에 의해 수행됨.

*Corresponding Author : Ji Hee Kim(Wonkwang University Hospital)

Tel: +82-63-859-1610 email: gold82mouse@hanmail.net

Received December 14, 2018

Revised (1st December 21, 2018, 2nd January 7, 2019)

Accepted February 1, 2019

Published February 28, 2019

1. 서론

심장질환은 2016년 국내 통계자료에서 사망원인 2위를 차지하는 질환이며[1], 2013년 WHO 통계에서도 세계적으로 사망원인의 1/3 을 차지하는 질환이다[2]. 심장재활은 심혈관 질환에서 필수적인 치료 프로그램이다[3]. 심장재활은 운동 프로그램뿐만 아니라, 위험인자 교육 및 생활습관개선, 영양교육 등을 포함한 다학제치료이며[4], 심근경색 후 심장재활 치료 시 사망률을 20-30% 낮출 수 있는 것으로 보고되고 있다[5]. 심폐기능은 심혈관 환자 및 일반인에게도 매우 중요한 지표이며, 심근경색의 위험율을 줄이고, 사망률을 예측할 수 있는 중요한 요소로 심장재활 치료 후 개선이 나타나는 것으로 보고되고 있다[6].

심혈관 질환은 노화과정과 관련이 있으며, 이에 따라 심혈관 질환과 연관된 사망의 86%가 65세 이상 인구에서 발생한다고 보고되었다[5,7]. 또한 부검을 통한 연구에선 60세 이상 군에서 관상동맥질환의 유병률이 증가하는 것으로 보고되었다[8]. 노인들은 심근경색 합병증에 대해 그렇지 않은 군에 비해 일반적으로 더욱 취약하며, 관상동맥 재관류 시술에 높은 위험도를 보이고, 이후 발생하는 후유증에 취약한 것으로 알려져 있다[9].

심장재활프로그램 적용 시에 최대산소 섭취량을 늘릴 수 있도록, 운동프로그램을 구성하고, 환자에게 적용하는 것은 매우 중요하다. 심장재활에서 적용하는 운동프로그램은 오래 전부터 시행된 고식적인 방법인 여유 산소 섭취량을 기준으로 50-80% 수준의 중간강도의 지속적인 훈련방법과 여유 산소 섭취량을 기준으로 70-90%의 고강도 간헐적 훈련 방법이 있다. 관상 동맥 환자에서 고강도 간헐적 훈련방법은 생리학적, 임상적 지표의 메타분석에서 여러 장점을 갖는 것으로 보고되고 있다[4, 10].

장기적인 생존율에 독립적인 예후 인자인 최대 산소 섭취량은 심폐기능검사를 통해 알 수 있으며, 나이에 따라 감소되는 것으로 알려져 있다[11]. 운동의 효과는 같은 심폐기능을 가진 일반인에서 나이에 따라 줄어드는 것으로 밝혀져 있으나, 노인에서도 고강도 간헐적 훈련을 시행하면 최대 산소 섭취량을 개선하는 것으로 보고되고 있다[12]. 관상동맥질환자에서 고강도 간헐적 훈련방법의 효과를 중간강도의 지속적인 훈련방법과 비교한 많은 연구들이 보고되어있으며, 심폐기능에 우월성과 안전성이 보고되었다[13,14,15]. 일반인에서는 8주간 고강

도 간헐적 훈련 방법을 시행하고, 나이에 따른 효과를 비교하였을 때 9-13%의 개선이 나타났으며, 연령에 따라 효과의 의미 있는 차이는 보이지 않았다[16]. 그러나 이전의 연구들은 고식적 훈련방법과 고강도 간헐적 훈련방법의 효과의 차이에 국한된 논문들이며, 심근경색환자에서 간헐적 훈련방법을 연령에 따른 비교 연구는 드물다.

이에 본 연구에서는 관상동맥시술을 경험한 노인 심근경색 환자에서 고강도 간헐적 훈련 심장재활 프로그램의 적용이 운동능력 개선에 미치는 효과를 운동부하검사를 통해 연령에 따라 비교 분석하여, 노인에서의 고강도 간헐적 훈련프로그램의 효과를 알아보고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 연구대상 및 방법

2.1.1 연구대상

2015 년 1 월부터 2017 년 12 월까지 급성심근경색으로 oo 대학교 병원에서 경피적 관상동맥중재술을 받은 후 심장재활 프로그램에 의뢰된 환자 중 심장 재할 치료 프로그램에 참여한 환자들을 대상으로 의무기록 검토를 통한 후향적 연구를 시행하였다. 의뢰된 환자 중 중환자실에 있거나, 의사소통이 되지 않거나, 걸을 수 없는 환자들은 연구대상에서 제외하였다. 병원기반 심장재활 치료를 완료했음에도 불구하고 추적관찰을 시행하지 못했거나, 이전에 급성 심혈관 질환의 과거력이 있는 경우, 좌심실 구획률이 35%이하인 경우, 경피적 관상동맥 중재술 이 아닌 관상동맥 우회술을 받은 경우, 조절되지 않는 부정맥, 조절되지 않는 고혈압이 있는 경우, 심장프로그램 중 심각한 질병이 일어난 경우, 심장재활 프로그램 기간 혹은 그 이상의 추적관찰 기간 동안에 중대한 질병이 새로 발생한 경우는 연구대상에서 제외하였다. 급성 심근경색으로 급성기 치료를 받고 1기 심장재활 을 시행한 총 754 명의 환자 중 연구대상 기준을 충족하며 고강도 간헐적 운동치료에 참여한 인원은 총 39 명이었다. 평균 연령은 60.2±5.5 세, 남자가 35 명, 여자가 4 명이었다. 60 세를 기준으로 두 그룹으로 나누었으며 60 세 미만군은 19 명, 60 세 이상은 20 명 이었다.

2.1.2 연구방법

모든 대상자는 경피적 관상동맥 중재술을 받은 후, 재

활의학과로 심장재활이 의뢰되어 입원기간 중 소집단 교육을 통해 재활의학과 의사에게 심근경색에 대한 설명 및 위험인자 관리에 대한 교육 및 약물요법과 운동요법에 대하여 교육을 받았고, 심장재활 전문 간호사에 의해 금연교육, 영양상담 등을 시행 받았으며, 심장재활 치료실에서 혹은 호흡곤란이 없었던 환자에 한해서 심전도 감시 하에 분당 120 회 이하의 심박수를 유지하거나 안정 시 심박 수 가 높은 경우 안정 시 심박 수 에서 20 회를 넘기지 않도록 유지하며 시행하였고, 환자의 상태에 따라 13 미만의 운동자각도를 유지하며 2 분에서 5 분간 하루 2 회에서 4 회를 실시하였다[17]. 이후 재활의학과 외래에 내원하여 수정된 브루스 프로토콜(modified Bruce protocol)을 이용한 증상제한(symptom limited) 운동부하검사 및 호흡가스분석을 시행하였다. 검사는 12 채널 실시간 운동부하검사용 심전도 검사기 (Quinton Q-stress, Mortara Instrument, INC, USA) 및 운동부하검사용 트레드밀 (Q-stress TM55, Mortara Instrument, INC, USA), 자동 혈압 및 맥박 측정기 (247BP, SunTech Medical, USA), 호흡가스 분석기(TrueOne 2400, ParvoMedics, INC, USA)를 사용하였다. 운동부하검사용 심전도 검사기와 자동 혈압 및 맥박 측정기를 이용하여 최대 운동검사 가능시간, 안정 및 최대 심박수, 안정 및 최대 수축기혈압을 측정하였으며, 연령과 최대 심박수를 이용하여 최대 심박수 비율(%HRpeak)을 계산하였고 호흡가스 분석기를 이용하여 최대 운동 시의 신진대사 해당치(METs), 최대 산소소모량을 측정하였다.

대상자들은 초기 운동부하검사 결과를 바탕으로 심장재활 치료실에 방문하여 심전도 감시 하에 유산소 운동요법을 시행하였다. 운동요법 시에는 실시간 심전도 측정기구인 Q-Tel RMS (Mortara Instrument, INC, USA)와 정확한 속도 조절이 가능하며 응급정지 버튼이 장착된 의료용 트레드밀인 JT-4000M (SUNGDOMC, CO., Korea)를 이용하여 안전하게 시행하였다. 운동의 강도는 최초 시행한 운동부하검사를 통해 얻은 각 대상자에게 점진적으로 운동 강도를 조절 하였다. 초기 2주간은 여유산소 섭취량의 50-70%의 강도로 간헐적 훈련을 받았다. 이후 3주째부터 시행한 고강도 간헐적 훈련프로그램은 환자가 스트레칭 및 준비운동을 5 분간 시행 후 여유산소 섭취량을 기준으로 70-90%의 고강도의 훈련기간을 4 분, 60-70% 로 3분가량의 일반적인 강도의 훈련을 반복적으로 4 회간 실시하고 마무리운동을 5-10 분 시행

후 마치는 것[18]으로 이루어져 있다(Fig. 1).

추적 기간 동안 환자들은 금연 및 건강, 영양 유지와 같은 위험요소를 관리하는 방법에 대해 관리 및 상담을 받았다. 환자들은 심장재활시행 후 재활의학과 외래에 내원하여 수정된 브루스 프로토콜(modified Bruce protocol)을 이용한 증상제한(symptom limited) 운동부하검사 및 호흡가스분석을 시행하였다. 두 집단 모두에서 심폐기능 및 운동 능력의 변화율을 측정하였다.

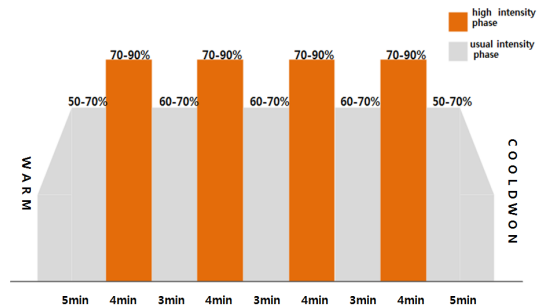


Fig. 1. Protocol of high-intensity interval training

2.1.3 통계분석

통계학적 분석은 SPSS 통계프로그램을 이용하였으며 60 세 이상 군과 60 세 미만 군 사이의 심장재활 시작 전과 후의 운동부하 검사 지표의 변화를 대응표본 t 검정과 Wilcoxon signed rank 검정을 이용하여 분석하였다. 그리고 치료 전과 후 시점에서 각 지표들의 평균값을 비교하여 독립표본 t 검정과 Mann-Whitney test 검정을 이용하여 분석하였다. 두 군 간의 최대산소소모량 비교는 운동 전 최대 산소소모량을 공변량으로 두고 ANCOVA를 시행하였다. 또한 60 세 이상과 미만 군 사이에서 심장재활 전과 후의 운동능력의 변화율 차이의 유의성을 비교하기 위해 정규분포가 확인된 변화율에 대한 변수는 독립표본 t 검정과 Mann-Whitney test 검정을 이용하여 분석하였다. 심장재활치료 시작 전의 두 군별 나이, 체질량지수, 좌심실 구획량의 비교를 위해 각 지표들의 평균값을 비교하여 정규분포가 확인된 변수는 독립표본 t 검정과 Mann-Whitney test 검정을 이용하여 분석하였다. 그리고 성별과 고혈압, 당뇨, 흡연력 유무와 심근경색 유형의 비율을 비교하기 위하여 Pearson chi-square 검정을 시행하였고, 통계적 유의수준은 p 값을 0.05 미만으로 하였다.

3. 연구결과

3.1 환자군의 특성

60 세 이상 군과 60 세 미만 군의 심장재활 치료 시행 전의 일반적 특성은 신체질량지수와 좌심실 구획률, 고혈압, 당뇨의 진단여부, 흡연 여부, 심근 경색의 유형에 있어서 두군 간의 차이가 없었다(Table 1).

Table 1. Clinical characteristics of the subjects

	<60group (n=19)	>=60group (n=20)
Age(years)	55.6±2.3	64.1±3.6
Sexratio(men/women)	17/2	17/3
BMI(kg/m2)	26.5±2.7	25.2±2.1
LVEF(%)	50.3±9.9	52.9±9.4
Hypertension(%)	8(42.1)	11(55.0)
Currensmoking(%)	13(62.0)	7(35.0)
DiabetesMellitus(%)	5(26.3)	7(25.0)
CHD event type	STEMI(%)	13(52.0)
	NSTEMI(%)	12(48.0)
	6(42.9)	8(57.1)

BMI, Body mass index; LVEF, Left ventricular ejection fraction; CHD, Coronary heart disease; STEMI, ST elevation myocardial infarction; NSTEMI, Non ST elevation myocardial infarction

3.2 심장재활 프로그램 전과 후의 운동부하검사 결과

8주간의 심장재활 치료 후 혈액학적으로 운동시간(+69.8), 최대 심박 수(+5.2회/분), 휴식 시 심박 수(-3.5/분), 심근 부담률(-67.1)로 의미 있게 개선되었다. 심장재활치료 후 대사변수와 관련하여서 최대 산소 소모량(+2.6ml/kg/min), 무산소 역치(+3.2 L/min), 최대산소 소모량 측정시의 최대 환기 량(+5.7 L/min), 최대 산소맥(+1ml/bpm)가 의미 있는 개선을 보였다(Table 2).

Table 2. Comparison of exercise capacity after CR (all patients)

	Baseline	AfterCR	Magnitude of change
Exercisetime(sec)	889.8±122.4	959.6±154.4	<0.05*
RPP(mmHg·bpm)	20655.4±6053.2	20588.2±6453.9	<0.05*
HRrest(/min)	71.7±12.1	68.2±10.5	<0.05*
HRmax(/min)	147.2±15.4	152.4±15.3	<0.05*
METs	6.9±1.2	7.7±1.37	<0.05*
VO2peak (ml/kg/min)	24.3±4.3	26.9±4.7	<0.05*
AT(L/min)	19.5±4.0	22.7±5.5	<0.05*
VEmax(L/min)	58.5±15.1	64.2±20.6	<0.05*
O2pulse(ml/bpm)	11.4±2.6	12.4±2.8	<0.05*

HRrest, Resting heart rate; RPP: Rate Pressure product; HRmax, Maximal heart rate; METs, Metabolic equivalent task ; VO2peak, Peak oxyhen consumption; AT: Anaerobic Threshold; VEmax, Maximal pulmonary Ventilation; O2pulse max:VO2/heart rate

심장재활치료 전 두 군 사이의 운동부하검사 결과를 비교하였을 때, 60세 이상 군에서 유의하게 운동시간, 최대 운동 시에 신진대사 해당치 와 최대 산소 소모량, 최대 산소 소모량 측정시의 최대 환기 량, 최대 산소맥 등에서 유의하게 낮았다(p<0.05)(Table 3).

Table 3. Comparison of exercise capacity before cardiac rehabilitation in 60 group and 60 group

	<60group (n=19)	>=60group (n=20)	p value
Exercise time	934.8±64.5	848.6±125.7	<0.05*
RPP(mmHg·bpm)	19199.8±6690.9	22883.6±5341.3	0.80
HRrest	74.4±13.5	67.6±10.2	0.10
HRmax	155.4±16.9	139.6±10.1	0.16
METs	7.3±1.1	6.6±1.2	<0.05*
VO2peak (ml/kg/min)	25.7±2.4	23.1±4.1	<0.05*
AT(L/min)	20.7±4.0	18.2±4.0	<0.05*
VEmax(L/min)x	65.6±17.6	50.4±14.7	<0.05*
O2pulse(ml/bpm)	12.2±2.4	10.4±2.6	<0.05*

RPP submax, Submaximal rate pressure product at stage 3; HR rest, Resting heart rate; HR max, Maximal heart rate; METs, Metabolic equivalent tasks; VO 2peak, Peak oxygen consumption; VE max, Maximal pulmonary Ventilation; O2pulse max:VO2/heart rate

*All of the characteristics showed no significant difference between two groups.

또한 심장재활 후에 두 군 사이에 운동 부하 검사 결과를 비교하였을 때, 60 세 이상 군에서 60 세 미만 군보다 운동시간, 최대 운동 시에 신진대사 해당치 와 최대 산소 소모량, 최대 산소 소모량 측정시의 최대 환기 량, 최대 산소맥 유의하게 낮게 관찰되었고(p<0.05) 그 외 지표에서는 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 4).

Table 4. Comparison of exercise capacity after cardiac rehabilitation in 60 group and 60 group

	<60group (n=19)	>=60group (n=20)	p value
Exercise time	1050.3±104.9	899.5±111.0	<0.05*
RPP(mmHg·bpm)	19221.1±6988.4	220491±544.2	0.19
HRrest	72.9±11.4	63.5±9.2	<0.05*
HRmax	156.4±14.4	147.2±15.4	0.08
METs	8.2±1.4	7.2±1.1	<0.05*
VO2peak (ml/kg/min)	28.6±4.9	25.2±4.1	<0.05*
AT(L/min)	25.1±6.2	20.7±4.6	<0.05*
VEmax(L/min)	75.8±19.2	51.4±14.3	<0.05*
O2pulse(ml/bpm)	13.6±2.2	11.3±2.9	<0.05*

RPP submax, Submaximal rate pressure product at stage 3; HR rest, Resting heart rate; HR max, Maximal heart rate; METs, Metabolic equivalent tasks; VO 2peak, Peak oxygen consumption; VE max, Maximal ulmonary Ventilation; O2pulse max:VO2/heart rate

*All of the characteristics showed no significant difference between two groups

3.1 심장재활 전과 후의 운동부하검사 지표의 변화율

60세 이상 군과 60세 미만 군 두 군 사이에서 심장재활 전과 후의 운동능력 지표 변화율의 상대적인 비교 시에 최대 운동 가능시간, 최대 산소 소모량, 무산소 역치 지표, 최대 분당 환기량, 최대 산소맥 등의 운동 부하 검사 지표의 상대적 변화율에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 5).

Table 5. Comparison of percent changes in exercise capacity before and after cardiac rehabilitation in 60 group and 60 group

	<60group (n=19)	>=60group (n=20)	p value
Exercisetime	8.7±17.0	8.3±15.2	0.17
HRrest	-1.6±8.5	-9.6±15.3	0.50
HRmax	1.7±6.0	6.0±10.5	0.16
METs	14.8±25.2	10.1±16.2	0.50
VO2peak	14.1±23.1	11.8±16.9	0.72
Anaerobic Threshold	22.7±38.4	14.8±21.1	0.18
VEmax	18.2±26.4	6.6±27.3	0.43
O2pulseMax	12.3±20.1	10.6±29.1	0.85

RPP submax, Submaximal rate pressure product at stage 3; HR rest, Resting heart rate; HR max, Maximal heart rate; METs, Metabolic equivalent tasks; VO 2peak, Peak oxygen consumption; VE max, Maximal pulmonary Ventilation; O2pulse max:VO2/heart rate

*All of the characteristics showed no significant difference between two groups.

4. 고찰

본 연구에서 최대운동시간의 증가율은 60 세 이상 군에서 21.9%, 60 세 미만 군에서는 18.9%, 신진대사해당치의증가율은 60세 이상 군에서 19.0%, 60 세 미만 군에서는 12.9%로 나타났으며, 최대 산소 소모량의 증가율은 60 세 이상 군에서 19.2%, 60 세 미만 군에서는 13.0%로 모든 지표에서 호전이 나타났으며, 두군 간의 차이가 나타나지 않았다.

노화에 따라 산화 스트레스가 증가하는 것과 동반질환의 증가로 인해 노인들은 좀 더 비활동적으로 변화하고 이는 결국 노인들에서 심혈관 질환의 유병율을 올리는 것으로 알려져 있다[19]. 운동은 혈관벽에 직접적인 영향을 주어서 내피세포의 기능을 개선한다[20]. 고혈압

환자에서 고강도 간헐적 훈련은 중간강도의 지속적 훈련에 비해 흐름 매개 혈관 확장 및 말초혈관의 저항 감소를 통해 혈압을 낮추고 심장기능을 개선하는데 더 효과적인 것으로 보고되었다[21]. 운동은 일산화 질소의 생체 이용 증가로 항산화 상태를 개선시켜서 혈관벽에 이점을 주는 것으로 알려져 있다[21]. 심장 재활 치료 시 운동능력의 지표인 최대산소소모량이 개선되는데[22], 이는 혈관확장 개선을 통해 최대 산소섭취량이 증가시켜 심장기능이 개선되는 것으로 밝혀져 있다[23]. 이에 60 만 명의 노인들을 대상으로 조사한 결과에서도 심장재활 치료를 시행한 군에서 대조군에 비해 사망률이 21-34% 감소한 것으로 보고되었다[6]. 또한 65세 이상을 대상으로 한 연구에서도 심장재활은 생존율을 높이고, 병원재원기간을 줄인 것으로 나타났다[24].

본 연구에서도 관상동맥 질환환자에서 심장재활치료를 적용하였을 때, 휴식시의 심박수의 감소 등의 혈액역학적인 변화와 최대 산소 섭취량이 증가가 나타났다. 최대 환기량이 증가하여 산소 이용도의 증가 및 산소의 추출(tissue oxygen extraction)이 개선되었다. 또한 혐기성대사가 시작하는 지점인 무산소성 역치가 개선되었는데, 이는 무산소성 역치를 지나면 젖산으로부터 유도된 pH(산도) 저하로 인해 오랜 기간 운동을 더하기 어려운데, 젖산 축적 없이 운동할 수 있는 것이 개선되었다는 의미로 즉 심장재활 후 호기성 대사가 개선되었음을 알 수 있었다[25,26].

그동안 많은 연구들에서 고강도 간헐적 훈련이 중등도 지속훈련과 비교하여 건강한 성인 및 관상동맥 심장 질환 환자에서 보다 효과적으로 운동능력을 향상시킨다고 보고되었다. 다른 연구들에서의 고강도 간헐적 훈련 프로그램의 내용을 살펴보면, 평균 8주간, 주 2-3회 시행하며, 운동 강도는 최대심폐능력의 80-90%로 시행하고 있다. 그러나, 운동을 시행할 때 고위험군을 주로 배제하기 때문에 대부분 젊은 환자를 대상으로 시행한 연구가 많다. 12주간 주 2 회씩 시행한 Currie 의 연구에서도 참가자들의 평균나이를 살펴보면 참여 군 이 62 세 대조군이 68 세이고, 12 주간 주 3 회 운동을 비교한 Rocco 등의 연구에서도 56.5 세와 62.5 세로, 고강도 간헐적 훈련군의 나이가 낮았다[28, 29].

472 명이 포함된 10 개의 연구를 메타 분석한 Liou 등의 결과에서 고강도 간헐적 훈련 시 중간강도의 지속적 훈련에 비해 최대산소 섭취량이 +1.78 ml.kg/min 이

더 높음을 보고하였다 [10]. 또한 229 명이 포함된 6 개의 연구를 메타분석 하였을 때 무산소성 역치의 개선이 고강도 간헐적 훈련에서 더 높음을 보고되었다[30]. 본 연구에서는 두 군의 비교는 아니나, 운동 후 최대산소섭취량이 평균 +2.6ml/kg/min 증가하였으며, 평균 +3.2(L/min)의 무산소 역치의 개선이 보고되었다.

심혈관 환자에서 수동적인 회복기간을 가지는 고강도 간헐적 훈련은 그 기간 동안 근육의 재산소화를 가능하게 하여 피로감을 덜 느낄 수 있어 운동시간이 길어지는 것을 보고하였다[31]. 또한 고강도 간헐적 운동 시에 중간강도의 지속적인 훈련방법과 평균 산소섭취량은 유사한 정도지만, 상대적으로 평균 환기가 낮아서 숨이 차는 것을 덜 느껴서 비만인 환자들에게 적용하기 좋다는 보고도 있다[32].

현재까지 발표된 문헌에서도 고강도 훈련의 효과의 안정성이 발표되었는데 기존의 고식적 운동 시 116,000 시간동안 훈련 시에 한 건의 심정지 또는 심근 경색이 발생하는 것으로 추정하는데, 최근의 다기관 연구보고에서 46,000시간동안 훈련 기간 동안 단 2건의 치명적이지 않은 심정지만 발생하였음이 보고되었다. 고강도 간헐적 훈련에서 허혈이나, 부정맥 등이 나타나지 않았으며, 이는 오히려 허혈이 간헐적으로 나타나기 때문이라고 분석한 보고도 있다[33,34]. 그러므로 노인들은 기존의 심폐 기능이 저하되어 있으므로 고강도 간헐적 훈련이 위험할 것으로 생각하나 안전함이 보고되었다. 또한 심근 경색 후 만성심부전을 겪고 있는 70세 이상이며, 평균 최대 산소 섭취량이 13ml/kg/min인 노인들에게 12주간 주 2 회 운동을 시행하였을 때 고강도 간헐적 훈련 시 최대 산소 섭취량이 중간강도의 훈련에 비해 높게 증가한 것을 보고하였다[35].

본 연구에서는 노인에게서도 고강도 간헐적 훈련의 효과는 여전히 좋으며, 운동 훈련 시간동안 고강도 간헐적 훈련 군에서 심혈관 합병증 및 근골격계 부작용은 발생하지 않았다.

두 군 모두에서 고위험군은 배제 하였으며, 고강도 간헐적 훈련여부는 심장재활 전문가가 결정하였다. 또한 유산소 운동시간 및 마무리 운동시간까지 심전도 및 혈압의 변화 등을 세밀히 관찰하였다. 이에 효과적인 면에서 우월한 것으로 알려진 고강도 간헐적 훈련방법을 노인환자의 심장재활 방법으로 적극적으로 권장할 수 있겠다. 그러나 아직 고강도 간헐적 훈련이 사망률에 미치는

장기간의 연구가 부족한 상태이다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 연구에 포함된 환자의 수가 충분히 많지 않으므로, 노인환자에서의 고강도 훈련의 안정성에 대한 결론을 내리기 어려우므로 추후 더 많은 환자에게 적용해 보는 것이 필요하다. 둘째, 모든 환자가 심근경색증 환자에게 국한되어 있으며, 모두 경피적 관상동맥 중재술을 받은 환자였기 때문에 관상동맥 중재술을 받은 환자에게 본 연구 결과를 적용하기 어려우므로 포괄적으로 관상동맥 질환을 대상으로 한 연구가 필요하다. 셋째, 이번 연구는 단기간의 효과만을 분석하였으나, 환자들이 심장재활의 3단계인 집에서의 훈련에서 본 방법을 지속적으로 시행하고, 강도를 낮추지 않을 것인지에 대한 장기적인 결과의 분석이 필요하다.

5. 결론

급성심근 경색 후에 60세 이상 군은 60세 미만 군과 비교하여, 의미 있는 운동 기능 저하가 관찰되었다. 하지만 고강도 간헐적 훈련 프로그램을 적용 후, 두 군 모두에서 운동능력이 통계학적으로 유의한 향상이 나타났다. 노인들에 있어 심장 재활이 효과가 있음을 보였고 개선 정도는 60세 미만 군과의 상대적 비교에 따른 효과를 고찰해 보았을 때 비슷하였다. 고강도 간헐적 운동방법은 노인 환자에게서도 안전하며 기능을 향상시킨다. 그러므로 노인 환자에서의 심장 기능을 향상 시키는데 효과적인 고강도 간헐적 운동 심장재활프로그램에 참여를 확대하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

References

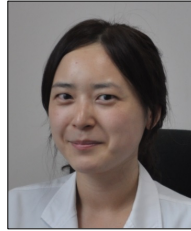
- [1] Korean Statistical Office, "Statistics of Cause of Death in 2017", 2017. <http://www.kostat.go.kr/>
- [2] World Health Organization, "The top 10 causes of death (Fact Sheet No. 310)", World Health Organization, Geneva, 2017.
- [3] G.J. Balady, P.A. Ades, V.A. Bittner, B.A. Franklin, N.F. Gordon, R.J. Thomas, G.F. Tomaselli, C.W. Yancy, "Referral, enrollment, and delivery of cardiac rehabilitation/secondary prevention programs at clinical centers and beyond: a presidential advisory from the American Heart Association", *Circulation*, vol. 124, no. 25, pp. 2951-2960, 2011. DOI: <https://dx.doi.org/10.1161/CIR.0b013e31823b21e2>

- [4] G.J. Balady, M.A. Williams, P.A. Ades, V. Bittner, P. Comoss, J.M. Foody, B. Franklin, B. Sanderson, D. Southard, "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*, vol. 115, no. 20, pp. 2675-2682, 2007. DOI: <https://dx.doi.org/10.1161/circulationaha.106.180945>
- [5] R. Menezis, Carl JM, Richard VM, Ross AA, Timothy SC. Cardiac rehabilitation and exercise therapy in the elderly : Should we invest in the aged? *J of Geriatric Cardiology* 2012;9:68 - 75. DOI: <https://dx.doi.org/10.3724/SP.J.1263.2012.00068>
- [6] J. Myers, M. Prakash, V. Froelicher, D. Do, S. Partington, J.E. Atwood, "Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing", *N Engl J Med*, vol. 346, no. 11, pp. 793- 801, 2002. DOI: <https://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa011858>
- [7] Suaya JA, Stason WB, Ades PA, Normand SL, Shepard DS. Cardiac rehabilitation and survival in older coronary patients. *J Am Coll Cardiol* 2009;54:25-33 DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2009.01.078>
- [8] Sugiura M, Hiraoka K, Ohkawa S. Severity of coronary sclerosis in the aged: a pathological study in 968 consecutive autopsy cases. *Jpn Heart J* 1976;17:471-478
- [9] R.Menezis, Carl JL, Daniel EF, Ross AA, Richard VM, Barry AF. Cardiac Rehabilitation in the elderly *Progress of Cardiovascular Disease* 2014;57:152-159 DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.pcad.2014.01.002>
- [10] K. Liou, S. Ho, J. Fildes, S.Y. Ooi, "High Intensity Interval versus Moderate Intensity Continuous Training in Patients with Coronary Artery Disease: A Meta-analysis of Physiological and Clinical Parameters", *Heart Lung Circ*, vol. 25, no. 2, pp. 166-174, 2016 DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.hlc.2015.06.828>
- [11] Loe H, Steinshamm S, Wisloff U "Cardio-Respiratory Reference Data in 4631 Healthy Men and Women 20-90 YHears: The HUNT 3 Fitness Study" *PLOS ONE* 9(11): e113884 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113884> DOI: <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0113884>
- [12] Osteras H, Hoff J, Helgerud J. Effects of high-intensity endurance training on maximal oxygen consumption in healthy elderly people. *J Appl Gerontol*. Vol 24, pp377 -87, 2005. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s00421-002-0717-y>
- [13] O. Rognmo, E. Hetland, J. Helgerud, J. Hoff, S.A. Slordahl, "High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease", *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, vol. 11, no. 3, pp. 216-222, 2004.
- [14] E. Warburton, D.C. McKenzie, M.J. Haykowsky, A. Taylor, P. Shoemaker, A.P. Ignaszewski, S.Y. Chan, "Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease", *Am J Cardiol*, vol. 95, no. 9, pp. 1080-1084, 2005. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.12.063>
- [15] G.G. Cardozo, R.B. Oliveira, P.T. Farinatti, "Effects of high intensity interval versus moderate continuous training on markers of ventilatory and cardiac efficiency in coronary heart disease patients", *ScientificWorldJournal*, vol. 2015, pp. 192479, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.1155/2015/192479>
- [16] Storen, O. Helgerud, J. Saebo, M. Stoa, E. M. "The Effect of Age on the V O2max Response to High-Intensity Interval Training" *Med Sci Sports Exerc* vol 49, 1, pp78-85, 2016 DOI: <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0000000000001070>
- [17] American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Guidelines for Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Programs. 4th edition. Champaign, Ill: Human Kinetics; 2004. Chapter 4, Cardiac Rehabilitation in the Inpatient and Transitional Settings;31-51.
- [18] Keteyian SJI, Hibner BA, Bronsteen K, Kerrigan D et al. "Greater improvement in cardiorespiratory fitness using higher-intensity interval training in the standard cardiac rehabilitation setting." *J Cardiopulm Rehabil Prev* , vol. 34, no. 2, pp. 98-105, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.1097/HCR.0000000000000049>
- [19] Schopfer, D. W. Forman, D. E. "Cardiac Rehabilitation in Older Adults" *Can J Cardiol*, vol. 32, no. 9, pp. 1088-96, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.cjca.2016.03.003>
- [20] ijssen DH, Cable NT, Green DJ. Impact of exercise training on arterial wall thickness in humans. *Clin Sci*. vol.122, no. 7, pp. 311-22 2012. DOI: <https://dx.doi.org/10.1042/CS20110469>
- [21] Molmen-Hansen HE, Stolen T, Tjonna AE, Aamot IL, Ekeberg IS, Tyldum GA, Wisloff U, Ingul CB, Stoylen A. "Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients." *Eur J Prev Cardiol*, vol. 19, pp.151-160, 2012. DOI: <https://dx.doi.org/10.1177/1741826711400512>
- [22] Haram PM, Kemi OJ, Wisloff U. "Adaptation of endothelium to exercise training: insights from experimental studies." *Front Biosci*. vol. 13, pp. 336-46, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.2741/2683>
- [23] Myers J, Prakash M, Froelicher V, et al. "Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing" *N Engl J Med*. vol. 346, pp. 793-801, 2002. DOI: <https://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa011858>
- [24] R. Hambrecht, A. Wolf, S. Gielen, A. Linke, J. Hofer, S. Erbs, N. Schoene, G. Schuler, "Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease", *N Engl J Med*, vol. 342, no. 7, pp. 454-460, 2000. DOI: <https://dx.doi.org/10.1056/nejm200002173420702>
- [25] Frengley, J. D. Sansone, G. R. Alba, A. et al. "Influence of age on rehabilitation outcomes and survival in post-acute inpatient cardiac rehabilitation" *J Cardiopulm Rehabil Prev* vol. 31, no. 4, pp. 230-8, 2011. DOI: <https://dx.doi.org/10.1097/HCR.0b013e318207d314>
- [26] P. Older, "Anaerobic threshold, is it a magic number to determine fitness for surgery?", *Perioper Med (Lond)*, vol. 2, no. 1, pp. 2, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.1186/2047-0525-2-2>

- [27] H. Zheng, M. Luo, Y. Shen, Y. Ma, W. Kang, "Effects of 6 months exercise training on ventricular remodelling and autonomic tone in patients with acute myocardial infarction and percutaneous coronary intervention", *J Rehabil Med*, vol. 40, no. 9, pp. 776-779, 2008.
DOI: <https://dx.doi.org/10.2340/16501977-0254>
- [28] K.D. Currie, J.B. Dubberley, R.S. McKelvie, M.J. MacDonald, "Low-volume, high-intensity interval training in patients with CAD", *Med Sci Sports Exerc*, vol. 45, no. 8, pp. 1436-1442, 2013.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e31828bbbd4>
- [29] E.A. Rocco, D.M. Prado, A.G. Silva, J.M. Lazzari, P.C. Bortz, D.F. Rocco, C.G. Rosa, V. Furlan, "Effect of continuous and interval exercise training on the PETCO2 response during a graded exercise test in patients with coronary artery disease", *Clinics (Sao Paulo)*, vol. 67, no. 6, pp. 623-628, 2012.
- [30] A.D. Elliott, K. Rajopadhyaya, D.J. Bentley, J.F. Beltrame, E.C. Aromataris, "Interval training versus continuous exercise in patients with coronary artery disease: a meta-analysis", *Heart Lung Circ*, vol. 24, no. 2, pp. 149-157, 2015.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.hlc.2014.09.001>
- [31] J.D. Bartlett, G.L. Close, D.P. MacLaren, W. Gregson, B. Drust, J.P. Morton, "High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence", *J Sports Sci*, vol. 29, no. 6, pp. 547-553, 2011.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/02640414.2010.545427>
- [32] J.B. Coquart, C. Lemaire, A.E. Dubart, D.P. Luttenbacher, C. Douillard, M. Garcin, "Intermittent versus continuous exercise: effects of perceptually lower exercise in obese women", *Med Sci Sports Exerc*, vol. 40, no. 8, pp. 1546-1553, 2008.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e31816fc30c>
- [33] M. Juneau, N. Roy, A. Nigam, J.C. Tardif, L. Larivee, "Exercise above the ischemic threshold and serum markers of myocardial injury", *Can J Cardiol*, vol. 25, no. 10, pp. e338-341, 2009.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0828-282X\(09\)70718-4](https://doi.org/10.1016/S0828-282X(09)70718-4)
- [34] M. Noel, J. Jobin, A. Marcoux, P. Poirier, G.R. Dagenais, P. Bogaty, "Can prolonged exercise-induced myocardial ischaemia be innocuous?", *Eur Heart J*, vol. 28, no. 13, pp. 1559-1565, 2007.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehm152>
- [35] U. Wisloff, A. Stoylen, J.P. Loennechen, M. Bruvold, O. Rognmo, P.M. Haram, A.E. Tjonna, J. Helgerud, S.A. Slordahl, S.J. Lee, V. Videm, A. Bye, G.L. Smith, S.M. Najjar, O. Ellingsen, T. Skjaerpe, "Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study", *Circulation*, vol. 115, no. 24, pp. 3086-3094, 2007.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1161/circulationaha.106.675041>

김 지 희(Ji Hee Kim)

[종신회원]



•2014년 3월 ~ 현재 : 원광대학교
병원 재활의학과 조교수

<관심분야>

뇌졸중, 심장재활