

정상인에서 리컴벤트(recumbent)와 직립(uptight) 사이클 운동의 심폐반응 비교: 심부전 재활프로그램에 대한 임상적 적용 가능성 고찰

대한심장호흡물리치료학회지 제2권 제1호, 2014, PP.31-34

류호열¹, 이종희¹, 윤종찬¹, 도일선¹, 윤도은¹, 강석민¹

¹연세의료원 심장혈관병원 심장웰니스센터

Comparison of Cardiopulmonary Parameters between Recumbent and Upright Cycle in Healthy Subjects: Clinical Application for Heart Failure Rehabilitation Program

Ho-Youl Ryu¹, Jung-Hee Lee¹, Jong-Chan Youn¹, Il-Sun Do¹, Do-Eun Yun¹, Seok-Min Kang¹

¹Department of cardiac wellness center, Yonsei Cardiovascular Hospital,

Yonsei University Health System, Seoul, Korea

Purpose : The purpose of this study is to compare cardiopulmonary exercise parameters during recumbent cycling(RC) and upright cycling(UC) in healthy subjects. **Methods** : The study population consisted of 12 healthy volunteers(male=7, mean age 29.7±5.7, female=5, 25.4±2.9 years old). Each subject was randomly assigned to perform RC or UC, and started workload at 10 watt and increased by maximal pedaling(to 100 watt). After taking a rest during 1 week, they performed cycling vice versa. **Results** : Baseline parameters including heart rate(HR), systolic blood pressure(SBP) and rate pressure product(RPP) are comparable between RC and UC group. Submaximal SBP(138.1±10.8 vs. 151.3±15.9 mmHg, p=0.027), submaximal RPP (15244.2±1860.8 vs. 17698.8±3325.4, p=.036), and maximal RPP(25328.3±3032.9 vs. 28443.8±3139.4, p=.022) in RC group were significantly lower than those of UC group. Peak VO₂ in RC group tends to be lower than UC group(27.2±3.6 vs. 29.5±2.8 mL/kg/min, p=.087). **Conclusion** : With similar exercise intensity, RC showed less cardiopulmonary stress compared with UC. These results provide the feasibility of RC based cardiac rehabilitation program in patients with heart failure or in elderly.

Key Words : cardiopulmonary exercise test, cycle exercise, heart failure, recumbent cycle, VO₂ peak

I. 서론

1. 연구의 필요성

실내 사이클 운동은 다양한 질환의 예방과 치료를 목적으로 광범위하게 이용되고 있다(Bonzhim 등, 1992). 사이클 운동 자세에 따른 영향을 분석한 이전 연구들에 의하면 비스듬히 뒤로 상체를 기울인 리컴벤트(recumbent) 자세는 똑바로 앉은 직립(uptight) 자세에 비해 동일한 운동 강도에서도 일상생활을 위한 신체기능 개선효과가 높을 뿐만 아니라(Kerr 등, 2007), 최대하(submaximal) 운동 및 최대(maximal) 운동 중 맥박수(heart rate, HR)와 최대 산소 섭취량(peak VO₂)을 낮추고, 환기량(ventilation, VE)과 1회 박출량(stroke volume; SV)을 증가시키는 것으로 보고된 바 있다(Egana 등, 2010; Egana 등, 2013; Kato 등, 2011; Perell 등, 2002). 그러나 임상에서는

심부전 환자의 심장 재활운동 프로그램으로 리컴벤트 사이클이 드물게 이용되고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 정상 성인을 대상으로 리컴벤트 사이클과 직립 사이클을 이용한 운동부하 심폐기능(Cardiopulmonary exercise; CPX)검사를 통해 사이클 자세에 따른 운동 중 심폐반응 수치들(cardiopulmonary parameters)을 비교, 분석하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

최근 6개월 이내 근골격계 질환이 없는 건강한 성인 남(7명, 29.7±5.7세), 여(5명, 25.4± 2.9세) 12명을 대상으로 하였다(표 1).

교신저자: 강석민

주소: 120-752 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세의료원건물 심장혈관병원, 전화: 02-2228-8540, E-mail: smkang@yuhs.ac

표 1 . 연구대상자의 일반적 특성

	남성	여성	전체
Number	7(58%)	5(42%)	12
Age(years)	29.7±5.7	25.4±2.9	27.9±5.1
Height(cm)	177.6±3.9	163.0±5.9	171.5±8.8
Body weight(kg)	74.9±5.1	57.8±12.2	67.8±12.0
BMI(kg/m ²)	23.8±1.8	22.0±3.1	23.0±2.5

2. 연구 방법

리컴벤트 사이클과 직립 사이클에 모든 대상 자들을 6명씩 무작위로 할당하여 CPX 검사를 실시하였으며 1주일 후 사이클 자세를 바꾸어 CPX 검사를 재실시 하였다(그림 1).

사이클을 이용한 CPX 검사는 1분 단위로 10 watt씩 증가하도록 하였으며 총 10분으로 구성하였다. 페달링 속도는 최대 하 운동에서 60 rpm으로 실시하도록 하였으며, 최대 운동은 100 watt에서 전속력으로 페달링을 실시하도록 하였다. 30 watt, 60 watt, 90 watt에서 최대하 운동에 대한 심폐반응 수치들을 측정 하였고 100 watt 전속력 페달링에서 최대 운동에 대한 심폐반응 수치들을 측정하였다.

3. 통계 방법

본 연구의 측정 자료는 SPSS ver. 18.0 프로그램으로 분석하였다. 대상자의 일반적인 특성을 알아보기 위해 기술통계를 이용하여 분석하였다. 두 집단 간의 차이를 비교하기 위하여 Independent t-test 방법을 사용하였다. 유의수준 α 는 .05로 하였다.



그림 1. 리컴벤트 사이클(좌)과 직립 사이클(우) CPX 검사

Ⅲ. 연구 결과

리컴벤트 사이클과 직립 사이클을 이용한 CPX 검사 결과, 최대 산소 섭취량은 리컴벤트 사이클(27.16 ± 3.58 ml/kg/min)군이 직립 사이클(29.51 ± 2.78 ml/kg/min)군에 비해 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 호흡 교환률(Respiratory Exchange Ratio; RER)은 리컴벤트 사이클(1.18 ± 0.11 vs 1.27 ± 0.1 , $p < .05$)군에서 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다. 환기량을 이산화탄소 발생량으로 나눈 V slope (VE/VCO_2)와 호기말 이산화탄소분압($PetCO_2$)은 두 운동 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다(표 2).

맥박수는 최대하 운동 및 최대 운동 모두에서 자세 변화에 따른 통계적인 유의성은 없었다. 수축기 혈압(SBP)은 60 watt 최대하 운동에서 138.08 ± 10.81 mmHg, 151.25 ± 15.9 mmHg로 리컴벤트 사이클군에서 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다. 90 watt 최대하 운동에서는 리컴벤트 사이클군이 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 심근산소 소비량(Rate Pulse Product; RPP)은 60 watt 최대하 운동에서 15244.2 ± 1860.8 , 17698.8 ± 3325.4 로 리컴벤트 사이클군이 통계적으로 유의하게 낮았다. 그러나 90 watt 최대하 운동에서는 리컴벤트 사이클군이 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 최대운동 중 심근산소 소비량은 리컴벤트 사이클(25328.3 ± 3032.9)군이 직립 사이클(28443.8 ± 3139.4)군에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다(표 3).

Ⅳ. 논 의

본 연구에서 가장 중요한 결과는 동일한 운동강도에서 리컴벤트 사이클군이 최대하 운동 및 최대 운동 모두 직립 사이클군에 비해 심근산소 소비량이 유의하게 낮았다는 것이다. 심근산소 소비량은 심장근육이 필요로 하는 산소량을 맥박수와 수축기 혈압 수치의 곱으로 계산하는 방법으로 운동 강도에 따른 심장의 산소 소비량을 측정하는 방법이다(Lippincott Williams와 Wilkins, 2010). 본 연구 결과, 사이클 운동에 대한 맥박수 변

표 2 . 자세에 따른 최대운동 중 호흡가스 반응

	Recumbent	Upright	P value
VO ₂ peak	27.16 ± 3.58	29.51 ± 2.78	0.087
RER	1.18 ± 0.11	1.27 ± 0.10	0.037
V slope	27.93 ± 3.76	29.43 ± 2.12	0.244
PetCO ₂	40.17 ± 5.61	40.33 ± 4.54	0.937

표 3. 자세에 따른 최대하 및 최대 운동 중 심혈관계 반응

	Recumbent	Upright	P value
Heart Rate			
Resting	83.08±14.07	85.67±10.15	0.611
30 watt	98.42±13.60	100.58±15.23	0.717
60 watt	111.25±18.04	117.67±21.84	0.441
90 watt	130.92±21.50	140.25±24.31	0.330
Maximal	163.67±16.18	171.67±15.59	0.231
Recovery	97.42±16.49	108.67±17.97	0.124
Systolic BP			
Resting	118.67±15.12	120.75±17.32	0.757
30 watt	127.58±13.39	132.50±15.73	0.419
60 watt	138.08±10.81	151.25±15.90	0.027
90 watt	154.00±13.80	166.00±15.71	0.059
Recovery	146.25±21.09	150.42±24.86	0.662
Rate Pressure Product			
Resting	9770.6±1567.6	10236.9±1207.3	0.423
30 watt	12424.3±1080.1	13224.9±1942.8	0.225
60 watt	15244.2±1860.8	17698.8±3325.4	0.036
90 watt	20108.9±3388.8	23214.5±4269.0	0.061
Maximal	25328.3±3032.9	28443.8±3139.4	0.022
Recovery	14169.7±2701.4	16114.5±2762.4	0.095

화에 있어 최대하 및 최대 운동 모두에서 리컴벤트 사이클군과 직립 사이클군 사이에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 그러나 Denis와 Perrey(2006)의 연구에서 직립 사이클이 앙와위(supine) 사이클에 비해 맥박수와 혈압이 각각 12.4±7.7회/분, 9.2±0.7 mmHg로 높게 나타났다고 보고하였으며 고강도 사이클 운동 중 맥박수는 직립 사이클이 앙와위 사이클보다 18.0±8.4회/분으로 통계적으로 유의하게 높았다고 보고하였다. Denis와 Perrey(2006)의 연구 결과를 통해 볼 때 운동 자세가 맥박수와 수축기 혈압에 어느 정도 영향을 주는 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서 수축기 혈압은 최대하 60 watt 운동에서 리컴벤트 사이클군과 직립 사이클군 사이에 통계적인 유의성을 보였으며 최대하 90 watt 운동에서는 리컴벤트 사이클군이 낮은 경향을 보였다. 따라서 맥박수와 수축기 혈압의 곱으로 예측하는 심근산소 소비량은 리컴벤트 사이클군과 직립 사이클군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있음을 알 수 있다. 그러므로 리컴벤트 사이클이 직립 사이클에 비해 운동 강도는 동일하지만 심근의 산소 소비량이 상대적으로 작은 점을 고려해볼 때, 심장 기능이 저하된 심부전 환자의 심장 재활 프로그램으로서 리컴벤트 사이클이 우선적으로 고려될 수 있겠다.

최대산소섭취량은 리컴벤트 사이클군과 직립 사이클군 사이에 통계적인 차이가 없었다. 본 연구 결과는 Welbergen과 Clijsen(1990)이 건강한 남성 6명을 대상으로 직립 사이클과 75° 리컴벤트 사이클 최대 운동 중 최대산소섭취량 측정에서 리컴벤트 사이클군이 낮은 경향을 보였지만 통계학적인 유의한 차이는 없었다는 연구 결과와 일치한다. 반면, Egana 등(2010)이 활동적인 건강한 남성 10명을 대상으로 한 연구에서 최대산소 섭취량은 리컴벤트 사이클(0.39±0.12 L/min)군과 직립 사이클(0.43±0.13 L/min)군 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다고 하였다. Koga 등(1999)이 9명의 건강한 남성을 상대로 한 연구에서도 앙와위 사이클이 직립 사이클 최대 운동에 비해 최대 산소섭취량이 낮게 측정되었다고 보고하였다. 이와 같은 연구 결과들로 미루어 볼 때, 리컴벤트 자세로 실시한 사이클 운동은 재활운동 중 산소섭취량을 감소시킬 수 있다. 또한 호흡 교환률에서도 리컴벤트 사이클군이 직립 사이클군에 비하여 통계적으로 유의하게 낮았다. 이는 산소소비량에 비해 체내 이산화탄소 발생량이 낮게 나타남을 의미하는 것이다. 이 결과 역시 재활 운동 중 이산화탄소 발생량을 줄여 호흡곤란 등의 위험성을 낮출 수 있을 것으로 기대된다. 따라

서 리컴벤트 사이클이 심부전 환자의 재활운동 방법으로 유용하다는 이론적 근거를 제시한다. 재활치료 방법으로서의 유용함을 알 수 있다. 이정원(2012) 등의 연구 및 Kerr 등(2007)의 연구 결과에서 리컴벤트 사이클은 직립 사이클보다 하지 근육 활성도가 높으며 일상생활동작과 유사한 운동패턴으로 기능적 재활운동으로서의 유용성을 보고한 바 있다.

V. 결 론

본 연구 결과 리컴벤트 사이클이 직립 사이클에 비해 최대 하 운동 중 수축기 혈압과 심근 산소 소비량, 최대 운동 중 심근산소 소비량, 호흡교환률을 낮추는 데 유용한 운동 방법임을 확인하였다. 이 결과를 토대로 좌심실 구혈률이 감소한 심부전 환자는 일반 노인의 재활 프로그램으로 리컴벤트 사이클이 임상에서 유용하게 사용되리라 기대한다.

참고문헌

이정원, 권대규, 유미 등. 누운 자세에서 싸이클 운동 시 각도변화에 따른 하지 근육 활성화 분석. 한국정밀공학회. 2012; 1131-1132

Bonzhim SC, Franklin BA, Dewitt C, et al. Physiologic responses to recumbent versus upright cycle ergometry, and implications for exercise prescription in patients with coronary artery disease. *American Journal of Cardiology*. 1992;69:40-44

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*. 2006;5:254-265

Egana M, Columb D, O'Riordan D. Effect of Low Recumbent Angle on Cycling performance, Fatigue, and VO₂ kinetics. *Official Journal of the America College of Sports Medicine*. 2013

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

Kato M, Tsutsumi T, Yamaguchi T, et al. Characteristics of maximum performance of pedaling exercise in recumbent and supine positions. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2011;10:491-497

Kerr A, Rafferty D, Moffat F, et al. Specificity of recumbent cycling as a training modality for the functional movements; sit-to-stand and step-up. *Clinical Biomechanics*. 2007;22:1104-1111

Koga S, Shiojiri T, Shibasaki M, et al. Kinetics of oxygen uptake during supine and upright heavy exercise. *J Appl Physiol*. 1999;87:253-260

Lippincott Williams & Wilkins. ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. Fifth edition. 2010

Perell KL, Gregor S, Kim G, et al. Comparison of cycling kinetics during recumbent bicycling in subjects with and without diabetes. *J Rehabil Res Dev*. 2002;39(1):13-20

Welbergen E, Chijssen LP. The influence of body position on maximal performance in cycling. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;61:138-142