

## 비특이성 만성요통 유무에 따른 무산소성 역치수준 비교

성준혁

연세대학교 보건환경대학원 인간공학치료학과

권오윤, 이충휘, 신현석

연세대학교 보건과학대학 물리치료학과, 보건환경대학원 인간공학치료학과

조영기

서울아산병원 재활의학팀

### Abstract

#### Comparison of the Anaerobic Threshold Level Between Subjects With and Without Non-Specific Chronic Low Back Pain

**Jun-hyuk Seong, B.H.Sc., P.T.**

Dept. of Ergonomic Therapy, The Graduate School of Health and Environment, Yonsei University

**Oh-yun Kwon, Ph.D., P.T.**

**Chung-hwi Yi, Ph.D., P.T.**

**Heon-seock Cynn, Ph.D., P.T.**

Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University

Dept. of Ergonomic Therapy, The Graduate School of Health and Environment, Yonsei University

**Young-ki Cho, M.Sc., P.T.**

Team of Physical Medicine & Rehabilitation, Asan Medical Center

The purpose of this study was to compare the anaerobic threshold (AT) between subjects with and without non-specific chronic low back pain (NCLBP). The patient group included 15 women with NCLBP. The normal group included 15 women without NCLBP who were age-, height-, weight-, and activity level-matched. The subjects performed a Balke treadmill protocol which was symptom-limited progressive loading test. Their heart rate (HR), ventilatory gas and metabolic equivalents (METs) were measured using the automatic breath gas analyzing system. After the test, each subjects' ratings of perceived exertion (RPE) were evaluated. The visual analog scale (VAS) was assessed pre- and post-test. The independent t-test and Wilcoxon's signed-rank test were used for analysis of the data. Time, HR, the volume of oxygen consumption ( $VO_2$ ), relative  $VO_2$ , and METs at the AT level of the patient group were significantly lower than those of the healthy group ( $p < .05$ ). However, there were no significant differences in RPE, VAS, and breathing frequency at the AT level ( $p > .05$ ). The findings of this study indicate that patients with NCLBP had a lower aerobic fitness than healthy subjects. Thus, implementation of rehabilitation program to increase aerobic fitness may be considered in patients with NCLBP, and further studies are required to determine the etiological factors of decreased aerobic fitness.

**Key Words:** Aerobic fitness; Anaerobic threshold; Balke protocol; Non-specific chronic low back pain.

## I. 서론

고도로 발전하고 있는 현대 산업사회에서 업무의 전문화와 자동화로 인한 신체 활동의 감소는 현대인에게 전반적인 운동부족을 초래하여 각종 만성 근골격계 질환의 증가를 가져왔다. 특히 요통은 직장에서의 업무수행에 지장을 주는 가장 큰 요인으로 알려져 있다(Waddell, 1998). 우리나라의 경우 2009년 산업재해조사에 따르면 산재요양이 승인된 작업관련성 질병 중 요통이 차지하는 비율이 73.6%로 가장 높고, 지속적으로 증가하는 추세이다(KOSHA, 2010). 요통으로 인한 의료비 지출 또한 전체 의료비의 많은 부분을 차지하고 있다. 이러한 사회 경제적 부담의 증가에 따라 요통환자의 예방과 관리에 대한 관심이 지속적으로 높아지고 있다.

일반적으로 요통환자들은 일상생활의 수행으로 발생하는 통증의 경감을 위해 신체 활동이 감소되며(Picavet와 Schuit, 2003), 이로 인해 기능부전과 낮은 자존감 등이 발생한다(Crombez 등, 1999; Waddell 등, 1993). 신체 활동의 감소는 요통의 재발과 만성화에 기여하는 요인이 될 수 있다(Bortz, 1984). 최근에는 공포-회피 모델(fear-avoidance model)이 환자들에게 만성 요통을 야기하는 주요 요소로 고려되고 있다(Vlaeyen과 Linton, 2000). 공포-회피 모델은 통증의 공포로 인해 신체 활동을 회피하는 것으로, 요통을 지속시키는 기여 요인이 되고, 요통환자의 기능 회복과 통증 감소에 부정적인 영향을 미치게 된다(Sieben 등, 2002). 또한 신체 활동의 감소는 요통환자에게 유산소성 운동능력(aerobic fitness)을 저하시키는 원인이 될 수 있다(Verbunt 등, 2003). 그러나 공포-회피 모델과 만성요통 환자들의 감소된 유산소성 운동능력이 상관관계가 없다는 연구도 있다(Smeets 등, 2009)

요통환자를 대상으로 한 유산소성 운동능력에 대한 연구들은 상반된 결과를 나타내고 있다. 일부 연구는 요통환자의 유산소성 운동능력이 정상인에 비해 유의하게 낮다고 보고하고 있는 반면(Crombez 등, 1999; Smeets 등, 2009), 정상인에 비해 유의한 차이가 없다는 결과를 보고하는 연구도 있다(Verbunt 등, 2001; Wittink 등, 2002). 요통환자와 정상인의 성별에 따른 연구결과에서도 차이가 있었다. Rasmussen-Barr 등(2008)은 요통을 가진 여자의 유산소성 운동능력은 비슷한 연령의 여자 성인에 비해 유의하게 감소되어 있었으나, 남자의 경우에는 차이가 없다고 보고하였다. 하지만 Nielens와 Plaghki(2001),

그리고 Smeets 등(2006)은 만성 요통환자와 정상인과의 유산소성 운동능력 비교에서 특히 남자가 더 유의하게 감소되어 있다고 보고하였다. 이와 같이 요통환자의 유산소성 운동능력에 대해서는 아직까지 논란이 되고 있다.

일반적으로 유산소성 운동능력의 평가는 주로 최대 운동 시 개인이 소비한 산소량을 의미하는 최대 산소섭취량(volume of maximal oxygen consumption;  $VO_{2max}$ )으로 측정한다. 최대 운동 부하 검사를 통해서만 측정할 수 있는 최대 산소섭취량이 의료계와 체육계에 널리 활용되어 왔지만, 피검자로 하여금 전력을 다하도록 독려해야 하기 때문에 일부 환자 특히 심장병 환자에서는 위험이 따르고(Bruce 등, 1963; Yoshida, 1984) 최대 부하 운동 시 운동 강도가 최대 능력의 50~70% 이상을 초과하면 산화 과정에 필요한 산소 운반이 근육으로 충분하게 전달되지 못하므로 혈중에 젖산 축적이 급격히 증가되는 문제점이 있다. 그러나 무산소성 역치(anaerobic threshold; AT)의 평가는 피검자가 운동 부하 검사에서 전력을 다하기 위한 노력이 결과에 미치는 영향이 작으므로 최대 산소섭취량보다 더 객관적이며, 최대 산소섭취량을 측정하는 장비만으로 측정이 가능하다(Davis, 1985). 무산소성 역치수준은 최대 부하 이하의 운동으로 측정할 수 있으므로 노인이나 어린이의 유산소성 운동능력 평가에 적합하고(Itoh 등, 1990; Yoshida 등, 1981), 환자나 장애인의 체력 평가를 요하는 재활의학이나 산업의학 분야에서도 활용되고 있다(Hansen 등, 1984; Oren 등, 1987).

Wasserman(1984)은 무산소성 역치수준을 에너지 생성의 관점에서 무기적 에너지 생성이 보충되기 시작하는 운동 강도로 정의하였으며, 특정한 운동 강도 이상에서는 수축근의 산소 요구량이 미토콘드리아(mitochondria)로 부터의 산소공급량을 초과하게 되어 부족한 인체의 에너지 생성이 무기적 에너지 대사과정에 의해 공급되기 시작한다고 하였다. 즉 무산소성 역치수준은 수축근에 충분한 산소를 공급할 수 있는 개인의 유산소성 운동능력을 의미한다.

지금까지 요통환자의 유산소성 운동능력을 평가하는 방법은 주로 자전거 에르고미터(bicycle ergometer), 암 에르고미터(arm ergometer), 그리고 트레드밀(treadmill)을 이용한 운동 부하 검사를 통해 최대 산소섭취량을 측정하였다. Wittink 등(2000)은 트레드밀을 이용한 운동 부하 검사가 자전거 에르고미터와 암 에르고미터에 비해 예측된 최대 산소섭취량에 대한 최고 산소섭취량(volume

of peak oxygen consumption;  $VO_{2peak}$ )의 비율이 가장 높으므로, 트레드밀을 이용하는 것이 만성요통 환자의 유산소성 운동능력을 평가하는데 가장 적합하다고 하였다. 하지만 최대 산소섭취량을 측정하기 위한 트레드밀 검사 도중에 증가한 통증으로 검사를 중단한 비율이 전체 대상자의 54%를 차지한다고 보고하였다(Wittink 등, 2001). 자전거 에르고미터를 이용한 요통환자의 최대 산소섭취량을 측정한 연구에서는 대상자의 25%가 통증으로 인해 검사를 중단하였으며(Smeets 등, 2009), 암 에르고미터를 이용한 연구에서는 대상자의 30.7%가 통증으로 인해 검사를 중단하였다(Duque 등, 2009). 이와 같이 최대 산소섭취량을 통하여 요통환자의 유산소성 운동능력을 안전하게 측정하기 쉽지 않은 현실이다.

따라서 본 연구는 비특이성 만성요통(non-specific chronic low back pain) 환자와 요통이 없는 성인들을 대상으로 무산소성 역치수준을 분석하여 유산소성 운동 능력을 비교하기 위해 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 실험은 비특이성 만성요통을 호소하고 있는 50대 여성 15명과 연령, 신장, 체중 그리고 신체 활동수준이 비슷한 건강한 여성 15명을 대상으로 하였다.

대상자 선정은 주 1회 이상 숨이 찰 정도의 주기적인 운동을 하지 않은 50대 여성 중에서, 환자군은 최소한 6개월 이상 지속된 요통을 호소하고 안정 시 시각상사 척도(visual analog scale; VAS)가 3점 이상인 요통환자를 선발하였다. 정상군은 최근 1년 이내 요통을 경험한 적이 없고, 3일 이상 지속된 요통을 평생 동안

경험하지 않았으며(Van Daele 등, 2009), 보행에 지장을 주는 근골격계 질환이 없는 자로 선정하였다. 대상자의 선정 과정에서 심폐질환이 있는 자, 신경학적 또는 다른 정형외과적 질환이 있는 자, 척추의 구조적인 변형이 있는 자, 그리고 흡연자는 제외시켰다.

본 실험의 모든 대상자들은 연구의 목적과 방법에 대한 설명을 들은 후, 실험에 대한 동의서에 자발적으로 서명하였다. 환자군의 요부 통증 수준을 알아보기 위해 시각 상사 척도를 평가하였다. 연구 대상자들의 일반적 특성을 표 1에 제시하였다.

### 2. 실험기기 및 도구

가. 자동 호흡 가스 분석기(automatic breath gas analyzing system)

검사 동안 호흡 가스는 Cortex사의 Metalyzer II<sup>1)</sup>를 이용하여, 매 10초마다 분당 심박수(heart rate; HR),  $O_2$  섭취량(volume of oxygen consumption;  $VO_2$ ),  $CO_2$  배출량(volume of  $CO_2$  excretion;  $VCO_2$ ), 환기량(ventilation; VE), 호흡수(breathing frequency; BF) 등을 비롯한 여러 생리학적 지표를 측정하였다. 그리고 Metasoft 3<sup>2)</sup> 프로그램을 이용하여, 측정된 지표를 숫자와 그래프로 자동적으로 기록, 저장 그리고 분석하였다. 매 실험 시 최소 30분 전부터 기기의 전원을 켜놓았으며, 정확한 측정을 위하여 매주 디지털 기압계(digital barometer)를 이용한 압력 분석기 교정(pressure analyzer calibration)과 가스 교정 장비를 이용한 2점 가스 교정(2-point gas calibration)을 시행하였으며, 매일 최초 실험 전에 부피 변환기 교정(volume transducer calibration)을 실시하였다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(N=30)

일반적 특성	정상군(n <sub>1</sub> =15)	환자군(n <sub>2</sub> =15)	t값	p
연령(yrs)	54.8±2.2 <sup>a</sup>	53.8±3.2	1.003	.325
체중(kg)	58.8±6.7	59.4±6.5	-.263	.795
신장(cm)	155.8±4.0	156.0±5.0	-.149	.882
체표면적(BSA <sup>b</sup> )	1.6±.1	1.6±.1	-.184	.856
체질량지수(BMI <sup>c</sup> )	24.1±2.1	24.5±1.7	-1.489	.148
시각 상사 척도(cm)	-	4.1±.9	-	-
요통기간(month)	-	92.9±87.5	-	-

<sup>a</sup>평균±표준편차, <sup>b</sup>Body Surface Area, <sup>c</sup>Body Mass Index.

1) Metalyzer II, Cortex Biophysik, Leipzig, Germany.

2) Metasoft 3, Cortex Biophysik, Leipzig, Germany.

#### 나. 트레드밀

실험 대상자의 증상 제한성 점증부하 운동검사를 위해 트레드밀은 Intertrack 6100<sup>3)</sup>을 Metasoft 3 프로그램을 이용하여 조작하였다.

#### 다. 시각 상사 척도

환자군의 요부 통증 수준을 평가하기 위하여 시각 상사 척도를 사용하였다. 좌, 우 양끝에 “통증 없음”과 “매우 심한 통증”이 적혀 있는 10 cm의 수평 직선에 대상자가 현재 느끼고 있는 통증을 직접 펜으로 표시하여 평가하였다.

### 3. 실험방법

#### 가. 실험설계

본 연구의 실험은 사전 예비 실험과 본 실험으로 나누어 서울아산병원 재활의학과 외래 운동치료실에서 실시하였다. 실험실 환경은 동일한 조건을 유지하기 위하여 온도는 22±2℃, 습도는 55±5%로 설정 하였다. 모든 대상자들은 실험시작 24시간 전부터 음주 및 과식을 비롯한 비정상적인 생활습관을 자제하도록 하였으며, 실험 당일 대상자들은 실험 시작 2시간 전까지 식사를 마치게 하였다. 실험실에 도착한 대상자들은 신장과 체중을 측정하고, 10분간에 걸쳐 트레드밀 적응훈련 및 비상 멈춤 스위치의 사용방법 교육을 시행 한 후, 30분간 충분한 휴식을 취하도록 하였다.

#### 나. 실험방법

각 대상자는 심박수를 측정하기 위해 Polar 심박수 전송 벨트<sup>4)</sup>를 가슴에 착용시켰으며, 피부 접촉을 최적화하기 위하여 젤을 사용하였다. 운동 중의 호흡 가스를 측정하기 위해 자동 호흡 가스 분석기에 연결된 호흡 마스크를 착용시켰으며, 공기가 새어나가지 않도록 끈을 조절하거나 거즈를 이용하였다. 운동부하 검사 전 환자군의 안정 시 요부 통증을 시각 상사 척도를 이용하여 평가하였다. 운동초기의 갑작스런 과환기 자극을 주지 않게 하기 위해 트레드밀 위에 의자를 놓고 5분간 안정을 시켰다. 점증 부하 운동 방법은 발케법(Balke protocol)을 사용하였으며, 휴식기 1분, 운동기 14분, 회복기 1분을 포함하여 총 16분으로 설정하였다. 운동 부하는 속도를 3.3 mph로 고정한 상태에서 매 1분마다

트레드밀의 경사를 1%씩 증가하였다. 실험의 목적에 맞게 대상자에게 최대 운동을 격려하지는 않았으며, 호흡교환율(respiratory exchange ratio; RER)이 1 이상인 상태에서 자발적인 운동 중단으로 비상 멈춤 스위치를 누를 때까지 실험을 진행하였다. 자발적인 운동 중단 의사가 없는 경우 16분 동안 운동을 허락하였다. 마지막으로 실험 종료 후 환자군의 요부 통증을 재평가하였고, 운동 강도를 평가하기 위해 운동자각도(ratings of perceived exertion; RPE)를 측정하였다.

#### 다. 무산소성 역치수준의 결정

무산소성 역치수준은 Yeh 등(1983)이 제시한 호흡가스에서 측정된 이산화탄소 배출량이 산소섭취량을 완전히 넘어서는 지점으로 결정하였다. 즉 산소섭취량에 대한 이산화탄소 배출량의 비율을 나타내는 호흡교환율이 1을 완전히 넘어서는 지점의 시간과 분당 산소섭취량, 심박수, 호흡수 그리고 대사당량(metabolic equivalents; METs)을 측정하였다.

### 4. 분석방법

실험을 통해 수집된 자료들은 윈도우용 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 17.0 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 대상자의 일반적 특성은 기술 통계량인 평균과 표준편차로 나타냈다. 환자군과 정상군의 무산소성 역치수준의 도달시간, 분당 심박수, 호흡수, 산소섭취량, 단위체중당 산소섭취량(relative VO<sub>2</sub>) 그리고 대사당량의 차이를 알아보기 위해 독립 t-검정(independent t-test)을 시행하였으며, 군 간 운동자각도의 차이와 환자군의 실험 전과 후에 평가된 시각 상사 척도의 차이를 알아보기 위해 윌콕슨의 부호순위 검정(Wilcoxon's signed-rank test)을 시행하였다. 통계학적 유의성을 검정하기 위한 유의수준은 α=.05로 설정하였다.

## III. 결과

### 1. 운동자각도

환자군과 정상군에서 발케법으로 진행한 증상 제한성 점증 부하 트레드밀 검사의 운동자각도는 정상군이 14.3이었고 환자군이 15.3으로 군 간 유의한 차이는 없었다(p>.05)(표 2).

3) Intertrack 6100, TAEHA mechatronics, Anyang, Korea.

4) POLAR transmitter belt T31, POLAR Electro, Kempele, Finland.

**표 2. 운동자각도** (N=30)

	정상군(n <sub>1</sub> =15)	환자군(n <sub>2</sub> =15)	z값	p
운동자각도	14.3±2.23 <sup>a</sup>	15.3±1.35	-1.179	.238

<sup>a</sup>평균±표준편차.

**표 3. 환자군에서 실험 전 후 시각 상사 척도** (N=15)

	실험 전	실험 후	z값	p
시각 상사 척도 (cm)	4.09±.85 <sup>a</sup>	3.57±1.13	-2.582	.057

<sup>a</sup>평균±표준편차.

**표 4. 무산소성 역치수준의 변인** (N=30)

	정상군(n <sub>1</sub> =15)	환자군(n <sub>2</sub> =15)	t값	p
도달시간 (min)	8.03±2.74 <sup>a</sup>	6.23±1.88	2.096	.045
호흡수 (time/min)	28.8±4.63	27.2±3.32	1.097	.282
심박동수 (time/min)	141.4±11.37	133.1±9.67	2.146	.041
산소섭취량 (ℓ/min)	1.44±.28	1.24±.11	2.564	.019
단위체중당 산소섭취량 (ml/kg/min)	24.5±4.02	21.16±2.92	2.607	.014
대사당량 (METs)	6.98±1.11	6.12±.90	2.336	.027

<sup>a</sup>평균±표준편차.

### 2. 환자군에서 실험 전 후 시각 상사 척도

환자군에서 시각 상사 척도는 실험 전 4.09 cm이었고, 실험 후 3.57 cm로 실험 전에 비해 실험 후의 시각 상사 척도는 유의한 차이는 없었다 ( $p > .05$ )(표 3).

### 3. 무산소성 역치수준의 변인

무산소성 역치수준의 도달 시간은 정상군이 8.03분이었고 환자군이 6.23분으로 환자군이 정상군에 비해 유의하게 낮았다( $p < .05$ ). 무산소성 역치수준에서 분당 호흡수는 정상군이 28.8회이었고 환자군이 27.2회로 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ ). 무산소성 역치수준에서 심박수는 정상군이 141.4회이었고 환자군이 133.1회로 환자군이 정상군에 비해 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), 절대적 산소섭취량과 단위체중당 산소섭취량은 각각 정상군이 1.44 ℓ/min, 24.5 ml/kg/min이고 환자군이 1.24 ℓ/min, 21.16 ml/kg/min으로 환자군이 정상군에 비해 유의하게 낮았다( $p < .05$ ). 무산소성 역치수준에서 대사당량은 정상군이 6.98METs이고 환자군이 6.12METs로 환자군이 정상군에 비해 유의하게 낮았다( $p < .05$ )(표 4).

## IV. 고찰

요통환자의 유산소성 운동 능력을 과학적으로 평가하려는 노력은 최근 증가하는 추세이나, 검사 도중 증가한 통증으로 인해 측정을 중단하는 문제가 발생하여 안정성의 논란이 제기되고 있다. 따라서 요통환자의 유산소성 운동 능력을 정상인과 비교하여 정확하고 안전하게 측정할 수 있는 방법이 필요하다. 본 연구에서는 비특이성 만성요통이 있는 50대 성인 여성과 연령, 신장, 체중 그리고 신체 활동 수준이 비슷한 요통이 없는 여성을 대상으로 증상 제한성 점증부하 트레드밀 검사를 통해 무산소성 역치수준을 측정하여 유산소성 운동 능력을 비교하였다.

만성요통 환자의 54%가 검사로 인한 통증으로 측정을 중단한 Wittink 등(2001)의 연구에서 이용한 트레드밀 검사법은 속도와 경사를 함께 단계적으로 증가시키는 변형된 브루스법을 사용하였다. 본 연구에서는 속도를 일정하게 유지한 상태에서 경사를 단계적으로 증가시키는 발케법을 사용하였으며, 환자군에서 요통의 증가로 인해 실험을 중단한 사례가 없었던 점으로 보아 이전 연구에서 이용한 변형된 브루스법에 비해 비교적

안전하다고 생각된다. 또한 실험 후 측정된 정상군과 환자군의 운동자각도에서 유의한 차이가 발견되지 않았으며, 모든 대상자들이 '힘들다'는 수준의 운동 강도로 발케법이 무산소성 역치수준의 측정에 적절한 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다. 마지막으로 이전 연구에서는 최대 산소섭취량을 측정하기 위해 대상자에게 전력을 다하도록 독려했지만, 본 연구에서는 무산소성 역치수준을 파악하기 위하여 대상자에게 전력을 요구할 필요가 없었다. 따라서 최대 산소섭취량의 결과에 영향을 미칠 수 있는 대상자의 탈진에 대한 노력 여하를 배제할 수 있었다.

실험 후 측정된 환자군의 요부 통증 수준이 실험 전에 비해 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 감소하는 경향이 있었다. 이는 환자군의 안정 시 요부 통증이 기존 연구들에 비해 상대적으로 낮았으며, 속도를 고정된 상태에서 경사도만을 이용하여 운동 강도를 점증 부하하는 발케법의 특성이 원인이 될 수 있다. 또는 무산소성 역치수준 이상의 운동에 대한 일시적인 생리적 반응으로 베타 엔도르핀( $\beta$ -endorphin)과 코티졸(cortisol)이 분비되어 요부 통증의 인지 변화와 유해자극 수용기에 의한 통증 신호 전달이 차단되는 결과일 수도 있다. De Meirleir 등(1986)의 연구에서는 코티졸의 수준을 증가시키는 부신피질자극호르몬이 무산소성 역치수준 이상의 운동 강도에서 증가한다고 보고하였으며, Goldfarb 등(1987)의 연구에서는 무산소성 역치수준 이상에서 운동을 시행 한 후 베타 엔도르핀이 크게 증가한다고 보고하였다. 마지막으로 율동적이고 지속적인 운동을 시행함으로써 관절 내 기계적 수용기가 활성화되어 하행성 통증 억제조절을 일으킨 결과일 수도 있다(Melzack과 Wall, 1965).

운동 중에 근육이 무산소화 되는 것을 막기 위해 심혈관계에서 적당한 비율의 산소가 근육으로 공급되는 능력을 평가하는 것이 중요하다. 이는 무산소성 역치수준을 측정함으로써 평가할 수 있다. 일정한 운동 강도 이상에서 유산소성 대사로 운동을 유지하기가 어려워진 근육은 무산소성 대사를 시작함으로써 젖산의 생산이 증가하며 혈액이 산성화되고, 수소이온이 근육세포에서 세포외액으로 유입되는 과정에서 발생된 중탄산염이 완충되면서 이산화탄소의 증가를 초래한다(Mathews와 Fox, 1976). 무산소성 역치수준, 즉 젖산 역치(lactate threshold; LT)를 추정하는 방법으로 지금까지 일반적으로 사용되어지고 있는 V-slope법은 산소섭취량에 비해 이산화탄소 배출량 또는 환기량의 비직선적인 관계를 프로그램화된 회귀분석을 통해 2개의 회귀선이 교차하는 지점을 구하였

다(Beaver 등, 1986). 다른 방법으로는 산소섭취량에 대한 환기량이 상승하기 시작하는 지점을 구하는 EqO<sub>2</sub>법(Reinhard 등, 1979), 맥박 산소포화도(Mucci 등, 2004) 그리고 호흡교환율(Dickstein 등, 1990; Yeh 등, 1983)을 이용하는 방법 등이 있다. 현재까지도 위의 여러 비침습적 방법들의 타당성과 신뢰성에 대한 논란이 많지만, 최근 비침습적인 방법으로 얻은 환기역치와 침습적인 방법으로 얻은 젖산 역치와의 관련성에 대해 Nikooie 등(2009)과 Solberg 등(2005)은 호흡교환율을 이용한 방법이 다른 방법에 비해 무산소성 역치수준을 추정하기에 가장 정확하고 유용하다고 주장하였다. 따라서 본 연구에서는 선행 연구를 기준으로 호흡교환율을 이용하여 무산소성 역치수준을 결정하였다.

본 연구에서 측정된 무산소성 역치수준에서의 분당 호흡수는 정상군과 환자군 간 차이가 없었으나, 무산소성 역치수준의 도달시간, 심박수, 분당 산소섭취량과 단위 체중당 산소섭취량, 그리고 대사당량은 환자군이 정상군에 비해 유의하게 낮게 나타났다. 이는 비특이성 만성요통 환자가 비슷한 호흡에서의 인체 내 산소 이용률이 정상인에 비해 낮으며, 낮은 운동 강도에서 젖산이 급격히 축적되기 시작하는 무산소성 대사가 발생한 결과라고 생각된다. 즉, 비특이성 만성요통 환자의 유산소성 운동 능력이 정상인에 비해 저하되어 있다고 생각된다. 일반적으로 무산소성 역치수준이 낮은 원인에 대해 이전 연구에서 근육으로의 혈류량 감소, 세포수준에서의 산화능력 저하, 근섬유 동원 패턴의 변화 그리고 미토콘드리아의 산화능력 감소 때문이라고 보고하였다(Davis 등, 1979; Kindermann 등, 1979; Rusko 등, 1980). 본 연구에서는 활동수준이 유사한 두 집단을 대상으로 실험을 진행하였다. 따라서 비특이성 만성요통 환자의 감소된 유산소성 운동능력은 공포-회피모델보다는 비정상적인 근육의 수축 패턴으로 인한 생리학적 변화에 더욱 원인이 있을 것으로 생각된다. Sihvonen 등(1997)의 연구에서 기능적 작업 시 만성요통 환자의 요추 심부 근육인 다열근의 활성도가 정상인에 비해 감소되었으며, Biederman 등(1991)의 연구에서는 근전도의 주파수 분석 결과 만성요통 환자의 다열근에서 근피로가 정상인에 비해 더욱 증가되었다. 또한 만성요통을 가지고 있는 사람은 정상인과 비교해서 요부 심부근육의 위축 정도가 더 심하고(Laasonen, 1984), 특히 미토콘드리아가 풍부한 적근이 감소되고 백근이 증가한다고 하였다(Mannion 등, 2000).

본 연구의 제한점은 50대 여성만을 대상으로 비특이성 만성요통 환자와 정상인의 유산소성 운동능력을 평가하였고, 적은 대상자 수로 인해 위의 결과가 모든 비특이성 만성요통 환자들에게 일반화 할 수 없다. 향후 연구에서는 비특이성 만성요통 환자와 정상인의 유산소성 운동능력을 다양한 연령과 활동수준, 그리고 성별을 통해 알아볼 필요가 있다.

## V. 결론

본 연구는 50대 성인 여성 중 비특이성 만성요통이 있는 환자 15명과 정상인 15명에게 증상 제한성 짐중부하 트레드밀 검사 중 호흡 가스 분석을 통하여 무산소성 역치수준을 측정하여 유산소성 운동능력을 비교하였다. 연구결과는 다음과 같다.

1. 발케법으로 진행한 증상 제한성 짐중부하 트레드밀 검사에서 운동자각도는 군 간 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ).
2. 환자군의 실험 후 시각 상사 척도는 실험 전에 비해 낮았으나, 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ).
3. 무산소성 역치수준의 분당 호흡수는 군 간 차이가 없었으나( $p>.05$ ), 무산소성 역치수준의 도달 시간, 분당 심박수, 분당 산소섭취량과 상대적 산소섭취량 그리고 대사당량은 환자군이 정상군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다( $p<.05$ ).

본 연구의 결과로 비특이성 만성요통 환자의 유산소성 운동능력은 정상군에 비해 저하되어 있는 것을 알 수 있었다. 그러므로 임상에서 비특이성 만성요통 환자의 유산소성 운동능력 증진을 위한 재활 프로그램이 고려되어야 할 것이며, 향후 비특이성 만성요통 환자의 감소된 유산소성 운동능력의 원인에 대한 다양한 연구가 필요할 것이다.

## 인용문헌

Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol*. 1986;60(6):2020-2027.  
Biederman HJ, Shanks GL, Forrest WJ, et al. Power spectrum analyses of electromyographic activity:

Discriminators in the differential assessment of patients with chronic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991;16(10):1179-1184.  
Bruce RA, Blackmon JR, Jones JW, et al. Exercising testing in adult normal subjects and cardiac patients. *Pediatrics*. 1963;32:742-756.  
Bortz WM. The disuse syndrome. *West J Med*. 1984;141(5):691-694.  
Crombez G, Vlaeyen JW, Heuts PH, et al. Pain-related fear is more disabling than pain itself: Evidence on the role of pain-related fear in chronic back pain disability. *Pain*. 1999;80(1-2):329-339.  
Davis JA. Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc*. 1985;17(1):6-21.  
Davis JA, Frank MH, Whipp BJ, et al. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. *J Appl Physiol*. 1979;46(6):1039-1046.  
De Meirleir K, Naaktgeboren N, Van Steirteghem A, et al. Beta-endorphin and ACTH levels in peripheral blood during and after aerobic and anaerobic exercise. *Eur J Appl Physiol*. 1986;55(1):5-8.  
Dickstein K, Barvik S, Aarsland T, et al. A comparison of methodologies in detection of the anaerobic threshold. *Circulation*. 1990;81(1 Suppl):II38-46.  
Duque I, Parra JH, Duvallet A. Physical deconditioning in chronic low back pain. *J Rehabil Med*. 2009;41(4):262-266.  
Goldfarb AH, Hatfield BD, Sforzo GA, et al. Serum beta-endorphin levels during a graded exercise test to exhaustion. *Med Sci Sports Exerc*. 1987;19(2):78-82.  
Hansen JE, Sue DY, Wasserman K. Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis*. 1984;129(2 Pt 2):S49-55.  
Itoh H, Taniguchi K, Koike A, et al. Evaluation of severity of heart failure using ventilatory gas analysis. *Circulation*. 1990;81(1 Suppl):II31-37.  
Kindermann W, Simon G, Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance

- training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1979;42(1):25-34.
- Korea Occupational Safety and Health Agency. Industrial disaster present situation statistics. Available: <http://www.kosha.or.kr/>.
- Laasonen EM. Atrophy of sacrospinal muscle groups in patients with chronic, diffusely radiating lumbar back pain. *Neuroradiology.* 1984;26(1):9-13.
- Mannion AF, Käser L, Weber E, et al. Influence of age and duration of symptoms on fibre type distribution and size of the back muscles in chronic low back pain patients. *Eur Spine J.* 2000;9(4):273-281.
- Mathews DK, Fox EL. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics.* Philadelphia. Saunders. 1976.
- Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: A new theory. *Science.* 1965;150(699):971-979.
- Mucci P, Blondel N, Fabre C, et al. Evidence of exercise-induced O<sub>2</sub> arterial desaturation in non-elite sportsmen and sports women following high-intensity interval-training. *Int J Sports Med.* 2004;25(1):6-13.
- Nielens H, Plaghki L. Cardiorespiratory fitness, physical activity level and chronic pain: Are men more affected than woman? *Clin J Pain.* 2001;17(2):129-137.
- Nikooie R, Gharakhanlo R, Rajabi H, et al. Noninvasive determination of anaerobic threshold by monitoring the %SpO<sub>2</sub> changes and respiratory gas exchange. *J Strength Cond Res.* 2009;23(7):2107-2113.
- Oren A, Sue DY, Hansen JE, et al. The role of exercise testing in impairment evaluation. *Am Rev Respir Dis.* 1987;135(1):230-235.
- Picavet HS, Schuit AJ. Physical inactivity: A risk factor for low-back pain in the general population? *J Epidemiol Community Health.* 2003;57(7):517-518.
- Rasmussen-Barr E, Lundqvist L, Nilsson-Wikmar L, et al. Aerobic fitness in patients at work despite recurrent low back pain: A cross-sectional study with healthy age- and gender-matched controls. *J Rehabil Med.* 2008;40(5):359-365.
- Reinhard U, Muller PH, Schmulling RM. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration.* 1979;38(1):36-42.
- Rusko H, Rahkila P, Karvinen E. Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female cross-country skiers. *Acta Physiol Scand.* 1980;108(3):263-268.
- Sieben JM, Vlaeyen JW, Tuerlinckx S, et al. Pain-related fear in acute low back pain: The first two weeks of a new episode. *Eur J Pain.* 2002;6(3):229-237.
- Sihvonen T, Lindgren KA, Airaksinen O, et al. Movement disturbances of the lumbar spine and abnormal back muscle electromyographic findings in recurrent low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(3):289-295.
- Smeets RJ, Wittink H, Hidding A, et al. Do patients with low back pain have a lower level of aerobic fitness than healthy controls?: Are pain, disability, fear of injury, working status, or level of leisure time activity associated with the difference in aerobic fitness level? *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(1):90-97.
- Smeets RJ, van Geel KD, Verbunt JA. Is the fear avoidance model associated with the reduced level of aerobic fitness in patients with chronic low back pain? *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(1):109-117.
- Solberg G, Robstad B, Skjonsberg O, et al. Respiratory gas exchange indices for estimating the anaerobic threshold. *J Sport Sci Med.* 2005;4:29-36.
- Van Daele U, Hagman F, Truijien S, et al. Differences in balance strategies between non-specific chronic low back pain patients and healthy control subjects during unstable sitting. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(11):1233-1238.
- Verbunt JA, Seelen HA, Vlaeyen JW, et al. Disuse and deconditioning in chronic low back pain: Concepts and hypothesis on contributing mechanisms. *Eur J Pain.* 2003;7(1):9-21.
- Verbunt JA, Westerterp KR, van der Heijden GJ, et



- a. Physical activity in daily life in patients with chronic low-back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(6):726-730.
- Vlaeyen JW, Linton SJ. Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: A state of the art. *Pain.* 2000;85(3):317-332.
- Waddell G, Newton M, Henderson I, et al. A fear-avoidance-beliefs questionnaire (FABQ) and the role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability. *Pain.* 1993;52(2):157-168.
- Waddell G. *The back pain revolution.* Edinburgh. Churchill Livingstone. 1998.
- Wasserman K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am Rev Respir Dis.* 1984;129:S35-40.
- Wittink H, Michel TH, Kulich R, et al. Aerobic fitness testing in patients with chronic low back pain: Which test is best? *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25(13):1704-1710.
- Wittink H, Michel TH, Sukiennik A, et al. The association of pain with aerobic fitness in patients with low-back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(10):1467-1471.
- Wittink H, Rogers W, Gascon C, et al. Relative contribution of mental health and exercise-related pain increment to treadmill test intolerance in patients with chronic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26(21):2368-2374.
- Yeh MP, Gardner RM, Adams TD, et al. "Anaerobic threshold": Problems of determination and validation. *J Appl Physiol.* 1983;55(4):1178-1186.
- Yoshida T. Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and the onset of blood lactate accumulation. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1984;53(3):196-199.
- Yoshida T, Nagata A, Muro M, et al. The validity of anaerobic threshold determination by a Douglas bag method compared with arterial blood lactate concentration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1981;46(4):423-430.

---

---

논문접수일 2011년 1월 4일

논문게재승인일 2011년 2월 5일