

논문 2008-45SC-5-6

목표심박수를 이용한 자전거 운동의 심폐능력 향상 연구

(A Study of Cycling Exercise which uses a Target Heart Beat for Cardiorespiratory Function Improvement)

김 성 민*, 강 승 호*, 이 만 표**, 정 회 승***, 장 원 석****

(Sung-Min Kim, Seung-Ho Kang, Man-Pyo Lee, Whoi-Seong Jung, and Won-Seuk Jang)

요 약

8주 동안의 목표심박수를 이용한 자전거 운동으로 심폐기능의 향상을 확인 하였다. 안정 시 수축기 혈압은 2.98% 감소하였으며, THBI는 7.59% 감소함을 확인하였다. VO₂ max는 24.60%, PTT는 4.92% 증가하였다. VO₂ max의 증가는 심장근의 발달로 1회 박출량의 증가를 나타내며, 1회 박출량의 증가는 심박수의 감소를 유도한다. 또한 많은 양의 혈액이 혈관에 공급되었으나 혈압이 감소하였다. 그 이유가 혈관의 탄성 증가에 의한 현상임을 PTT를 통하여 확인 하였다. 따라서 목표심박수를 이용한 운동은 건강관리에 큰 도움이 될 것이다.

Abstract

In this study we confirmed for the cardiopulmonary ability improvement of the cycling exercise which uses a target heart beat. Consequently, we looked the resting systolic blood pressure down at 2.98% and THBI(Total Heart Beat Index) also decrements at 7.59%. But, increase of VO₂ max and PTT(Pulse Transit Time)were each point 24.60% and 4.92%. Increase of VO₂ max showed the growth of stroke volume by myocardial development. The increase of a stroke volume induces the decrease of Heart rate. The blood pressure was reduced also though the blood of many quantity was supplied at the artery. The reason is the phenomenon to be due to by an elasticity increase of the artery. We found out it through the decrease of PTT. So the cycling exercise to use consequently the target heart beat will become big aid at the health care.

Keywords : Target heart beat, Cardiopulmonary ability improvement, Cycling exercise

I. 서 론

* 정회원, 건국대학교 의공학부
(Department of Biomedical Engineering, Konkuk University)

** 정회원, 건국대학교 신기술융합과
(Department of Advanced Technology Fusion, Konkuk University)

*** 정회원, 주성대학 보건행정과
(Department of Medical & Computer Health Administration, Juseong College)

**** 정회원, 연세대학교 의과대학 의공학교실
(Department of Medical Engineering, College of Medicine, Yonsei University)

※ 본 논문은 지식경제부 지역산업기술개발사업 유비쿼터스 복합치료 관리시스템 개발과제(10017552-2007-22)에 의하여 지원되었습니다.

접수일자: 2008년7월31일, 수정완료일: 2008년9월8일

현대인들은 산업화와 물질문명의 영향으로 인하여 심각한 운동부족현상이 나타나고 있다. 현대인들의 체력약화, 만성피로, 성인병 등 여러 문제는 이러한 운동 부족현상으로 생기게 된다. 그러나 이러한 문제들은 생활습관의 변화와 규칙적인 운동으로 예방 가능하다^[1]. 그렇기 때문에 최근 많은 사람이 건강관리나 체력증진에 대하여 관심을 보이며, 운동 효과 및 헬스케어프로그램 등 많은 연구가 진행, 보고되고 있다^[2~4]. 특히 American College of Sports Medicine(ACSM)에서는 건강한 성인을 대상으로 건강증진을 위한 운동으로 유산소 운동을 제안하였다^[5].

유산소 운동이란, 몸 안에 최대한 많은 양의 산소를 공급시킴으로써 심장과 폐의 기능을 향상시키고 에너지를 탄수화물이 아닌 지방을 사용하여 체지방감소 등 비만관리에 효과가 있는 운동을 말한다. 유산소성 운동으로 제안되는 운동 종류로는 걷기, 조깅, 자전거타기, 수영, 에어로빅댄스 등이 있다. 특히, 정지형 자전거는 운동속도와 강도를 임의로 조절하여, 운동량을 조절하기 용이하고 신체에 주는 충격이 작으며 비교적 시간과 장소에 구애받지 않고 가정에서도 손쉽게 운동할 수 있어 많이 이용되고 있다.

건강증진을 위한 운동을 위하여 개인의 체력상태를 파악하고 체력상태에 맞는 운동처방에 의한 운동을 하는 것이 매우 중요하다. 운동처방은 운동 종목, 강도, 시간, 횟수 등을 결정하며 운동검사자료를 근거로 처방하고, 운동수행에 따른 체력변화를 다시 측정하여 재처방하는 프로세스를 가지고 있다. 특히 운동검사 자료 중 최대산소섭취량($VO_2 \max$)은 심폐지구력의 기준자료로서 심장의 최대 박출량과 관계가 있어 심장의 기능적 능력을 판단하는 중요한 검사이다^[5].

운동의 지속적인 효과로 관상동맥질환의 감소가 있다^[6]. 이러한 관상동맥질환의 감소가 혈관의 기계적인 변화로 인한 현상임을 확인하기 위하여 PTT(Pulse Transit Time)를 사용하였다. PTT는 심실의 대동맥 판에서부터 말초혈관까지의 혈류의 도달시간을 측정하여 비침습으로 혈관의 상태를 측정하는 방법이다^[7~9].

이전 선행 연구들을 살펴보면 자전거 운동에 의한 신체 조성과 근력의 변화 골밀도의 영향들에 관하여 연구하였으며 $VO_2 \max$ 를 이용한 심폐기능의 향상 정도와 자전거 운동에 대한 유용성에 대하여 언급하였다^[2~3]. 이에 본 연구에서는 자전거를 이용한 목표심박수 운동을 실시하여 운동으로 인한 심폐기능의 향상 정도를 선별된 $VO_2 \max$, 혈압, THBI(Total Heart Beat Index)와 PTT의 파라미터를 측정하고, 각 파라미터 사이에 상관관계를 통하여 목표심박수를 이용한 운동의 유용성을 확인하였다.

또한, 주별 운동 횟수와 시간 등 최소한의 조건을 제시하여 불규칙한 일정에서의 운동성공을 확인함으로 일상생활에서의 실제 운동성공을 유추하였다.

II. 연구 방법

운동효과 평가를 위해 평소 규칙적인 유산소 운동을 하지 않으며, 심혈관계 질환병력이 없는 20대 남자 10

표 1. 신체적 특성
Table 1. Subject profiles.

	나이	신장	체중
평균값	23.2세	175cm	77.2kg
SD	2.97	4.18	10.1

명을 대상으로 시험평가를 진행하였다. 피험자의 신체적 특성은 신장 175 ± 4.18 cm, 체중 77.2 ± 10.1 kg, 나이 23.2 ± 2.97 세이다.

시험평가의 진행은 10명의 피험자가 8주간 주 3회 30분간 운동을 실시하고, 매주 첫 번째 운동을 실시하기 전에 운동기능평가를 실시하였다. 평가항목으로는 ACSM에서 제시한 운동검사법에 따라 안정 시 혈압, $VO_2 \max$ 를 측정하였고, 보조 자료로서 THBI와 PTT를 측정하였다. 피험자에게는 시험평가 전 시험평가 동의서를 통해 시험평가의 목적과 주의사항 등을 숙지시켰다.

본 연구에서는 평상시 운동환경과 비슷한 환경에서 운동할 수 있도록 피험자별 운동스케줄을 제시하지 않았으며 운동처방법에 의한 주 3회 운동과 운동 전 식사 시간, 음주 및 흡연, 카페인 섭취만 통제하여 통제변인을 최소화시켰다.

시험평가 상의 운동처방은 심박수를 이용한 운동처방을 사용하였다. 최대심박수를 구하는 방법은 여러 공식이 있다. 그러나 선행 연구에 의하면 식(1)과 같은 방법의 최대심박수 공식이 한국인에게 더욱 근사하다는 결과가 있었다^[10]. 따라서 본 연구에서는 최대심박수를 구하기 위하여 식(1)을 사용하였다. 운동처방으로는 먼저 운동자각도(Rating of Perceived Exertion, RPE)를 이용하였다. 운동자각도는 운동강도를 주관적인 척도로 자각하는 방법으로 심박수나 최대산소섭취량과 매우 높은 상관관계를 가지고 있어 객관적인 운동강도 설정법으로 평가되고 있다^[11]. 이러한 운동자각도를 이용할 경우 고령자를 포함한 모든 연령대를 대상으로 한 범용적인 운동처방이 가능 할 것이라 사료된다. 따라서 본 연구에서는 운동자각도를 이용하여 목표심박수를 설정하여 시험평가를 하였다.

운동자각도에서 개인이 주관적으로 “힘들다”라고 느끼는 정도는 12-13단계이다. 이 강도를 표 2와 같이 최대심박수(Maximum Heart Rate, HRmax)의 백분율로 변환하여 70-89%의 강도로 설정하였다. HRmax의 백분율을 이용한 목표심박수(Target Heart Beat) 설정법은 가장 오래된 운동처방법 중 하나로 현재까지 사용되

표 2 신체활동에 기초한 신체활동 강도 분류
Table 2. The physical activity basis of physical activity intensive classification.

Intensity	%HRmax	RPE
매우 가볍다	<35	
가볍다	35-54	<10
중간정도이다	55-69	10-11
힘들다	70-89	12-13
매우 힘들다	≥90	14-16
최고로 힘들다	100	20

HRmax (Maximum Heart Rate)
RPE(Rating of Perceived Exertion)
=Borg의 RPE 측정도구, 6-20점 척도

는 방법이다. 또한 심폐지구력의 향상을 위한 운동강도는 건강한 성인의 경우 일반적으로 60-80% 범위라고 언급한 선행연구에 의하여 70-80%의 강도를 다음의 식(2)의 운동강도에 적용하여 목표심박수를 계산하였다^{5, 10, 12)}

$$HR_{max} = (220 - Age) \quad (1)$$

$$Target\ Heart\ Beat = HR_{max} \times Intensity \quad (2)$$

본 연구는 단일군 사전·사후 설계 연구를 이용하였다.

III. 측정 방법

시험평가를 위한 운동 프로토콜은 다음의 그림 1과 같으며, 운동검사를 위하여 Cycle ergometer STEX8020(Taeha Mechatronics co. Korea)을 기초로 개발한 운동기능평가 시스템을 사용하였다. 또한, PTT의 측정은 PTT측정 시스템을 개발하여 사용하였다.

1. 운동기능평가 시스템

운동기능평가 시스템은 Cycle ergometer를 기반으로 NIBP, ECG모듈과 시스템을 구동하고 운동평가 Data를 저장하기위한 컴퓨터로 구성되어 있다. (그림 2,3) 본 시스템에 장착된 ECG 모듈은 운동 중 심박수를 측정하기 위하여 개발된 것으로 건식전극을 통하여 RR Interval을 측정하여 심박수를 알아낸다.

2. PTT측정

PTT는 혈관의 탄성을 비침습으로 확인 할 수 있는 방법이다. PTT는 혈류가 대동맥판막에서 말초혈관까지

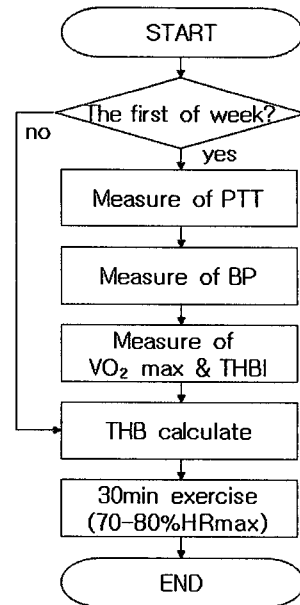


그림 1. 운동 및 측정 프로토콜
Fig. 1. Exercise and measurement protocol.

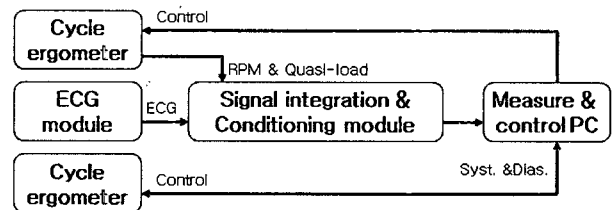


그림 2. 운동기능평가 시스템의 구조
Fig. 2. The structure of motor function assesment system.

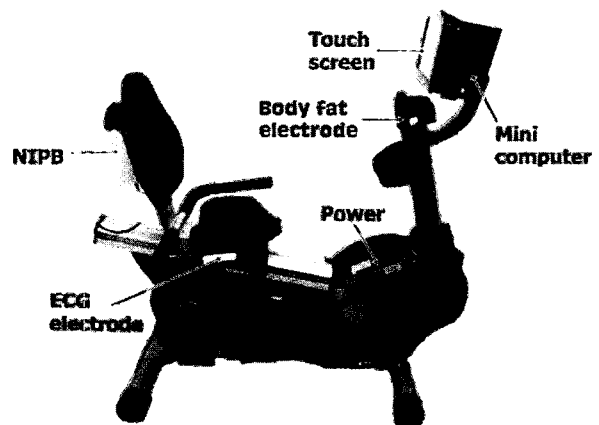


그림 3. 운동기능평가 시스템
Fig. 3. Motor function assesment system.

도달하는 시간을 말하며, 심전도의 R 파로부터 그에 해당하는 PPG(PhotoPlethysmo Graph) 파형의 최대값의 50%에 해당하는 지점까지의 시간차이를 계산하여 측정한다⁹⁾. 본 연구에서는 그림 4와 같이 ECG 전극 및 맥파 센서부, ECG와 PPG 신호 증폭 및 필터링을 수행하는

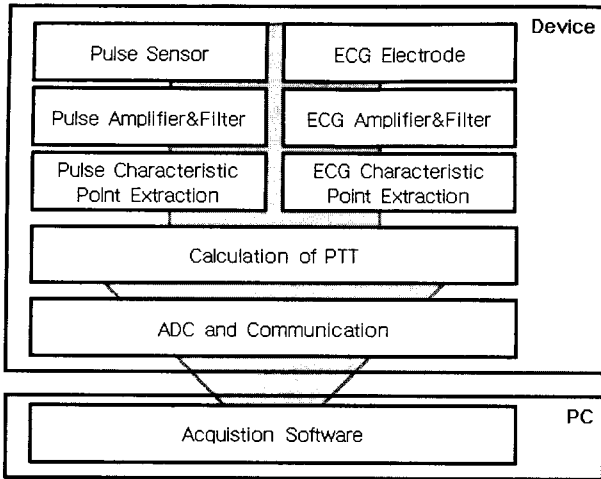


그림 4. PTT 하드웨어 시스템 구성
Fig. 4. Hardware system of PTT.

신호 증폭부, 증폭된 신호에서의 특징점 검출부, 특징점을 이용한 PTT 계산, ADC 및 PC와의 직렬통신부 등으로 구성되어 있다.

본 연구에서는 PTT를 이용하여 지속적 운동의 결과로 혈관의 기계적 탄성 변화를 측정하여 운동의 효과로 관상동맥질환의 감소이유가 혈관의 상태 변화로 인한 것임을 확인하고자 하였다.

3. 혈압측정

안정 시 혈압 측정을 위하여 피험자를 기기에 앉힌 후 충분한 휴식을 취한 상태에서 자동혈압계 MM300plus(MEKICS co. Korea) (그림 5)를 이용하여 측정하였다. 정확한 측정을 위하여 혈압은 총 3번 측정하여 평균값을 사용하였으며, 각각의 측정 사이에는 2분간의 휴식시간을 두었다.

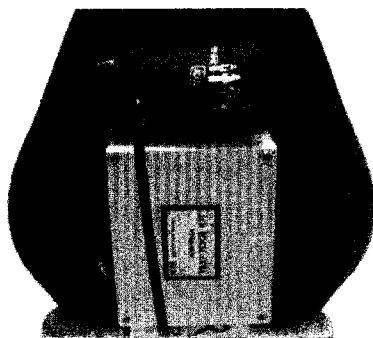


그림 5. NIBP 모듈
Fig. 5. NIBP module.

4. VO₂ max (최대산소 섭취량) 측정
최대하 운동검사방법(Submaximal)의 단일단계 Cycle

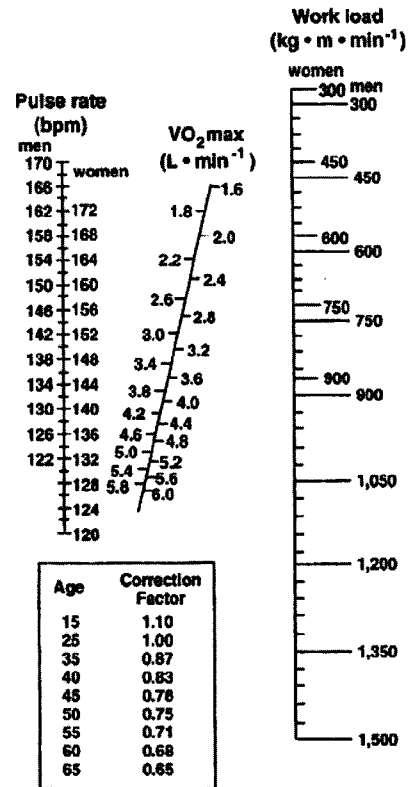


그림 6. 최대산소섭취량 산출 노모그램
Fig. 6. Calculate nomogram of VO₂ max.

ergometer 검사방법인 Åstrand-Ryhming Cycle ergometer test를 이용하여 VO₂ max를 측정하였다. 최대하 운동검사방법은 일정 부하에서의 심박수를 이용하여 VO₂ max를 추정하는 방법으로써 직접 VO₂ max를 측정하는 최대 운동검사법에 비하여 오차가 생길 수 있다. 그러나 직접 측정된 VO₂ max와 최대하 운동 시의 생리적 반응 또는 특정 운동수행력 간의 상관관계를 조사하여 최대하 운동을 통한 VO₂ max 측정의 타당함이 입증 되었다^[5]. 이는 심박수와 산소섭취량은 피검자가 탈진하는 시점까지 직선적으로 변화하므로 최대하 운동 검사법은 피검자의 신체적 스트레스에 대한 부담 없이 심박수와 상관관계를 이용하여 추정할 수 있다. (그림 6) 또한, 운동수행 기간 경과 시 고정된 부하와 운동량에서의 심박수 반응이 감소했을 때 VO₂ max의 정확성과 상관없이 심폐기능이 향상된 것으로 볼 수 있다고 한다^[5-6].

본 연구에서는 VO₂ max를 측정하기 위하여 운동기능평가 시스템의 ECG 모듈을 이용하였다. VO₂ max의 증가를 확인하여 운동의 효과를 확인하고, PTT와 혈압과의 관계를 통하여 혈관의 능력 증진을 확인하고자 한다.

5. THBI(운동 중 총 심박수) 측정

운동효율을 확인하기 위하여 THBI를 이용하였다. 일반적으로 효율을 말할 때 동일한 일을 더 적은 에너지로 수행하면 효율이 좋다고 지칭한다. 따라서 본 연구에서도 운동효율을 동일한 운동을 할 때 더 적은 심박수를 보이는 경우 운동효율이 좋다고 정의하였다.

THBI는 정해진 시간동안 정해진 속도로 운동을 실시할 경우, 모든 피험자의 총 운동거리(Total Distance)는 일정하다고 가정하고 운동 시 총 심박수를 구한다. 본 연구에서는 모든 피험자가 6분간 200W, 60RPM으로 동일한 운동을 수행함으로써 총 심박수가 운동효율을 나타낸다고 볼 수 있다. THBI는 식(3)으로 계산한다^[13].

$$Total\ Heart\ Beat\ Index\ (THBI) = \frac{Total\ Heart\ Beat\ Number}{Total\ Distance} \quad (3)$$

THBI와 VO₂ max의 관계를 이용하여 심장의 능력 증진을 확인하고자 하였다.

IV. 평가방법 및 통계처리 방법

운동평가를 진행하여 평가한 선행 연구^[13~15]를 근거로 8주간의 데이터를 측정하였으며, 첫 주와 마지막 주만을 비교하였다. 이는 신체가 운동량에 적응하는 기간을 거친 후에 운동의 효과가 나타나기 때문이다^[15]. 변화량은 식(4)를 이용하여 각 측정 항목당 첫 주를 기준으로 하여 증가, 감소한 비율로 나타내었다.

$$변화량(\%) = \frac{8주차\ 평균 - 1주차\ 평균}{1주차\ 평균} \times 100 \quad (4)$$

운동의 효과를 판단한 기준은 한국체육과학연구원이 1997년 발표한 "최대산소섭취량 평가 기준표"(표 3)와 대한고혈압학회에서 발간한 "2004년도 우리나라 고혈압 진료지침"(표 4)을 기준으로 평가 하였다^[14~15]. PTT와 THBI의 정량적인 평가 지침은 없는 관계로 첫 주 대비 증가와 감소를 가지고 운동 효과를 판별하였다.

통계처리방법은 통계프로그램인 SPSS 12.0 for Windows를 이용하였으며, 사전, 사후 값의 차이를 비

표 3. 최대 산소 섭취량 평가표 (단위 : ml/kg/min)
Table 3. Appraisals of VO₂ max (Unit : ml/kg/min).

	1급	2급	3급	4급	5급
20대	≥56.4	56.4-49.4	49.3-42.1	42-35.6	≤35.5

표 4. 성인의 혈압 분류(단위 : mmHg)
Table 4. A blood pressure grouping of the adult. (Unit : mmHg).

	수축기 혈압		이완기 혈압	
정상	<120	and	<80	
고혈압 전단계	120-139	or	80-89	
고혈압 1기	140-159	or	90-99	
고혈압 2기	≥160	or	≥100	

교할 수 있는 비모수 검정법의 Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks Test를 이용하였다.

V. 결과 및 고찰

8주 동안의 운동결과를 살펴보면 모든 데이터가 시간이 흐름에 따라 유의하게 감소하거나 증가하지는 않았다. 이는 개인별 동일한 요일에 실험을 실시하지 않았고, 주별로 컨디션의 차이가 있었기 때문으로 사료된다. 그러나 시험평가 전의 데이터와 시험평가 후의 데이터에 분명한 차이가 나타났다. 이는 운동의 효과로 인하여 안정 시 수축기 이완기 혈압이 감소하고 운동 시 심박수도 적어지기 때문이다. 수축기, 이완기 혈압과 THBI 측정값은 1주차 평균이 8주차 평균보다 높아야 한다. 그러나 최대산소섭취량과 PTT 측정치의 경우는 1주차 평균보다 8주차 평균이 더 높아야 한다. Wilcoxon 부호순위 검정 통계분석 결과 수축기, 이완기 혈압과 THBI 측정값은 1주차 평균이 8주차 평균보다 높았으며, 최대산소섭취량과 PTT 측정치의 경우는 1주차 평균보다 8주차 평균이 더 높게 분석되었다. (표 6)

그러나 Wilcoxon 부호 순위 검정 통계량 결과 수축기 혈압과 이완기혈압 PTT의 사전, 사후 유의성은 보이지

표 5. 8주간의 운동 결과 (혈압, 최대산소섭취량)
Table 5. The result of exercise at 8weeks (Blood pressure & VO₂ max).

	수축기혈압 mmHg	이완기혈압 mmHg	VO ₂ max ml/kg/min	급
1주차 평균	117.60±8.15	71.20±10.91	43.90±10.39	4급
8주차 평균	114.10±6.79	71.40±11.83	54.70±6.46	2급
변화량	-2.98%	0.28%	24.60%	2단계 상승

표 6. 통계 분석값
Table 6. Analyze statistical data.

		N	평 균 순 위	순위 합
수축기혈압8	음의 순위	1 ^a	1.00	1.00
	양의 순위	0 ^b	0.00	0.00
	동률	0 ^c		
수축기혈압1		1		
이완기혈압8	음의 순위	0 ^d	0.00	0.00
	양의 순위	1 ^e	1.00	1.00
	동률	0 ^f		
이완기혈압1		1		
최대산소섭취8	음의 순위	0 ^g	0.00	0.00
	양의 순위	1 ^h	1.00	1.00
	동률	0 ⁱ		
최대산소섭취1		1		
THBI8	음의 순위	1 ^j	1.00	1.00
	양의 순위	0 ^k	0.00	0.00
	동률	0 ^l		
THBI1		1		
PTT8	음의 순위	0 ^m	0.00	0.00
	양의 순위	1 ⁿ	1.00	1.00
	동률	0 ^o		
PTT1		1		

- a. 수축기혈압8 < 수축기혈압1
- b. 수축기혈압8 > 수축기혈압1
- c. 수축기혈압8 = 수축기혈압1
- d. 이완기혈압8 < 이완기혈압1
- e. 이완기혈압8 > 이완기혈압1
- f. 이완기혈압8 = 이완기혈압1
- g. 최대산소섭취8 < 최대산소섭취1
- h. 최대산소섭취8 > 최대산소섭취1
- i. 최대산소섭취8 = 최대산소섭취1
- j. THBI8 < THBI1
- k. THBI8 > THBI1
- l. THBI8 = THBI1
- m. PTT8 < PTT1
- n. PTT8 > PTT1
- o. PTT8 = PTT1

않았으나(P>0.05), 최대산소섭취량(P<0.05)과 THBI (P<0.01)는 사전, 사후 유의성을 보였다.

시험평가 전(1주차 평균)과 시험평가 후(8주차 평균)

의 데이터를 비교하여 보면 최대산소섭취량은 43.90mL/kg/min에서 54.70mL/kg/min으로 증가하며 첫 주 대비 24.60%가 증가하여 8주간의 운동을 통하여 최대산소섭취량 평가 기준표 (표 3)의 4급에서 2급까지 2단계 상승하였다. (표 5) PTT역시 4.92% 증가하였으며, THBI는 첫 주 대비 7.59% 감소하였다.

또한, 수축기 혈압은 시험평가를 시작하기 전 117.60mmHg 보다 2.98% 감소한 114.10mmHg이 되었다. 실험 전후 수축기/이완기 혈압 모두 120/80mmHg 이하의 정상범위 안에 속하였다. (표 5) 이는 피험자들이 모두 20대의 대학생으로서 비교적 활동량이 많고 심혈관계 질환에 노출이 적었기 때문인 것으로 사료된다.

1. 최대산소섭취량과 THBI 관계

본 연구에서는 심박수 측정으로 최대산소섭취량을 예측하는 방법인 최대하 검사법으로 최대산소섭취량을 측정하였다^[5]. 시험평가 결과에 의하면 THBI의 7.59%의 감소와 최대산소섭취량의 24.60%의 증가를 확인할 수 있었다. (그림 7) 이는 ACSM에서 운동으로 인한 최대하 운동과 최대 운동의 최대산소섭취량 증가가 20 ± 10%라고 명시한 것과^[6], 지속적인 유산소 운동이 좌심실의 증대와 1회 박출량의 증가를 가져와 더 적은 심박수를 보인다는 선행연구^[16]를 통하여 운동처방에 의한 운동 효과임을 추정하였다. 따라서 본 시험평가에서 사용한 70-80 % 강도의 목표심박수를 이용한 8주간의 운동으로 최대산소섭취량이 증가하였고 이로 인하여 심박수의 감소가 유도되어 심장의 기계적 효율이 향상된 것으로 사료된다.

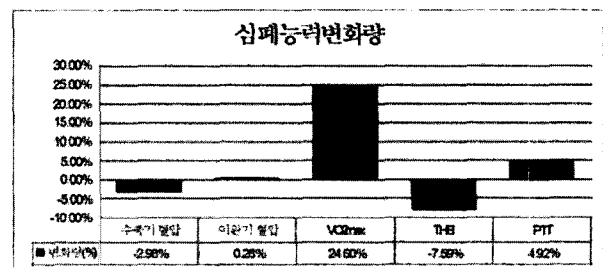


그림 7. 심폐능력 변화량 그래프

Fig. 7. Graph of cardiopulmonary ability rise and decline.

2. 혈압과 최대산소섭취량, PTT의 관계

시험평가결과 앞서 언급하였듯이 첫 주에 비하여 최대산소섭취량이 24.60% 증가를 보이며 심장의 1회 박출량의 증가가 있었음에도 수축기 혈압은 2.98% 감소

표 7. 8주간의 운동 결과 (평균값)
Table 7. The result of exercise at 8weeks(average value).

	수축기 혈압	이완기 혈압	VO ₂ max	THBI	PTT
	mmHg	mmHg	ml/kg/min	-	ms
1주	117.60±8.15	71.20±10.91	43.90±10.39	553.10±129.84	205.61±15.65
2주	115.00±9.72	74.30±9.99	49.40±12.19	544.89±62.27	212.18±16.63
3주	116.00±9.63	72.20±12.18	52.10±6.26	565.20±77.50	216.16±15.59
4주	115.00±13.69	68.90±12.12	51.20±10.50	550.50±93.83	223.58±16.84
5주	115.30±7.85	73.80±10.95	53.00±9.36	529.22±118.36	212.90±11.16
6주	115.90±10.06	75.20±14.23	51.90±11.05	558.70±69.91	215.77±14.96
7주	111.30±11.26	70.60±13.12	48.80±11.92	533.10±73.85	213.22±13.62
8주	114.10±6.79	71.40±11.83	54.70±6.46	511.10±108.54	215.72±10.77
변화량(%)	-2.98%	0.28%	24.60%	-7.59%	4.92%

하였다. (그림 7)(표 7) 지속적인 유산소 운동 시 좌심실의 용적의 증가로 1회 박출량의 증가와 혈류의 효율적 증가가 일어난다^[16]. 본 연구에서는 이러한 혈류의 효율 증가가 혈관의 기계적인 탄성의 증가로 생기는 현상임을 확인하기 위하여 PTT를 이용하였다. PTT의 증가량을 확인한 결과 첫 주 205.61±15.65ms에 비하여 4.92%의 증가율을 보여 215.72±10.77ms가 되었다. 이러한 PTT의 증가를 통하여 운동의 지속적인 효과로 혈관의 탄성 또는 직경이 증가하였음을 유추할 수 있었다. 그러나 직경의 변화는 안정 시 이완기혈압의 증가가 있음을 생각할 때 혈관의 직경의 증가보다는 탄성의 증가에 의하여 더 많은 혈액을 통과시키면서도 혈압은 감소시키는 것으로 사료된다. 따라서 목표심박수를 이용한 운동은 고혈압으로 인한 위험을 낮추고, 혈관의 탄성 증가로 인한 혈액순환 장애의 감소로 관상동맥질환의 감소를 효과적으로 유도하는 것으로 사료된다.

본 시험평가의 결과 8주간 주 3회의 운동으로 최대 산소섭취량이 증가함을 확인하였으며, 최대하(Submaximal) 강도에서 심박수의 감소를 확인하여 심폐 능력의 증진을 확인하였다. 또한, PTT의 증가와 안정 시 혈압의 감소를 확인함으로써 혈관의 탄성이 좋아져 관상동맥질환요인이 감소할 가능성이 증가함을 확인하였다.

VI. 결 론

지속적인 유산소 운동은 유산소성 능력을 증진시키고, 에너지 효율을 높이며, 심폐기능을 향상시키는 운동

이라고 한다^[16]. 현대인들은 장시간의 좌식생활과 그로 인한 운동부족, 흡연, 과도한 스트레스 등에 의한 체력의 저하와 식습관의 서구화로 심혈관계 질환에 많이 노출되어 있다. 이러한 이유로 많은 사람이 건강을 위해 운동을 하고 있으나 효과가 나타나지 않거나, 오히려 상해를 입는 등의 문제가 생겼다. 또한, 바쁜 일과로 인하여 계획적인 운동을 하지 못하는 경우가 많다. 이에 따라 좀 더 체계적인 운동 처방의 필요성이 대두되었고, ACSM에서는 그러한 요구에 따라 효과적인 운동과 무리한 운동으로 인한 상해를 방지하기 위하여 운동검사법과 운동처방법을 제시하였다^[5].

본 연구에서는 ACSM에서 제안한 최대심박수로부터 목표심박수를 설정하는 운동처방법을 이용하여 20대 남성 10명을 대상으로 최대심박수의 70-89% 강도의 목표 심박수를 이용하여 주 3회 계획적이지 않은 운동을 하여 8주간의 심폐 능력의 변화를 측정하였다. 측정결과는 다음과 같다.

1. THBI의 뚜렷한 감소를 통하여 최대하 강도에서 낮은 심박수를 확인하였다.
2. 최대산소섭취량의 증가와 THBI의 감소를 통하여 심근의 발달을 확인할 수 있었다.
3. 혈압의 감소와 PTT의 증가를 통하여 지속적인 운동의 결과로 혈관의 탄성 증가를 확인하였다.

이와 같은 결과들을 종합하여 보면, 8주간 주 3회 최대심박수의 70-89%의 목표심박수를 이용한 운동이 심폐 능력 및 혈관의 기계적 능력 향상에 긍정적인 효과

가 있었음을 확인할 수 있었다. 이는 선행 연구^[5~6, 16]에서 언급한 지속적인 운동의 효과와 일치하고 있다. 특히 본 실험에서는 일상생활에서 개인 운동과 비슷한 환경으로 개인별 운동 스케줄을 이용하지 않고 매주 3회 운동을 실시하였다. ACSM에서는 중요한 운동처방 원칙으로 운동 횟수와 강도, 시간을 이야기하고 있다^[6]. 따라서 일상생활 중 계획에 의한 운동을 하지 못하더라도, 운동의 횟수와 강도, 운동시간만으로도 충분한 운동의 효과를 볼 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서 사용한 HRmax의 백분율을 이용한 목표심박수 운동은 계산법이 쉬우며 연령에 따른 최대심박수를 이용하여 개인 체력 및 운동 목적에 맞는 운동 부하를 설정할 수 있고, 고령자와 심혈관계 질환을 가진 환자에게도 처방이 가능한 장점이 있다. 또한, RPE 범으로 상호 변환이 가능하여, 주관적이면서도 객관적인 개인별 운동부하를 설정할 수 있다. 따라서 건강에 관심이 많은 현대인에게 목표심박수를 이용한 운동처방 방법은 가정에서 스스로 개인별 건강관리를 할 때 매우 효과적이고 유용한 운동처방방법으로써 고령자나 심혈관계 질환 환자에게도 처방 가능한 운동처방방법이라고 사료된다.

현재 본 연구에서는 건강한 20대만을 대상으로 하였다. 추후 연구에서는 보다 넓은 연령대를 대상으로 하여 연령대에 따른 신체 변화를 확인하는 연구와 운동 강도에 따른 신체의 변화 연구를 진행하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] Pollock, M., Dimmick, J., Miller, H., Kendrick, I., and Linnerud, A. "Effects mode of training on cardiovascular function and body composition of adult men", *Med. Sci. Sports*, 7(2), pp139-145, 1975.
- [2] Y. J. Nam., H. J. Jung., and J. K. Oh. "The Effect of Cycling Exercise on Body Composition, Muscle Strength and BMD in Post-Menopausal Women", *Journal of Korean physical Education Association for Girls and Women*, Vol.21 No.1, pp1-9, 2007.
- [3] S. H. Lee and Y. R. Chung. "Effects of Bicycle Ergometer Exercise Training on Body Composition, Cardiopulmonary Function, and Flexibility in Taekwondo Female Athletes", *Korea Sport Research*, Vol.16, No.6, pp367-376, 2005.
- [4] D. O. Kim., J. S. Choi., K. S. Lee., H. S. Min., H. Y. Ahn., M. R. Song., Y. H. Park., J. A. Choi., M. A. Choe., and M. J. Kim. "Effects of Bicycle Ergometer Exercise Training on Body Composition, Cardiopulmonary Function, and Flexibility in Healthy Women", *The Seoul Journal of Nursing*, Vol.13, No.1, pp88-100, 1999.
- [5] S. H. Youn, ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 6th, Seoul, Korea: Hyunmoon. Press 2003.
- [6] American College of Sports Medicine, ACSM's RESOURCE MANUAL Guidelines for Exercise Testing and Prescription 4th, Seoul, Korea: Hanmi Medical Publishing. Press 2003.
- [7] J. Y. A. Foo., S. J. Wilson., C. Williams., M. A. Harris and D. Cooper. "Age-related factors that confound peripheral pulse timing characteristics in Caucasian children", *Journal of Human Hypertension* Vol.19. No.6. pp463-466. 2005.
- [8] Speed C. A., "Therapeutic ultrasound in soft tissue lesions" *Rheumatology*, Vol.40, No.12, pp1331-1336, 2001.
- [9] Drinnan, Michael J, Allen, John, Murray, Alen, "Relation between heart rate and pulse transit time during paced respiration", *Physiological Measurement*, Vol.22, No.3, pp. 425-432, 2001.
- [10] J. O. Byeon., E. Tchai., N. I. Kim., K. S. Choi., K. H. Seong., "A Study on the Relationship Between Oxygen Uptake and Heart Rate for the Establishment of Exercise-Targeted Heart Rate" *The Journal of Korean Society of Aerobic Exercise*, Vol.3, No.1, pp23-32, 1999.
- [11] D. Y. Kim., S. S. Noh., B. J. Kim., "AValidity of RPE as the standard of exercise intensity" *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.45, No.2, pp557-568, 2006.
- [12] J. O. Byeon., E. Tchai., N. I. Kim., D. S. Choi., and K. H. Seong. "A Study on the Relationship between Oxygen Uptake and Heart Tate for the Establishment of Exercise-Targeted Heart Tate", *The Journal of Korean Society of Aerobic Exercise*. Vol.3. No.1. pp23-32. 1999.
- [13] V. L. Hood., M. H. Granat, D. J. Maxwell, and J. P. Hasler., "A new method of using heart rate to represent energy expenditure: The Total Heart Beat Index", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Volume 83, Issue 9, pp1266-1273, 2002.
- [14] D.H. Choi., J.R. Yoon., and K. S. Cha "A Study on the Derermination of Criteria for Physical Fitness in Korean Adults", *체육과학연구과제종합 보고서*, 1998.
- [15] J. H. Bae., C. H. Kim., B. H. Lee., "2004 Korean

Hypertension Treatment Guidelines”, The Korean Society of Hypertension, 2004.

[16] M. S. Song., T. S Kim., D. H. Kim., Y. W. Jang., S. H. Kim., “A Characteristics on Left ventricular Structure · Function and Artery Blood Flow Change in Women According to Aerobic Exercise Participation.” The Korean Journal of Physical Education, Vol.39, No.4, pp521-533, 2000.

저 자 소 개



김 성 민(정회원)
1985년 연세대학교
전자공학과 졸업
1991년 아이오와대학교
의용공학과 석사 졸업
1995년 아이오와대학교
의용공학과 박사 졸업

2002년~현재 건국대학교 의료생명대학
의학공학부 부교수
<주관심분야 : 재활공학>



강 승 호(정회원)
2008년 건국대학교
의학공학부 학사 졸업.
2008년~현재 건국대학교
의학공학과 석사과정
<주관심분야 : 재활공학>



이 만 표(정회원)
2007년 건국대학교
의학공학부 학사 졸업.
2007년~현재 건국대학교
신기술융합과 석사과정
<주관심분야 : 재활공학>



정 회 승(정회원)
1986년 연세대학교
전기공학과 졸업
1988년 연세대학교 전자재료
전공 석사 졸업
1999년 연세대학교 전자재료
전공 박사 졸업

1998년~현재 (주)울쏘하이텍 기술이사
1997년~현재 주성대학 보건행정과 부교수
<주관심분야 : 전자재료>



장 원 석(정회원)
1995년 연세대학교
의용전자공학과 학사
1997년 연세대학교
의용전자공학과 석사
2007년~현재 연세대학교
생체공학협동과정
박사과정

1997년~2002년 (주)바이오시스 연구소
2002년~2004년 한국보건산업진흥원
2004년~현재 연세대학교 의과대학 의학공학교실
<주관심분야 : 생체신호처리 및 자동진단알고리즘, 의료영상분야, 의료정보>