

리컴벤트 자전거 운동이 심방세동 환자의 심박 자율신경계 반응과 혈류역학적 변인에 미치는 영향

김성대¹, 이상화², 이희혁¹, 정일규¹

¹한남대학교 스포츠과학과, ²포항세명기독병원 순환기내과

Effects of Recumbent Bicycle Exercise on Cardiac Autonomic Responses and Hemodynamics Variables in Patients with Atrial Fibrillation

Seong Dae Kim¹, Sang Hee Lee², Hee-Hyuk Lee¹, Il Gyu Jeong¹

¹Department of Sports Science, Hannam University, Daejeon, Korea

²Department of Cardiology, Pohang Semyung Christianity Hospital, Pohang, Korea

Background: The purpose of this study is to investigate the safety and efficiency of recumbent bicycle ergometer exercise by observing heart rate variability (HRV) and hemodynamic variables in patients with atrial fibrillation.

Methods: In a balanced crossover study, 13 patients with atrial fibrillation (mean age, 62.2±5.3 years) were asked to perform a bicycle exercise twice, once in the upright position and once in the recumbent position at an angle of 30°, with a 1-week interval between both. The exercise intensity was set initially at 10 W and increased by 15 W every 2 minutes up to 70 W. HRV and hemodynamic variables were measured. All data were analyzed using one-way repeated-measures analysis of variance.

Results: Low-frequency normalization in HRV was increased with no intergroup differences immediately after exercise. The rate pressure product was significantly lower in the recumbent than in the upright position right after exercise (104.8±14.3 vs. 151.8±51.4 mmHg×beats/min×10⁻², *P*<0.01).

Conclusions: Recumbent exercise improves the safety and efficiency of cardiac rehabilitation for atrial fibrillation patients by reducing myocardial workload without compromising the activation of the autonomic nervous system that regulates cardiac activity.

Korean J Health Promot 2019;19(4):248-254

Keywords: Posture, Exercise, Atrial fibrillation, Hemodynamics

서론

심방세동(atrial fibrillation)은 심방에서 무질서한 전기의 소용돌이가 발생하는 부정맥이다.¹⁾ 심방세동 환자는 자율신경계 균형손상, 심박출량(cardiac output, CO) 저하, 운동능력 감소 등으로 인한 삶의 질 저하를 겪게 된다.²⁾ 국내 심방세동 유병률은 2015년 기준으로 0.67%로 기록되었으며 이는 1만 명당 17.1명이 심방세동 환자임을 나타내는 것이다. 2015년 기준 심방세동 유병률 통계에서 중요한 것은

■ Received: Dec. 11, 2019 ■ Revised: Jan. 3, 2020 ■ Accepted: Jan. 6, 2020

■ Corresponding author : Il Gyu Jeong, PhD

Department of Sports Science, Hannam University, 70 Hannam-ro, Daedeok-gu, Daejeon 34430, Korea

Tel: +82-42-629-7653, Fax: +82-42-629-8402

E-mail: jig1229@hanmail.net

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0867-2915

2008년에 비해 1.7배 증가하였다는 것이다.³⁾ 한편 심방세동 환자는 정상인에 비해 뇌졸중과 심부전의 빈도가 각각 5배, 3배나 높을 뿐만 아니라 불량한 예후를 보이는 것으로 보고 되면서 미국심장협회는 심방세동으로 유발되는 합병증을 예방 및 재활하기 위해 지속적인 운동훈련을 권장하고 있다.⁴⁾

심방세동과 같은 부정맥 환자를 대상으로 진행되는 운동 기반 심장재활(exercise-based cardiac rehabilitation)은 비교적 많은 연구 근거와 경험이 축적되어 있는 관상동맥 환자의 운동처방과는 달리 환자의 안전이 우선시 되어야 한다는 과도한 우려 때문에 임상현장에서는 소극적인 운동처방이 적용되고 있거나 심장재활에서 소외되고 있는 실정이다.⁵⁾ 하지만 매년 증가하는 심방세동 유병률에 따라 심방세동 환자에게 적용되는 심장재활의 안전성 및 효율성이 더욱 중요 시 되고 있다.³⁾

리컴벤트 자전거(recumbent bicycle ergometer) 운동은 직립 자전거(upright bicycle ergometer) 운동에 비해 심장재활 진행 시 안전하면서도 효율적이다.^{6,7)} 혈류역학적인 측면에서 리컴벤트 자전거는 활동근육의 관류압을 감소시킴으로써 심장으로 돌아오는 혈액량을 증가시키기 때문에 운동으로 야기되는 일시적 심근허혈을 방지할 수 있는 확실한 이점을 가지고 있다.⁷⁾ 또한 Egaña 등⁸⁾은 일회적 운동 시 15° 리컴벤트 자전거 운동은 직립 자전거 운동에 비해 1회 박출량(stroke volume, SV)과 심박출량이 유지되거나 증가됨을 보고하였으며, 특히 관상동맥 환자들을 대상으로 진행된 일회적 운동에 따른 연구에서도 직립 자전거 운동에 비해 낮은 심근산소소비량(rate pressure product, RPP)이 관찰되었다.⁹⁾

심박변이도(heart rate variability, HRV)는 발작성(paroxysmal) 심방세동이 발생하기 직전 유의하게 감소되는 것으로 나타남으로써 심방세동과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다. HRV는 심장의 건강상태를 평가하고 심장활동을 조절하는 자율신경계의 상태를 평가하는데 유용하다.¹⁰⁾ Fioranelli 등¹¹⁾은 발작성 심방세동이 발생하기 직전 HRV가 현저히 저하되어있음을 관찰하였으며 또한 심방세동을 심장율동전환(cardioversion)으로 동리듬(sinus rhythm)을 회복하였을 때 저하된 HRV가 정상적으로 돌아오는 것을 확인하였다.¹²⁾ 또한 심장 환자에게 적용되는 운동의 안전성과 심장이 받는 생리적 스트레스를 평가하기 위해 HRV가 사용된다.¹³⁾

심방세동 환자를 대상으로 리컴벤트 자전거 운동에 따른 심박 자율신경계 반응과 혈류역학적 변화가 관찰된다면 심방세동과 심장재활의 관련된 안전성을 증명하는 데에 기여할 수 있을 것으로 생각한다. 따라서 본 연구의 목적은 HRV, 혈류역학적 변인을 관찰하여 심방세동 환자에 대한 리컴벤트

자전거 운동의 안전성과 효율성을 조사하는 것이다.

방 법

1. 연구 대상

본 연구에서는 최소 1년간 특별한 운동프로그램에 참여하지 않으며 만성 심부전(chronic heart failure, CHF) 등급(New York Heart Association classes) 중 I-II 등급에 해당되는 40대 이상 70대 미만의 발작성(paroxysmal) 또는 지속성(persistent) 심방세동 환자를 대상으로 실험을 진행하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 표 1과 같다.

2. 실험절차

본 연구의 대상자들은 일주일 단위로 동일한 요일과 시간대에 맞춰 2회의 실험에 참여하였다. HRV에 영향을 미칠 수

Table 1. Characteristics of participants

Characteristic	Patients (n=13)
Male sex	10 (76.9)
Age, y	62.2±5.3
Paroxysmal atrial fibrillation	7 (53.8)
Height, cm	166.1±9.2
Weight, kg	70.6±10.5
Body mass index, kg/m ²	24.9±2.8
Peak VO ₂ , mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	21.9±8.7
Medical history	
Stroke	1 (7.7)
Diabetes mellitus	1 (7.7)
Hypertension	3 (23.1)
Coronary artery disease	3 (23.1)
Medication at baseline	
Antiplatelet therapy	1 (7.7)
Anticoagulation	10 (76.9)
Antiarrhythmic agent	7 (53.8)
Amiodarone	2 (15.4)
Sotalol	2 (15.4)
β-blockers	8 (65.0)
Digoxin	1 (7.7)
Calcium channel blockers	4 (30.8)
ACE inhibitors/angiotensin II receptor blocker	3 (23.1)
Statins	10 (76.9)

Values are presented as mean±standard deviation or number (%). Abbreviations: ACE inhibitors, angiotensin -converting enzyme inhibitors; Peak VO₂, peak exercise oxygen consumption.

있는 요인들을 통제하기 위하여 피험자들은 매 실험 전 24시간 동안 격렬한 신체활동을 피하고 실험시작 최소 2시간 전에 식사를 하고 카페인 및 흡연을 하지 않도록 요구되었다. 총 2회의 실험에서 피험자들은 안정 시와 운동 종료 직후 시점에서 HRV, CO, RPP 등을 측정하였다. 피험자들은 리컴버트 자전거 운동과 직립 자전거 운동이 교차(cross-over study) 되도록 무작위 배정되었다.

3. 측정도구 및 방법

1) 심박변이도 측정 방법

심박수 변이는 무선 심전도(BIOS-S8, BioBrain Inc, Daejeon, Korea)를 활용하여 계측하였다. 심전도 파형(QRS 복합체)의 정상 R파 간격에 의한 R-R(심박동과 심박동) 간격으로 구성되어 있으며, R파를 선명하게 얻기 위하여 심전도 전극 배치 중 사지유도 II를 이용하였다. 심전도 결과들로부터 내장된 분석소프트웨어(BioScan, BioBrain Inc, Daejeon, Korea)를 이용하여 다음과 같은 지표들을 추출해 내었다. 첫째, 주파수영역(frequency domain) 분석(스펙트럼 분석)은 0.04-0.15 Hz의 범위를 저주파수 영역(low frequency bandwidths, LF)으로, 0.15-0.4 Hz의 범위를 고주파수 영역(high frequency bandwidths, HF)으로 정하였으며 얻어진 LF, HF값은 다시 정규화(normalization) 과정을 거쳐 LF norm, HF norm으로 각각 표현하여 나타내었다.

둘째, 시간영역(time domain)의 분석은 동성 심박수 사이의 R-R 간격을 통계적으로 처리하는 기법으로 분석되는 변수로는 전체 R-R 간격의 평균 제곱 차이의 제곱근(standard deviation of the node intervals, SDNN), 연속적인 R-R 간격의 평균 제곱 차이의 제곱근(square root of the mean squared difference of successive R-R intervals, RMSSD), 총 파워(total power, TP), 심박변이도 지표(HRV index, integral of the density distribution divided by the maximum of the density distribution)를 구하였다.¹⁴⁾

2) 심박출량 측정 방법

본 연구에서는 비침습적인 electrical cardiometry (Aesculon Electrical Velocimetry, Osypka Medical GmbH, Berlin, Germany)를 이용하여 CO, SV, 심박수(heart rate, HR), 전체 혈관저항(systemic vascular resistance, SVR)을 측정하였다. Electrical cardiometry는 전류저항 심박동곡선(impedance cardiography) 방법을 이용함으로써 흉곽 내 혈류 체계를 통해 심장에서 분출하는 혈액량의 변화와 흉곽 내 체액량을 자동적으로 계산한다. Electrical cardiometry로 추출된 CO는 심초음파로 측정된 CO와 통계적으로 유사한 호환성이 있는 것으로 보고되고 있다.¹⁵⁾ 또한 분당 심박수(beats/min)×수축기 혈압

(mmHg)×10⁻²을 이용하여 RPP를 추출하였다.^{7,9)}

3) 운동 프로토콜

(1) 리컴버트 자전거 에르고미터 운동

본 연구에서는 스마트 리컴버트 자전거(SRH100H, NanoBioLife Inc, Jeju, Korea)를 이용해 초기 10 W로 시작하여 70 W까지는 매 2분마다 15 W씩 점증적으로 부하를 주었으며 총 10분간 운동을 실시하였다. 리컴버트 기울기는 몸체 기울임(body tilt) 정도에 따른 혈류역학적 변화를 관찰하기 위해 30°의 리컴버트로 설정하여 운동을 시행하였다.⁶⁾

(2) 직립 자전거 에르고미터 운동

직립 사이클 에르고미터 운동은 고정식 자전거 에르고미터(Monark Ergometer 881; Monark International Inc, Varberg, Sweden)를 이용해 직립자세로 진행되었다. 운동강도는 초기 10 W로 시작하여 70 W까지는 매 2분마다 15 W씩 점증적으로 부하를 주었으며 총 10분간 운동을 실시하였다.⁷⁾

4. 자료처리 방법

본 연구에서 측정된 자료는 SPSS (IBM version 25.0; IBM SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 각 항목별 기초 통계량을 얻기 위하여 평균 및 표준편차를 산출하였다. 표본 수는 G*Power 3.1 프로그램을 이용하여 유의수준 $P<0.05$ 와 파워 0.8을 기준으로 산출한 결과, 실험 진행에 필요한 최소 인원은 11명이 분석되었다. 이에 따라 중도 탈락할 위험성을 고려하여 13명의 연구 대상자가 동원되었고 중도 탈락률은 0%였다. 리컴버트 운동에 따른 시점 간에 변화 차이를 검증하기 위하여 일원반복측정 분산분석(one-way repeated-measures analysis of variance)을 이용하였으며, 상호작용이 나타났을 경우 시기와 그룹의 독립변인에 대한 단순효과(simple effect)를 분석하기 위하여 대응표본 t 검정과 독립표본 t 검정을 각각 실시하였다. 각 항목별 통계적 유의수준은 $P<0.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 심박변이도 변화

리컴버트 자전거 운동에 따른 시점별 HRV 측정 결과는 표 2에 나타난 바와 같다. HRV에 대한 일원반복측정 분산분석 결과, LF norm과 HRV index는 직립 자전거 운동 집단과 리컴버트 자전거 운동 집단 모두 운동 후 유의하게 증가하였으며($P<0.05$), HF norm과 SDNN은 감소하

Table 2. Changes of frequency and time domain in HRV

Variable	Frequency and time domain		<i>F</i>	<i>P</i>
	Time course			
	Rest	Post		
LF norm, %				
Upright	51.2±4.2	53.5±4.7	T: 4.853	0.039
Recumbent	50.3±5.2	51.9±5.5	T×G: 0.117 G: 0.439	
HF norm, %				
Upright	48.8±4.2	46.5±4.8	T: 4.853	0.039
Recumbent	49.7±5.2	48.1±5.5	T×G: 0.117 G: 0.439	
TP, ms ²				
Upright	985.0±1,693.1	1,494.0±1,085.9	T: 4.023	
Recumbent	951.0±1,705.7	1,231.2±1,473.7	T×G: 0.338 G: 0.053	
SDNN, ms				
Upright	43.3±20.7	32.1±22.7	T: 10.766	0.004
Recumbent	38.8±21.0	28.1±17.1	T×G: 0.004 G: 0.277	
RMSSD, ms				
Upright	24.6±22.9	22.7±20.6	T: 0.039	
Recumbent	17.7±13.1	20.6±20.9	T×G: 0.759 G: 0.321	
HRV index				
Upright	8.1±3.5	10.0±4.5	T: 11.394	0.006
Recumbent	8.0±3.6	10.1±4.8	T×G: 0.086 G: 0.035	

Values are presented as mean±standard deviation. *F* values are calculated by one-way repeated-measures analysis of variance.

Abbreviations: G, group; HF norm, high frequency bandwidths normalization; HRV index, heart rate variability index; LF norm, low frequency bandwidths normalization; Recumbent, recumbent group; RMSSD, the root mean square of successive differences; SDNN, standard deviation of the node intervals; T, time; TP, total power; Upright, upright group.

였다($P<0.05$). 모든 HRV 변인에서 집단 간 차이는 나타나지 않았다. TP와 RMSSD는 시점, 집단, 상호작용 효과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

2. 혈류역학적 변화

리컴벤트 자전거 운동에 따른 시점별 혈류역학적 변인 측정 결과는 표 3에 나타난 바와 같다. 혈류역학적 변인에 대한 일원반복측정 분산분석 결과, SV, HR, CO, 수축기 혈압(systolic blood pressure, SBP) 그리고 RPP는 직립 자전거 운동 집단과 리컴벤트 자전거 운동 집단 모두 운동 후 유의하게 증가하였으며($P<0.05$), SVR은 감소하였다($P<0.001$). 특히 HR, SBP, RPP는 직립 자전거 운동 집단이 리컴벤트 자전거 운동 집단에 비해 운동 후 유의하게 낮은 것으로 나타났다($P<0.05$).

고 찰

본 연구는 리컴벤트 자전거 운동을 통하여 심방세동과 심장재활의 관련된 안전성과 생리적 효율성을 검증하기 위해 심방세동 환자를 대상으로 안정 시, 운동 종료 직후의 HRV와 혈류역학적 변인을 측정하였다. HRV 변인 중 주파수 영역을 대표하는 LF norm과 시간영역을 대표하는 SDNN은 두 집단 모두 각각 유의하게 증가 및 감소하는 것으로 관찰되었으나($P<0.05$), 집단 간 차이는 나타나지 않았다. RPP 변화에서는 리컴벤트 자전거 운동 집단이 직립 자전거 운동 집단에 비해 운동 종료 직후 유의하게 낮은 것으로 나타났다($P<0.05$).

HRV는 운동자극 시 감소한다.¹³⁾ 이는 대표적으로 교감신경활성을 나타내는 LF norm의 증가와 부교감신경활성도를 의미하는 HF norm의 저하로 나타난다.¹¹⁾ Gladwell 등¹⁶⁾은 건강한 성인을 대상으로 중강도 자전거 에르고미터 운동

Table 3. Changes of Hemodynamics variables

Variable	Hemodynamics		<i>F</i>	<i>P</i>
	Time course			
	Rest	Post		
SV, mL				
Upright	59.5±10.2	78.6±14.3	T: 88.954	<0.001
Recumbent	59.2±11.5	79.4±16.6	T×G: 0.067 G: 0.002	
HR, beats/min				
Upright	78.2±20.2	133.1±19.2	T: 85.212	<0.001
Recumbent	68.4±8.7	93.8±10.3	T×G: 2.141 G: 4.931	
CO, L/min				0.041
Upright	4.5±0.8	8.4±1.7	T: 95.158	<0.001
Recumbent	4.1±0.9	7.3±1.6	T×G: 1.219 G: 1.219	
SVR, dyn·s/cm ⁵				
Upright	1,644.2±308.0	890.3±365.7	T: 67.609	<0.001
Recumbent	1,753.7±471.1	1,027.2±257.8	T×G: 0.023 G: 0.855	
SBP, mmHg				
Upright	128.4±11.7	142.2±13.1	T: 8.411	0.004
Recumbent	120.7±17.4	122.9±12.2	T×G: 4.421 G: 5.989	
RPP, mmHg×beats/min×10 ⁻²				0.025
Upright	102.4±29.9	151.8±51.4	T: 11.844	0.003
Recumbent	85.7±17.6	104.8±14.3	T×G: 2.344 G: 9.436	

Values are presented as mean±standard deviation. *F* values are calculated by one-way repeated-measures analysis of variance.

Abbreviations: CO, cardiac output; G, group; HR, heart rate; Recumbent, recumbent group; RPP, rate pressure product; SBP, systolic blood pressure; SV, stroke volume; SVR, systemic vascular resistance; T, time; Upright, upright group.

실시 후 HRV를 측정한 결과, HF norm은 15% 감소, LF norm은 10% 증가하는 것으로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 운동자극에 따른 LF norm과 HF norm의 균형손상은 심장에 부하되는 스트레스가 많다는 것을 의미한다.¹⁰⁾

운동자극에 따른 HRV 감소는 그 강도에 따라서 다르게 나타난다. Parekh와 Lee¹⁷⁾는 최대산소섭취량(peak exercise oxygen consumption, peak VO₂)의 50%와 80% 강도로 운동을 실시 후 HRV 변화를 관찰한 결과, 운동종료 직후 80%peak VO₂ 강도가 50%peak VO₂에 비해 유의하게 HF norm이 낮게 나타남을 보고하였으며 운동강도 증가에 따라 심장이 받는 부하가 상승하면서 HRV가 유의하게 저하되어 나타난 것으로 추측하였다. 아울러 본 연구에서는 두 집단의 강도는 같았지만 리컴벤트 자전거 운동에서 RPP가 유의하게 낮게 관찰되었고, HRV는 차이가 나타나지 않음으로써 자세에 따른 HRV는 변화되지 않는 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 본 연구에서 주목해야 할 점은 리컴벤트 자전거 운동과 직립 자전거 운동에 따른 심장 및 심박변이가 받

게 되는 스트레스 정도는 유사하다는 것이다. 즉, 심방세동 환자들을 대상으로 동일한 강도의 운동은 리컴벤트 자전거 자세에 따라 심장활동을 조절하는 심박변이의 활성도가 손상되지 않는다고 해석될 수 있다. 이는 리컴벤트 자전거 자세에 따라 심방세동 환자의 심박 자율신경계 반응에 변화를 야기하지 않기 때문에 치료가 심방세동 환자들이 가진 관절가동범위와 기울기 선호도에 따라 개별화된 리컴벤트 각도를 적용할 수 있다는 것을 시사한다.¹⁸⁾

혈류역학적 변인 중 RPP는 운동자극에 의해 증가된다. RPP는 임상적으로 심근의 산소소비량을 반영하고 심장이 받는 부하를 의미하기 때문에 심장재활에 따른 운동 시 RPP 증가를 가중시키지 않기 위해 다양한 접근이 시도되고 있다.¹⁹⁾ 리컴벤트 자전거는 운동 시 RPP를 감소시키는 것으로 보고되고 있다. Kim 등⁷⁾은 RPP가 67°리컴벤트(R), 47°R, 15°R에서 직립 자전거에 비해 유산소 운동 종료 직후 유의하게 낮은 것으로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 또한 관상동맥 질환자를 대상으로 진행된 리컴벤트 자전거 운동 역시 RPP가 직립 자전거 운동에 비해 유의하게

감소되어 나타났다.⁹⁾ 이러한 혈류역학적 이점은 리컴벤트 자전거의 구조적 특징에 기인한다. 리컴벤트 자전거는 몸체 기울기(body tilt)가 낮아 활동근육의 관류압을 약 25 mmHg 감소시키고 이는 활동근육으로 이동해야 하는 혈류방향을 심장으로 바꾸어 HR이 낮아짐으로써 혈압을 감소시켜 나타나는 결과인 것으로 추측된다.⁶⁻⁸⁾ 아울러 본 연구 결과를 통해 RPP를 감소시키는 리컴벤트 자전거의 혈류역학적 이점은 SV, SVR, CO보다 HR과 SBP가 보다 많은 기여를 하는 것으로 생각할 수 있다. 이러한 리컴벤트 자전거 운동의 혈류역학적 이점 때문에 미국스포츠의학회는 심장 환자를 위한 운동처방지침에서 운동의 효율성을 증가시키기 위해 리컴벤트 자전거 운동을 적극적으로 권장하고 있으며,²⁰⁾ 아울러 이는 심근허혈에 취약한 심방세동 환자에게 원활한 혈류공급을 촉진함으로써 안전성에 도움이 될 것으로 생각한다.^{1,2)}

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 심방세동 환자를 대상으로 연구를 진행하였기 때문에 연구 결과를 모든 심장 환자에게 일반화하기 어렵다. 둘째, 포항시에 소재한 P병원에서만 표본을 추출하였으므로 추후 연구에서는 다양한 재활 센터 및 기관에서 표본을 추출하는 것을 고려할 수 있겠다. 셋째, 연구 대상자의 표본 크기가 작으며 연령대는 40세 이상 70세 미만으로 제한적이라 리컴벤트 자전거 운동에 따른 임상적 이점을 단정적으로 결론내리기는 어렵다. 따라서 추후 연구에서는 다양한 연령대 및 심혈관 질환자를 대상으로 보다 큰 표본 크기를 갖춘 연구가 진행된다면 심장재활 운동프로그램 및 권고사항 개발에 중요한 기초자료가 될 것으로 생각한다.

결론적으로 본 연구를 통해 리컴벤트 자전거 운동은 심방세동 환자에서 심장활동을 조절하는 심박 자율신경계의 활성기능을 손상시키지 않으면서도 심부담도를 감소시키는 것으로 확인되었으므로 임상현장에서 리컴벤트 자전거 운동을 적용하는 것은 심방세동 환자를 위한 심장재활 프로그램의 안전성과 효율성을 향상시킬 수 있을 것으로 생각한다.

요 약

연구배경: 본 연구의 목적은 심박변이도(heart rate variability)와 혈류역학적 변인을 이용하여 리컴벤트 자전거(recumbent bicycle ergometer) 운동 적용이 심방세동(atrial fibrillation) 환자를 위한 심장재활의 안전성과 효율성에 미치는 영향을 조사하는 것이다.

방법: 본 연구에 참여한 13명의 심방세동 환자는 직립 자전거(upright bicycle) 운동과 리컴벤트 자전거 운동이 각각 교차되도록 무작위 배정되었다. 운동강도는 점진적으로 부과되었다. 심박변이도, 심근산소소소비량(rate pressure prod-

uct) 등은 안정 시와 운동 종료 직후에 측정되었다. 측정된 모든 데이터는 일원반복측정 분산분석을 이용하여 분석하였다.

결과: 심박변이도 지표 중 교감신경활성도는 운동 종료 직후 집단 간 차이가 나타나지 않았다. 심근산소소소비량은 운동 종료 직후 리컴벤트 자전거 운동 집단이 직립 자전거 운동 집단에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다(104.8 ± 14.3 vs. 151.8 ± 51.4 mmHg \times beats/min $\times 10^{-2}$, $P < 0.01$).

결론: 리컴벤트 자전거 운동은 심장활동을 조절하는 자율신경계의 활성화에 변화를 초래하지 않으면서도 심부담도를 감소시킴으로써 심방세동 환자를 위한 심장재활의 안전성과 효율성을 향상시킨다.

중심 단어: 자세, 운동, 심방세동, 혈류역학

ORCID

Seong Dae Kim	https://orcid.org/0000-0002-1525-0091
Sang Hee Lee	https://orcid.org/0000-0002-3820-4792
Hee-Hyuk Lee	https://orcid.org/0000-0001-5757-2104
Il Gyu Jeong	https://orcid.org/0000-0002-0867-2915

REFERENCES

- Osbak PS, Mourier M, Kjaer A, Henriksen JH, Kofoed KF, Jensen GB. A randomized study of the effects of exercise training on patients with atrial fibrillation. *Am Heart J* 2011;162(6):1080-7.
- Hegboom F, Stavem K, Sire S, Haldal M, Orning OM, Gjesdal K. Effects of short-term exercise training on symptoms and quality of life in patients with chronic atrial fibrillation. *Int J Cardiol* 2007;116(1):86-92.
- Lee SR, Choi EK, Han KD, Cha MJ, Oh S. Trends in the incidence and prevalence of atrial fibrillation and estimated thromboembolic risk using the CHA₂DS₂-VASc score in the entire Korean population. *Int J Cardiol* 2017;36(1):226-31.
- Eckel RH, Jakicic JM, Ard JD, de Jesus JM, Houston Miller N, Hubbard VS, et al. 2013 AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2014;63(25 Pt B):2960-84.
- Malmo V, Nes BM, Amundsen BH, Tjonna AE, Stoylen A, Rossvoll O, et al. Aerobic interval training reduces the burden of atrial fibrillation in the short term: a randomized trial. *Circulation* 2016;133(5):466-73.
- Egaña M, Columb D, O'Donnell S. Effect of low recumbent angle on cycling performance, fatigue, and V \dot{O}_2 kinetics. *Med Sci Sports Exerc* 2013;45(4):663-73.
- Kim SD, Jeong IG, Koh YS, Lee HH. Effects of recumbent angle during cycling on cerebral blood flow velocity and rate pres-

- sure product during exercise and recovery. *Korea J Health Promot* 2019;19(3):155-60.
8. Egaña M, O'Riordan D, Warmington SA. Exercise performance and VO2 kinetics during upright and recumbent high-intensity cycling exercise. *Eur J Appl Physiol* 2010;110(1):39-47.
 9. Bonzheim SC, Franklin BA, DeWitt C, Marks C, Goslin B, Jarski R, et al. Physiologic responses to recumbent versus upright cycle ergometry, and implications for exercise prescription in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1992; 69(1):40-4.
 10. Bettoni M, Zimmermann M. Autonomic tone variations before the onset of paroxysmal atrial fibrillation. *Circulation* 2002; 105(23):2753-9.
 11. Fioranelli M, Piccoli M, Mileto GM, Sgreccia F, Azzolini P, Risa MP, et al. Analysis of heart rate variability five minutes before the onset of paroxysmal atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol* 1999;22(5):743-49.
 12. Lombardi F, Colombo A, Basilico B, Ravaglia R, Garbin M, Vergani D, et al. Heart rate variability and early recurrence of atrial fibrillation after electrical cardioversion. *J Am Coll Cardiol* 2001;37(1):157-62.
 13. Selig SE, Carey MF, Menzies DG, Patterson J, Geerling RH, Williams AD, et al. Moderate-intensity resistance exercise training in patients with chronic heart failure improves strength, endurance, heart rate variability, and forearm blood flow. *J Card Fail* 2004;10(1):21-30.
 14. Malik M. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use: task force of the European Society of Cardiology and the North American Society for Pacing and Electrophysiology. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 1996;1(2):151-81.
 15. Kusunose K, Yamada H, Hotchi J, Bando M, Nishio S, Hirata Y, et al. Prediction of future overt pulmonary hypertension by 6-min walk stress echocardiography in patients with connective tissue disease. *Am J Cardiol* 2015;66(4):376-84.
 16. Gladwell VF, Fletcher J, Patel N, Elvidge LJ, Lloyd D, Chowdhary S, et al. The influence of small fibre muscle mechanoreceptors on the cardiac vagus in humans. *J Physiol* 2005; 567(Pt 2):713-21.
 17. Parekh A, Lee CM. Heart rate variability after isocaloric exercise bouts of different intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(4):599-605.
 18. Egaña M, Ryan K, Warmington SA, Green S. Effect of body tilt angle on fatigue and EMG activities in lower limbs during cycling. *Eur J Appl Physiol* 2010;108(4):649-56.
 19. Kim SD, Kim MW, Kim SK, Jeong IG. The effects of recumbent bicycle ergometer exercise on cerebral blood flow velocity and BP-based arterial stiffness index. *J Sport and Leisure Studies* 2018;74(1):587-97.
 20. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Wolters Kluwer Health. 9th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2013. p.243-4.