

박출률 감소 심부전 환자에서 리컴벤트 사이클 운동의 안전성과 훈련 효과

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2020.8.1.19>

대한심장호흡물리치료학회지 제8권 제1호 2020, PP.19-25

■ 송중섭¹, 류호열¹, 강석민^{2*}

■ ¹연세의료원 용인 세브란스병원 재활의학팀, ²연세의료원 신촌 세브란스 심장혈관병원 심장내과

The Effect and Safety of Recumbent Cycle Exercise in Patients with Heart Failure with Reduced Ejection Fraction

Jung-Sub Song PT¹, Ho-Youl Ryu PT, PhD¹, Seok-Min Kang MD, PhD^{2*}

¹Rehabilitation Medical Team, Yong-In Severance Hospital, Yonsei University Health System, Yong-In, Korea

²Dept. of Cardiology, Severance Cardiovascular Hospital, Yonsei University Health System, Seoul, Korea

Purpose : Higher levels of peak oxygen consumption and maximal aerobic capacity in patients with heart failure (HF) can lead to improvement of clinical outcomes such as morbidity and mortality. For this reason, cardiac rehabilitation (CR) should be applied to maximize HF patients' aerobic capacity. However, several precautions are necessary due to unexpected cardiac adverse events in case of HF with reduced ejection fraction (HFrEF). The purpose of this study is to investigate the effect and safety of recumbent cycle exercise and regular training in order to apply a CR program for HFrEF patients. **Methods** : 72 HFrEF patients completed a cardiopulmonary exercise test and a knee extensor maximal voluntary isometric contraction (MVIC) and muscle power (MP) test at baseline. 12 HFrEF patients completed recumbent cycle exercise training (50 minutes, three times per week) for 24 sessions, followed by a post-test. **Results** : The study population consisted of 12 HFrEF patients (age 57.5± 10.8 years, all male). All subjects completed 24 training session without adverse events. Compared to baseline, the peak VO₂ and six minute walking distance were significantly improved by 16% (p=0.003) and 18% (p<0.001) respectively. Knee extensor MVIC and MP were significantly improved by 18% (p=0.002) and 21% (p=0.012) respectively. **Conclusion** : Our study showed that recumbent cycle exercise could be an effective and safe exercise training method to increase aerobic capacity and leg muscle strength in HFrEF patients.

Key words : Heart failure, Recumbent cycle, Peak VO₂, Muscle strength, Exercise training

Received : May 19, 2020 / **Revised** : June 07, 2020 / **Accepted** : June 10, 2020

I. 서론

심장은 산소와 영양소를 조직에 전달할 수 있도록 혈액을 전신으로 순환시키는 역할을 한다. 이와 같은 전신 순환에 큰 영향을 미치는 요소는 심근 수축력이다. 심근 수축력은 심실 확장기 말 용적(end-diastolic volume)과 수축기 말 용적(end-systolic volume)의 비율인 박출률 (ejection fraction; EF)로 평가하는데 EF 55% 미만인 경우를 심실 기능 감소로 진단한다(강석민 등, 2016). HF 환자는 최대 유산소 운동능력과 삶의 질이 저하되고 재입원율과 사망률이 높아 임상적으로 예후가 좋지 않다. 특히, EF 40% 미만인 박출률 감소 심부전(heart failure with reduced ejection fraction; HFrEF) 환자는 고위험 군으로 분류되어 운동 검사와 운동 훈련에서도 면밀한 주의가 요구된다(Yancy 등,

2013). HFrEF 환자의 최대 유산소 능력 증진을 통한 임상적 예후 개선(Kim 등, 2016)을 위한 목적으로 진행되는 심장 재활 운동 훈련은 보편적으로 트레드밀보다는 사이클 에르고미터를 이용하는 추세에 있다(Chrysohoou 등, 2015; Forestien 등, 2016). 특히, 사이클 에르고미터 훈련에 있어 직립(upright) 자세 보다는 비스듬히 누운 리컴벤트(recumbent) 자세에서 운동 시 심근 부담지수가 낮은 이점이 있다는 연구자들의 보고가 있었다(Egana 등, 2010; 류호열 등, 2014). 그러므로 고위험 군에 해당하는 HFrEF 환자를 대상으로 리컴벤트 사이클 최대운동이 트레드밀 최대운동과 비교하여 심근 부담지수를 어느 정도 경감시키는 지 연구해볼 필요가 있으며, 일정 기간의 리컴벤트 사이클 운동 훈련의 안전성과 훈련 효과에 관해 연구해 볼 필요가 있다.

교신저자: 강석민

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

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 Y 의료원 심장 센터에 내원한 남성 HFrEF 환자 72명을 대상으로 하였다. 기본 신체적성(physical fitness)을 측정하기 위해 운동 부하 심폐기능(cardiopulmonary exercise; CPX) 검사와 하지 근력검사를 하였다. 모든 검사를 마친 후, 본 연구의 목적과 리컴버트 사이클 훈련 프로그램의 구성, 훈련의 기대 효과 등에 관해 설명하였으며, 프로그램에 참여를 희망한 12명의 환자(실험군)를 대상으로 서면 동의를 받았다. 본 연구에 참여한 대상자들의 일반적 특성은 다음과 같다(표 1).

2. 연구 방법

심장내과 전문의의 CPX 검사 처방을 받아 센터에 방문한 총 72명의 남성 HFrEF 환자를 대상으로 기본 신체적성을 측정하기 위해 CPX 검사와 하지 근력검사를 하였다. 검사 결과를 바탕으로 가정 중심 운동교육을 한 후 센터 중심 리컴버트 사이클 운동 훈련 프로그램의 구성과 기대 효과를 설명하였다. 센터 중심 훈련 프로그램에 참여를 희망한 12명의 남성 HFrEF 환자를 대상으로 서면 동의를 받은 후, 6분 보행 검사와 훈련 강도 설정을 위한 리컴버트 사이클 점중 부하 최대운동 검사를 추가로 시행하였다. 회당 50분, 주 3회, 총 24회의 훈련 프로그램을 마친 후, 훈련 전과 같은 검사를 시행하였다. 리컴버트 훈련 프로그램 참여를 희망하지 않았던 대조군(60명)에 대해서는 CPX 검사와 근력검사 등 기본 신체적성 검사결과를 바탕으로 운동처방 및 운동교육을 진행하고 가정 중심 운동을 수행하도록 하였다.

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성

	Experimental (n=12)	Control (n=60)	P value
Age(yrs)	57.5±10.8	59.33±13.7	NS
Male(%)	12 (100%)	60 (100%)	NS
Height(cm)	169.1±5.7	168.1±6.7	NS
Weight(kg)	73.1±12.8	68.3±13.7	NS
BMI(kg/m ²)	25.5±3.7	24.0±3.9	NS
HR(bpm)	77.5±10.8	86.7±18.4	NS
SBP(mmHg)	93.7±10.6	109.5±19.4	.008 *
LVEF(%)	25.9±9.5	26.9±7.8	NS
Ischemic(%)	7 (58%)	32 (53%)	NS

BMI: body mass index, HR: heart rate, SBP: systolic blood pressure, LVEF: left ventricular ejection fraction, NS: no significant *: P<.05, M±SD

3. 훈련 방법

실험군의 회당 50분, 주 3회, 총 24회로 구성된 리컴버트 사이클 운동 훈련 프로그램의 구성은 다음과 같다.

1) 준비운동

리컴버트 사이클 운동 훈련 전 5분 동안 센터 내에 설치된 트랙을 가볍게 보행하며 5분 동안 준비운동을 실시하였다.

2) 근력 운동

리컴버트 사이클 점중 부하 최대운동 검사에서 측정된 연구 대상자들의 MW를 바탕으로 훈련 강도를 설정하였다. 근력 운동은 20분으로 구성하였으며, 근 적성 증진을 목표로 20rpm의 저속 페달링 동안 고부하(100% MW, 20초)와 저부하(10% MW, 40초)가 20분 동안 반복 제공되도록 하였다. 운동 자각도를 기반으로 대상자가 ‘힘들다(15점)’고 느끼면 자율적으로 휴식을 취하도록 하였다.

3) 유산소 운동

리컴버트 사이클 점중 부하 최대운동 검사에서 측정된 연구 대상자들의 MW를 바탕으로 운동 강도를 설정하였다. 유산소 운동은 20분으로 구성하였으며, 심폐 적성 증진을 목표로 40% MW의 부하를 제공한 후 60rpm 이상의 속도로 페달링을 유지하도록 하였다. 운동 자각도를 기반으로 대상자가 ‘힘들다(15점)’고 느끼면 자율적으로 휴식을 취하도록 하였다.

4) 마무리 운동

리컴버트 사이클 근력 운동 20분, 유산소 운동 20분을 모두 마친 후 5분 동안 트랙을 가볍게 보행하며 마무리 운동을 시행하였다.

훈련 중 심전도는 무선 심전도 감시 장비(Telemetry, Philips, USA)를 이용하였으며, 산소포화도와 심박수는 리컴버트 사이클에 내장된 장비를 이용하였다.

4. 측정 도구 및 방법

1) 심폐 적성 검사

실험군(12명)과 대조군(60명)의 기본 심폐 적성을 측정하기 위해 트레드밀을 이용한 CPX 검사를 시행하였다. 급성 심장사고 예방을 위해 실시간 12 전극 심전도와 혈압 감시가 가능한 트레드밀 운동부하 검사 시스템(treadmill exercise testing system, CASE T2100, GE, USA)을 이용하였으며, 호흡 가스 분석은 Quark gas analyze system(COSMED, Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 점중 부하 최대운동 검사에 이용한 프로토콜은 운동 강도가 미세하게 증가하는 Bruce ramp protocol이다. 안정 시 심박수와 수축기 혈압 등 활력 징후(vital sign)를 측정한 후 운동

검사를 시작하였으며, 3분마다 재 측정하였고 최대운동 시 활력 징후를 측정하였다. 특히, 최대운동 시 측정된 심박수와 수축기 혈압을 곱한 후 100으로 나눈 값을 심근 부담지수(rate pressure product; RPP)로 사용하였다. 운동 검사 중 측정된 산소 섭취량, 이산화탄소 발생량 등의 호흡 가스 변인은 2초마다 측정된 자료를 20초 평균값으로 나누어(filtering) 분석하였다(Youn 등, 2016).

2) 하지 근 적성 검사

실험군(12명)과 대조군(60명)의 하지 근 적성을 측정하기 위해 등속성(isokinetic) 근력 측정 장비(BTE primus RS, Baltimore therapeutic equipment tech, USA)를 이용하였다. 무릎관절 신전근의 등척성 최대근력(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 측정하기 위해 검사장비에 앉은 후 흉부, 골반, 대퇴의 불필요한 보상 운동을 방지하기 위해 끈으로 고정하였으며 무릎관절 45도 굴곡 자세에서 3회 반복 측정하였다. MVIC 3회 측정값의 평균값을 통계 분석에 이용하였다. 각 측정 사이의 휴식시간은 최대근력 발현에 영향을 미치지 않는 최소의 휴식 시간인 1분으로 하였다(Allen, 2004). MVIC 측정을 마친 후 무릎관절 신전근의 근 파워(muscle power; MP)를 측정하였다. 체중이 다른 모든 대상자에게 표준화된 저항을 제공하기 위하여 체중의 20%에 해당하는 저항을 제공하였으며, 10회 최대의 힘과 속도로 신전하도록 하여 측정된 5회 최댓값을 평균으로 나누어 통계 분석에 이용하였다.

3) 리컴벤트 사이클 점증 부하 최대운동 검사

실험군 12명을 대상으로 훈련 강도를 설정하기 위하여 리컴벤트 사이클 점증 부하 최대운동 검사를 시행하였다. 검사에 이용한 장비는 Smart recumbent bicycle system(SRB200H, Korea) 이다(그림 1). 안정 시 활력 징후를 측정한 후 10 watt의 부하에서 60rpm의 속도로 검사를 시작하였다. 1분마다 10 watt 씩 부하가 증가하도록 하여 최대부하 120 watt로 12분 동안 진행하



그림 1. 리컴벤트 사이클 에르고미터

였다. 연구 대상자가 검사자의 독려에도 불구하고 60rpm의 속도를 10초 이상 유지하지 못하고 중단한 부하를 최대부하(maximal workload; MW)로 결정하고 검사를 중단하였다. 운동 검사 중 활력 징후는 CPX 검사와 함께 3분마다 재 측정하였다. 리컴벤트 사이클 최대운동 검사 중 활력 징후와 심전도 감시는 CPX 검사 장비를 이용하였다.

4) 트레드밀과 리컴벤트 최대운동 시 안전성

연구 대상자들의 트레드밀과 리컴벤트 사이클 최대운동 시 안전성을 분석하기 위하여 활력 징후와 심장 관련 흉통 및 근골격계 관련 통증을 조사하였다. 통증 정도는 시각 통증 척도(visual analog scale; VAS)를 이용하였다. 연구 대상자들에게 ‘VAS 0점’은 전혀 통증이 없는 상태이고 ‘VAS 10점’은 최악의 통증을 의미한다고 설명한 후, 대상자들이 최대 운동 시 느낀 통증 부위와 정도를 주관적으로 결정하도록 하였다.

5. 분석 방법

본 연구에서 측정한 모든 데이터는 SPSS ver. 25.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 대상자들의 일반적 특성을 알아보기 위해 기술 통계를 이용하였다. 실험군과 대조군의 기본 신체적성은 독립표본 t-검정을 이용하였다. 실험군의 훈련 전과 후의 신체적성 변화는 대응표본 t-검정을 이용하였다. 실험군의 훈련 전과 후 신체적성과 대조군의 기본 신체적성의 집단 간 차이는 반복측정 분산분석을 이용하였으며 Bonferroni 사후검정을 시행하였다. 실험군의 트레드밀 최대운동 검사와 리컴벤트 사이클 최대운동 검사의 최대 운동 시 활력 징후와 통증 정도의 차이는 대응표본 t-검정을 이용하였다. 통계학적 유의 수준은 .05로 정하였다.

Ⅲ. 연구결과

리컴벤트 사이클 운동 프로그램에 참여를 희망했던 12명의 환자 모두 24회의 훈련 프로그램을 안전하게 완료하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1) 실험군과 대조군의 기본 신체적성

리컴벤트 사이클 훈련에 참여를 희망한 실험군(12명)과 대조군(60명)의 기본 신체적성을 분석한 결과는 다음과 같다(표 2). 실험군의 훈련 전 최고 산소 섭취량은 17.37 ± 5.25 ml/kg/min으로 대조군의 최고 산소 섭취량(21.51 ± 5.65 ml/kg/min)보다 23%가량 유의하게 낮았다($p=.022$). 그러나 CPX 운동 지속 시간, MVIC와 MP는 유의한 차이가 없었다.

2) 트레드밀 최대운동과 리컴벤트 사이클 최대운동 시 활력 징후와 통증

실험군 12명을 대상으로 한 트레드밀 최대운동과 리컴벤트 사이클 최대운동 시 활력 징후의 차이는 다음과 같다(표 3).

리컴벤트 사이클 최대운동 시 심박수는 109.2 ± 31.7 bpm으로 트레드밀(128.7 ± 32.0 bpm)보다 16% 정도 유의하게 감소하였다($p=.015$). 리컴벤트 사이클 최대운동 시 수축기 혈압은 103.1 ± 19.4 mmHg로 트레드밀(118.0 ± 24.4 mmHg)보다 13% 가량 유의하게 감소하였다($p=.014$). 리컴벤트 사이클 최대운동 시 심근 부담 지수는 113.9 ± 43.0 으로 트레드밀(153.5 ± 55.5)보다 26%가량 유의하게 감소하였다($p=.002$). 트레드밀 최대운동 시 무릎관절 통증을 호소한 환자는 5명(42%)으로 VAS는 4.3 ± 1.0 이었으나, 리컴벤트 최대운동 시 0.9 ± 0.9 로 유의하게 감소하였다($p<.001$). 요통과 흉통을 호소한 환자는 각각 1명으로 트레드밀보다 리컴벤트에서 VAS가 모두 감소하였다. 최대 운동 시 흉통을 호소한 1명의 환자에서 흉통이 발생한 심박수는 트레드밀에서 122 bpm이었고, 리컴벤트에서는 137 bpm이었다.

3) 리컴벤트 사이클 훈련 전과 후의 훈련 효과

리컴벤트 사이클 훈련에 참여한 실험군의 회당 50분, 주 3회, 총 24회 훈련 효과는 다음과 같다(표 4).

표 2. 실험군과 대조군의 기본 신체적성

	Experimental (n=12)	Control (n=60)	p value
Peak VO ₂ (ml/kg/min)	17.37 ± 5.25	21.51 ± 5.65	.022*
Exercise time (sec)	550.4 ± 257.1	595.6 ± 190.1	.482
MVIC (N)	424.4 ± 104.2	410.3 ± 114.7	1.000
MP (watt)	155.6 ± 45.5	157.2 ± 71.9	.940

VO₂: oxygen uptake, MVIC: maximal voluntary isometric contraction, MP: muscle power, *:P<.05, mean±SD

표 3. 트레드밀과 리컴벤트 사이클 최대운동 시 활력 징후와 통증

	Treadmill (n=12)	Recumbent (n=12)	P value
HR max (bpm)	128.7 ± 32.0	109.2 ± 31.7	.015*
SBP max (mmHg)	118.0 ± 24.4	103.1 ± 19.4	.014*
RPP max (bpm*mmHg/100)	153.5 ± 55.5	113.9 ± 43.0	.002*
Knee pain VAS (n=5)	4.3 ± 1.0	0.9 ± 0.9	<.001**
Back pain VAS (n=1)	5	2	
Angina VAS (n=1)	7	4	
HR at angina (bpm) (n=1)	122	137	

HR: heart rate, SBP: systolic blood pressure, RPP: rate pressure product, VAS: visual analog scale, *:P<.05, **:P<.001, mean±SD

6분 보행 거리는 훈련 전 433.7 ± 106.7 m에서 훈련 후 512.7 ± 80.3 m로 18%가량 유의하게 증가하였다($p<.001$). 훈련 전 최고 산소 섭취량은 17.37 ± 5.25 ml/kg/min에서 훈련 후 20.22 ± 5.78 ml/kg/min으로 16%가량 유의하게 증가하였다($p=.003$). 훈련 전 CPX 운동 검사 수행시간은 550.4 ± 257.0 초에서 훈련 후 635.1 ± 229.5 초로 15%가량 유의하게 증가하였다($p=.005$). 무릎관절 신전근 MVIC는 훈련 전 424.4 ± 104.2 N에서 훈련 후 499.6 ± 115.9 N으로 18%가량 유의하게 증가하였다($p=.002$). 대상자 체중의 20% 부하를 제공한 후 측정된 MP는 훈련 전 155.6 ± 45.5 watt에서 훈련 후 187.6 ± 55.0 watt로 21%가량 유의하게 증가하였다($p=.012$). 그러나 호흡 가스 및 활력 징후는 훈련 전과 후에 유의한 변화를 보이지 않았다.

4. 실험군의 훈련 전과 후, 대조군의 기본 신체적성에 대한 반복측정 분산분석

리컴벤트 사이클 훈련에 참여한 실험군의 훈련 전과 후, 대조군의 기본 신체적성의 집단 간 차이를 분석하기 위해 실시한 반복 측정 분산분석 결과는 다음과 같다(표 5).

실험군의 훈련 전과 대조군의 최고 산소섭취량의 집단 간 차이는 유의한 경향을 보였으나($p=.066$), 실험군의 훈련 후 최고 산소섭취량과 대조군의 최고 산소섭취량은 유의한 차이가 나지 않았다. 실험군의 훈련 전 MVIC는 대조군과 유의한 차이가 나지 않았으나, 실험군의 훈련 후 MVIC는 대조군과 유의한 집단 간 차이를 보였다($p=.045$). 그러나 실험군의 훈련 전과 후의 CPX 운동 지속시간, MP는 대조군의 기본 신체적성과 유의한 집단 간 차이를 보이지 않았다.

표 4. 리컴벤트 사이클 훈련 효과

	Pre-training	Post-training	p value
6 MWD (m)	433.7 ± 106.7	512.7 ± 80.3	<.001**
Peak VO ₂ (ml/kg/min)	17.37 ± 5.25	20.22 ± 5.78	.003*
Exercise time (sec)	550.4 ± 257.0	635.1 ± 229.5	.005*
MVIC (N)	424.4 ± 104.2	499.6 ± 115.9	.002*
MP (watt)	155.6 ± 45.5	187.6 ± 55.0	.012*
RER	1.06 ± 0.12	1.05 ± 0.08	.772
V slope	57.56 ± 34.42	49.10 ± 18.16	.408
HR rest (bpm)	77.5 ± 10.82	79.08 ± 12.99	.500
HR max (bpm)	128.75 ± 32.02	135.17 ± 32.21	.180
SBP rest (mmHg)	93.67 ± 10.51	91.33 ± 7.93	.283
SBP max (mmHg)	118.0 ± 24.43	120.17 ± 26.86	.712

6 MWD: 6 minutes walking distance, VO₂: oxygen uptake, MVIC: maximal voluntary isometric contraction, MP: muscle power, RER: respiratory exchange ratio, HR: heart rate, SBP: systolic blood pressure, *:P<.05, **:P<.001, mean±SD

표 5. 실험군의 훈련 전과 후, 대조군의 집단 간 차이

	Pre-training (n=12)	Post-training (n=12)	Control (n=60)	p value
Peak VO ₂ (ml/kg/min)	17.37±5.25	20.22±5.78	21.51±5.65	.066
Exercise time (sec)	550.4±257.0	635.1±229.5	595.6±190.1	.603
MVIC (N)	424.4±104.2	499.6±115.9	410.3±114.7	.045 *
MP (watt)	155.6±45.5	187.6±55.0	157.2±71.9	.341

VO₂: oxygen uptake, MVIC: maximal voluntary isometric contraction, MP: muscle power, *:P<.05, mean±SD

IV. 고 찰

본 연구는 고위험군 HFrEF 환자의 리컴버트 사이클 최대운동 시 심근 부담지수가 트레드밀과 어떠한 차이가 있으며, 규칙적인 리컴버트 사이클 운동 훈련의 안전성과 효과를 알아보고자 진행되었다. 12명의 HFrEF 환자를 대상으로 리컴버트 사이클과 트레드밀 최대운동 시 심근 부담지수에 대해 비교, 분석하였고 리컴버트 사이클 운동의 효과에 관해 연구하였다. 리컴버트 사이클 최대운동 시 활력 징후는 트레드밀보다 최대 심박수(약 16%), 수축기 혈압(약 13%), 심근 부담지수(약 26%) 모두 유의하게 감소하는 특성이 있었다. 트레드밀은 바로 선 자세에서 운동하기 때문에 비스듬히 누운 자세에 비해 심장 부담이 높은 특성이 있다. Gibbons 등(1987)이 관상동맥 폐쇄성 환자를 대상으로 누운 자세 사이클 점증 부하 최대운동 검사를 하면서 방사성 핵종 심실 조영술(radio-nuclide ventriculography)을 통해 심근의 허혈을 분석한 결과, 820명 중 27명(3%)에서 심근 허혈이 발생했다고 하였다. 이 결과는 이 전에 시행된 선행연구의 트레드밀 최대운동 시 5% 비율에서 심근 허혈이 발생했다고 보고한 Morris 등(1978)의 연구와 7% 비율에서 심근 허혈이 발생했다고 보고한 Hammermeister 등(1983)의 연구에 비해 낮았으며, 그 이유로 누운 자세가 바로 선 자세에 비해 왼 심실 용적(ventricular volume)과 1회 박출량(stroke volume)을 증가시키기 때문이라고 하였다. 본 연구결과, 트레드밀 운동 중 흉통 발생 환자 1명의 VAS는 7점이었으나, 리컴버트 사이클 최대운동 시에는 4점으로 감소하였으며, 트레드밀에서는 122 bpm에서 흉통을 호소하였으나 리컴버트 사이클에서는 137 bpm에서 흉통을 호소하여 흉통 발생역치가 높아진 것을 확인하였다. 이 결과는 Gibbons 등(1987)이 언급한 바와 같이 왼 심실 용적과 1회 박출량 증가로 인한 관상동맥 혈류 증가로 심근 허혈의 발생이 지연된 것으로 생각된다. Denis와 Perrey(2006)는 직립 자세 사이클이 누운 자세 사이클보다 최대 심박수와 수축기 혈압이 평균 12.4±7.7 bpm, 9.2±0.7 mmHg 정도 높았다고 보고하였다. 또한, 류호열

등(2014)이 20대 일반인 12명을 대상으로 직립 사이클과 리컴버트 사이클 최대운동 시 심근 부담지수를 분석한 결과에서도 리컴버트 사이클 최대운동이 직립 사이클보다 12% 정도 유의하게 감소(p=.022)했다고 하였다. 선행연구와 본 연구결과로 미루어 볼 때, 비스듬히 누운 자세에서 실시하는 리컴버트 사이클 운동은 트레드밀이나 직립 사이클보다 심장 부담을 낮추고 운동 중 통증을 감소시킨 자세로 안전하게 훈련할 수 있어 고위험 군에 해당하는 HFrEF 환자에게 적합할 것으로 사료된다.

12명의 HFrEF 환자를 대상으로 한 리컴버트 사이클을 이용한 훈련 효과를 비교한 결과, 총 24회의 운동 훈련 기간에 발작성 심실빈맥(ventricular tachycardia)과 같은 응급상황은 발생하지 않았으며, 훈련 전보다 훈련 후 무릎관절 신전근 MVIC(18%)와 MP(21%) 등 근 적성과 6분 보행 거리(18%), 최고 산소 섭취량(16%), CPX 검사 수행시간(15%) 등 심폐 적성 모두 유의하게 증가하였다. Smart 등(2004)이 만성 HF 환자 2,387명을 대상으로 최고 산소 섭취량의 60% 강도 유산소 훈련의 효과를 문헌 고찰(systemic review)한 결과, 하지 근력이 약 9% 증가했다고 보고 하였다. 또한, Levinger 등(2005)이 만성 HF 환자(57±11 세, 8명)를 대상으로 1회 최대반복 중량(1 repetition maximum; 1RM)의 40~60% 저항으로 점증 부하 근력 훈련을 한 결과, 하지 근력이 21% 정도 상승했다고 보고하였다. 본 연구에서 리컴버트 사이클 근력운동(100% 고부하, 10% 저부하 인터벌, 20rpm 저속 페달링)으로 무릎관절 신전근 MVIC가 18%, MP가 21% 정도 상승한 결과로 미루어 볼 때, 일반적인 유산소 운동 훈련보다 리컴버트 사이클 근력 운동법이 하지 근 적성 향상에 효과가 높았음을 알 수 있었다.

한편, HF 환자를 대상으로 한 Smart와 Steele(2012)의 연구에서 직립 사이클 에르고미터를 이용해 최고 산소 섭취량의 70% 강도로 고강도 인터벌 훈련(high intensity interval training; HIIT)을 회당 30분, 주 3회, 16주 수행 후 최고 산소 섭취량이 21% 정도 상승했다는 보고가 있었으며, 33명의 HF 환자를 대상으로 심폐 적성 향상을 연구한 Chrysohoou 등(2015)의 연구에서는 MW의 100% 강도(30초)와 휴식(30초)을 45분 동안 반복하는 HIIT 후, 6분 보행 거리가 13%, 최고 산소 섭취량이 31% 정도 상승했다는 선행연구들과 비교할 때, 본 연구의 최고 산소 섭취량 상승률(16%)은 상대적으로 제한적이었다. 이 결과는 고위험 군에 해당하는 HFrEF 환자를 대상으로 고강도와 저강도를 반복하는 HIIT 방식보다는 지속 유산소 운동 훈련방식을 적용했기 때문으로 것으로 생각된다.

실험군의 훈련 전과 대조군의 기본 신체적성을 비교한 연구에서는 실험군의 최고 산소 섭취량이 대조군보다 20%가량 유의하게 낮은 특성을 보였으며(p=.022), MVIC와 MP 등 근 적성은 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 심폐 적성이 낮은 환자들의 센터 중심 심장 재활 운동치료 참여도가 더욱 높았음을 의미한다.

그러므로 HFrEF 환자를 위한 안전한 운동치료 프로그램의 연구와 센터 보급이 더욱 활성화되어야 할 것이다.

한편, 실험군의 훈련 전과 후 신체적성과 대조군의 기본 신체적성의 집단 간 차이를 분석하기 위해 실시한 반복측정 분산분석 결과에서는 실험군의 훈련 전 최고 산소섭취량과 대조군의 최고 산소섭취량이 낮은 경향을 보였으며($p=.066$), 훈련 후 최고 산소섭취량은 대조군과 유의한 차이가 나지 않았다($p=1.000$). 이 결과는 리컴버트 사이클 유산소 운동 훈련 프로그램이 심폐 적성이 낮은 HFrEF 환자에게 긍정적인 훈련 효과가 있음을 시사한다. 또한 실험군의 훈련 후 MVIC는 대조군에 비해 평균 21% 가량 높게 나타나 유의한 집단 간 차이를 보였다($p=.045$). 이 결과는 리컴버트 사이클을 이용한 저속, 고부하 페달링 운동 프로그램이 HFrEF 환자의 하지 근력을 유의하게 증가시키는데 효과가 있음을 시사한다.

본 연구를 종합해보면, 심폐 체력이 낮은 고위험군 HFrEF 환자에서 센터 중심 심장 재활 운동치료 참여도가 높았으며, 심장 부담을 줄인 운동 방법을 통해 심폐 적성과 근 적성 모두 유의하게 증가시킬 수 있었고 대조군과 비교해서도 유의한 집단 간 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러므로 리컴버트 사이클 운동 훈련 프로그램이 한국사회 센터 중심 운동치료를 보급된다면 HF 환자들의 심폐 및 근 적성 향상과 함께 삶의 질과 예후 개선, 의료비용 지출 감소에 크게 이바지할 것으로 생각한다.

본 연구의 제한점은 리컴버트 사이클 운동 프로그램에 참여한 HFrEF 환자의 수가 적었으며, 연구자가 제공한 훈련 프로그램 이외의 개인적으로 생활을 통제하지 못한 점이었다.

V. 결 론

리컴버트 사이클 최대 운동 검사와 이를 바탕으로 한 운동 프로그램의 구성 및 회당 40분, 주 3회, 총 24회의 리컴버트 사이클 운동 프로그램을 진행한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) 리컴버트 사이클 운동은 트레드밀보다 최대 심박수, 최대 수축기 혈압, 심근 부담지수, 통증 등을 유의하게 감소시키는 안전한 운동방법이다.
- 2) 총 24회의 리컴버트 사이클 운동 훈련은 HFrEF 환자의 심폐 적성과 근 적성을 유의하게 증가시켰으며 대조군에 비해 유의한 집단 간 차이를 나타냈다.

참고문헌

강석민, 윤종찬, 최현재 등. 만성 심부전 진료지침. 대한심장학회 심부전 연구회, 2016.
류호열, 윤종찬, 강석민 등. 정상인에서 리컴버트(recumbent)와

직립(upright) 사이클 운동의 심폐 반응 비교; 심부전 재활프로그램에 대한 임상적 적용 가능성 고찰. 대한 심장 호흡 물리치료학회지, 2(1);31-34, 2014.

Allen DG. skeletal muscle function: role of ionic changes in fatigue, damage and disease. *Cline EXP pharmacy physical*, 31(8);485-493, 2004.

Chrysohoou C, Angelis A, Tsitsinakis G, et al. Cardiovascular effects of high intensity interval aerobic training combined with strength exercise in patients with chronic heart failure. A randomized phase III clinical trial. *Int J Cardiol*, 20:179(20); 269-274, 2015.

Denis R, Perrey S. Influence of posture on pulmonary O₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation and myoelectrical activity during heavy-intensity exercise. *J Sports Sci Med*, 5(2);254-265, 2006.

Egana M, Riordan DO, Warmington SA. Exercise performance and VO₂ kinetics during upright and recumbent high intensity cycling exercise. *Eur J Appl Physiol*, 110(1);39-47, 2010.

Forestien P, Guizlini S, Peres M, et al. A cycle ergometer exercise improves exercise capacity and inspiratory muscle function in hospitalized patients awaiting heart transplantation: a pilot study. *Braz J Cardiovas Surg*, 31(5);389-395, 2016.

Gibbons RJ, Hu DC, Clements IP, et al. Anatomic and Functional Significance of a Hypotensive Response During Supine Exercise Radionuclide Ventriculography. *Am J Cardiol*, 60(1);1-4, 1987.

Hammermeister KE, DeRouen TA, Dodge HT, et al. Prognostic and predictive value of exertional hypotension in suspected coronary heart disease. *Am J Cardiol*, 51(8);1261-1266, 1983.

Levinger I, Bronks R, Cody DV, et al. Resistance training for chronic heart failure patients on beta blocker medications. *Int J Cardiol*, 102(3);493-499, 2005.

Morris SN, Phillips IF, Jordan JW, et al. Incidence and significance of decreases in systolic blood pressure during graded treadmill exercise testing. *Am J Cardiol*, 41(2);221-226, 1978.

Smart N, Marwick TH. Exercise training for patients with heart failure: a systematic review of factors that improve mortality and morbidity. *Am J Med*, 116(10);693-706, 2004.

Smart NA, Steele M. A comparison of 16weeks of

continuous vs intermittent exercise training in chronic heart failure patients. *Congest Heart Fail*, 18(4);205-211, 2012.

Kim C. Overview of cardiac rehabilitation. *J Korean Med Assoc*, 59(12);938-946, 2016.

Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, et al. American College of Cardiology Foundation / American Heart

Association Task Force on Practice Guidelines. *Am J Cardiol*, 62(16);e147-239, 2013.

Youn JC, Lee HS, Choi SW et al. Post-exercise heart rate recovery independently predicts clinical outcome in patients with acute decompensated heart failure. *PLoS One*, 11(5);e015434, 2016.