

## 성인여성의 보행 운동 후 전신진동이 근피로도 해소와 심박회복율에 미치는 영향

The Effect of Muscle Fatigue Reduction and Heart Rate Recovery According to Whole Body Vibration after Gait Exercise in the Young Female

강승록\* · 민진영\*\* · 홍철운\* · 권대규\*\*  
Seung-Rok Kang\* · Jin-Young Min\*\* · Cheol-Un Hong\* · Tae-Kyu Kwon\*\*

\*전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부  
\*Division of Biomedical Engineering, Jeonbuk National University

\*\*주식회사 소닉월드  
\*\*Corporation of Sonicworld

### Abstract

This research was to investigate the effect of fatigue reduction and heart rate recovery (HRR) according to whole body vibration (WBV). 20 healthy participants were recruited and divided into vibration group (VG) and none vibration group (NVG). VG was group with provided vibration and NVG was group without vibration. They exercised slope gait with 8.5 degree and 4km/h during 30min. They rested on the chair type vibrator during 30min. The vibration consists of 10hz as frequency and 5mm as amplitude. We measured the lactate in the blood and HRR before, immediately after exercise and after rest session. The results showed that lactate level in VG the more decreased at 95.2%. The result of HRR was similar including recovery at 50.67% in VG. The WBV with stimulated vessel in muscle assisted the recovery function by reducing the excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) quickly and improving blood circulation. The rest with WBV could provide efficient cool-down exercise for elderly and women without other physical activities after exercise.

**Key words:** Whole Body Vibration, Fatigue Reduction, Lactate in Blood, HRR, Gait Exercise

### 요약

본 연구에서는 고강도 운동 후 전신진동이 근피로도 감소와 심박회복율에 미치는 효과를 알아보하고자 하였다. 피험자는 총 20명으로 진동을 제공받는 그룹과 진동을 제공받지 않는 그룹으로 구성되어 있다. 고강도 운동은 경사 8.5도와 보행속도 4km/h를 30분간 제공하였고, 그룹별 진동유무별 의자형 진동기 위에서 30분간 휴식을 취하였다. 전신진동자극은 10Hz의 진동주파수와 5mm의 진폭을 제공하였다. 진동유무별 피로도 감소와 심박안정화 효과를 검증하기 위해 혈중 젖산농도와 실시간 심박수 변화를 측정하였다. 실험결과, 진동을 제공받는 그룹에서 95.2% 수준의 더 큰 근피로도 감소결과와 50.67%의 더 빠른 심박회복율 결과를 보였다. 이는 고강도 운동 후 전신진동이 근육속 혈관을 지속적으로

※ 본 연구는 한국산업단지공단에서 지원하는 산업통산자원부의 산업집적지 경쟁력 강화사업으로 수행된 것임(과제번호: 1415130494).

† 교신저자 : 권대규 (전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부)

E-mail : kwon10@jbnu.ac.kr

TEL : 063-270-2246

자극하여 운동 후 초과산소섭취를 빠르게 해소하고 혈액순환 기능을 증진시켜 피로도를 감소시킨다. 고강도 운동 후 전신진동을 이용한 휴식은 노약자나 여성들에게 운동 후 다른 육체적 활동 없이 마무리운동으로 긍정적 효과를 기대할 수 있다.

**주제어: 전신진동, 피로도 감소, 혈중 젖산농도, 심박회복율, 보행운동**

## 1. 서론

최근 건강한 삶이 요구되어지면서 남녀노소 모두 효율적인 운동이나 힐링에 대한 관심을 가지게 되었고 다양한 운동방법과 테라피 기술들이 연구되고 있다(Kim et al., 2010; Jin et al., 2010; Cho et al., 2014; Hyung et al., 2011; Kang et al., 2013). 이러한 방법들 중 전신진동은 효율적인 자극 기술로 각광받고 있다(Jung et al., 2007). 전신진동(whole body vibration, WBV)은 인체에 일정부위가 아닌 전신에 무해한 진동을 제공해 신체기관을 자극하는 기술을 의미한다(Seo et al., 2013). 전신진동은 1990년 트레이닝 분야에 적용된 새로운 기술로 유럽, 미국, 일본 등 국내외에서 이미 운동처방 분야에서 활발하게 사용되고 있다(Delecluse et al., 2003). 전신진동은 헬스케어, 재활치료, 스포츠과학 등 다양한 분야에서 연구되고 있다(Cardinale & Bosco, 2003; Lim, 2005).

스포츠과학 분야에서 선수들의 근육의 기능향상 분야에서 가장 많이 적용되고 있다. 전신진동에 대한 인체에 반응 메커니즘에 대한 연구(Torvin et al., 2002), 운동 후 근기능, 골밀도, 체지방 감소 등 긍정적인 영향을 통해 새로운 운동으로 적용가능성을 보고하였다(Lim, 2005; Park et al., 2008). 전신진동은 운동효과뿐만 아니라 재활치료 효과에 대한 많은 연구가 보고되고 있다.

노인질병, 골다공증 치료 등 근골격계 재활치료분야에서도 전신진동을 이용한 다양한 치료방법에 대한 연구가 진행되었다. 또한, 고령자의 근력강화, 자세균형, 보행 기능에 긍정적인 효과들이 검증되었다(Kawanabe et al., 2007). 질병치료 및 완화방법으로 전신진동이 골다공증 치료에 효과적(Ko et al., 2008; Ko et al., 2007)이고 슬관절염을 보유한 환자의 근력강화와 고유수용감각에 긍정적인 치료효과를 보고하

였다(Trans et al., 2009). 하지만 전신진동관련 기존 대부분의 연구는 일반인이 아닌 선수, 고령자 및 환자들을 대상으로 특수한 효과를 검증하였다. 또는 전신진동이 인체기능 증진 및 재활치료 효과여부나 효과 정도에 집중되어 연구가 진행 되었다. 하지만 최근 사람들은 운동뿐만 아니라 힐링(healing)에 대한 관심이 커지고 있어 운동 후 인체의 회복에 관한 연구도 중요시 되고 있다. 즉, 전신진동이 운동 후 인체에 축적된 근피로도 해소와 인체기능 회복에 관한 연구가 필요하지만 그에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 20대 젊은 성인여성을 대상으로 고강도 운동 후 전신진동이 근피로도 감소와 심박회복율에 미치는 영향을 관찰하여 인체기능 회복에 긍정적인 효과를 규명하고자 한다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. 피험자

본 연구에서는 피험자 간 인체 근육량과 체지방량에 따른 실험오차를 최소화하기 위해 실험 전 BMI (body mass index)를 측정하여 정상범위 수준을 보유하고 전신진동과 운동 상해 경험이 없는 신체 건강한 20대 여성 피험자 20명을 선출하였다(Table 1).

피험자들은 고강도 보행운동 후 무작위로 전신진동을 제공 받는 훈련 그룹(vibration group, VG)과 진동을 제공 받지 않는 비교 그룹(none vibration group, NVG)으로 나누어 그룹마다 10명씩 구성하였다. 실험 전 모든 피험자들에게 실험의 목적에 대한 설명하였고 피험자가 전신진동에 대한 인체의 거부반응이나 부작용이 없음을 확인한 후 본 실험을 수행하였다.

Table 1. General characteristics of the subjects (NVG : none vibration group, VG : vibration group)

	NVG	VG
Age(year)	22±1.7	22±1.1
Height(cm)	160±1.9	160±1.2
Weight(kg)	50±2.3	50±3.3
BMI	20±0.9	20±1.5

### 2.2. 의자형 전신수직진동기

전신진동을 제공하기 위한 진동기는 의자형태로 개발되었으며 8개의 진동 발생기가 진동을 제공하며, 체간 상단부, 하단부, 대퇴부와 하퇴부의 좌측과 우측에 위치해 있다(Fig. 1). 전신진동 방향은 인체와 수직방향이고 강도는 진동주파수와 진폭에 따라 결정되며 주파수는 1 Hz ~ 50 Hz, 진폭은 1 ~ 10mm까지 제공된다.

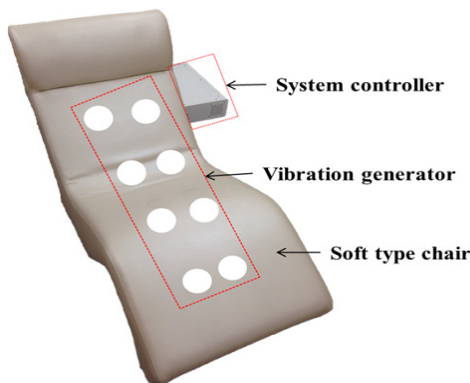


Fig. 1. Vertical whole body vibrator of chair type based sonic-wave (Sonicworld. Co. Ltd., Korea)

### 2.3. 실험절차

실험 전 피험자들의 신체적 조건을 검사하기 위해 BMI 측정과 진동운동에 대한 부작용에 대한 사전평가를 실시하였다. 피험자들에게 고강도 보행운동에 따른 근피로를 제공하기 위해 트레드밀의 경사각도 8.5°, 속도 4 km/h와 30분간의 보행운동을 30분간 실시하였다(Davis, 1985; Mitchell et al., 2005; Wasserman et al., 1986). 보행운동 후 VG는 의자형 수직진동기에 누워 전신진동을 30분간 제공 받았고 NVG는 전신진동 없이 동일한 조건에서 휴식을 하였다(Fig. 2). 전신진동의 세기는 진동주파수 10 Hz와 진폭 5 mm

로 설정하였다.

VO<sub>2</sub>max의 70% 이상의 강도로 10분 이상 운동 시 무산소성 대사를 통해 근육의 혈관 속 젖산이 생성되게 되고 심박수 증가가 나타난다. 따라서 전신진동 유무에 따른 인체 근피로도와 생리학적 기능 안정화 변화를 평가하기 위해 혈중 젖산농도(lactate level in blood)와 심박회복율(heart rate recovery, HRR)을 측정하였다(Brengelmann, 1983; Sejersted & Sjgaard, 2000). 측정은 보행운동 전, 운동 직후와 휴식 후로 총 3회 실시하였으며, 4주간 총 10회 반복측정을 하였다(Fig. 3). 실내온도에 따른 피험자들의 생리학적 변화에 대한 오류를 최소화하기 위해 실험 기간 동안 20°C의 실내온도와 습도 50% 수준으로 실험환경을 유지하였다. 또한, 실험 중 진동에 인한 구토, 두통이나 근육통을 호소할 시 실험을 즉각 중단하도록 하였으며 본 실험 진행 중에 중도 탈락된 피험자는 없었다.

### 2.4. 피로도 감소 및 심박안정화 평가

본 실험에서 보행운동 전, 운동 직후와 휴식 후 3단계 구간에 대한 전신진동 유무별 혈중 젖산 농도와 심박회복율을 측정하였다. 근피로도가 발생하면 젖산 생성으로 인해 근육세포의 전기적 재분극과정인 회복과정이 지연되어 전기적 불응기간이 길어지게 된다. 높은 젖산 생성률로 인한 수소이온의 높은 농도는 다양한 방법으로 피로를 발생시킨다(Fitts, 1994; Sahlin, 1992; Sale, 1987). 따라서 본 연구에서도 휴대용 젖산분석기(accurtrend plus, cobas, Ltd., USA)를 이용하여 혈중 젖산 농도를 매 30분마다 측정하여 진동운동에 따른 근피로도 변화를 관찰하였다. 또한 보행운동으로 증가한 심박수가 진동유무에 따른 회복율을 평가하기 위해 무선 심박수 측정시스템(polar H6, POLAR, Ltd., USA)을 이용하여 매 15분마다 측정을 실시하였다. 데이터는 Fig. 1과 같이 운동 전, 운동 직후와 휴식 후 세 구간에 대한 변화율(variation ratio)을 계산하여 실험 완료 후 실험 전에 비해 진동 유무에 따른 인체 기능 회복수준을 분석하였다.

$$\text{Variation ratio}(\%) = \frac{DV_{\text{afterrest}} - DV_{\text{pretest}}}{DV_{\text{pretest}}} \times 100 \quad (1)$$

*DV* = dependent variables (lactate level, HRR)

### 2.5. 통계적 분석

전신진동이 인체 피로도 감소와 생리학적 기능 회복 효과를 평가하기 위해 혈중 젖산농도와 심박회복율을 측정하였다. 측정된 데이터들의 유의성 검증을 위해 SPSS 13.0을 사용하여 보행운동 전, 운동 직후, 휴식 후의 젖산농도와 심박회복율에 대한 평균과 표준편차를 계산하였다.

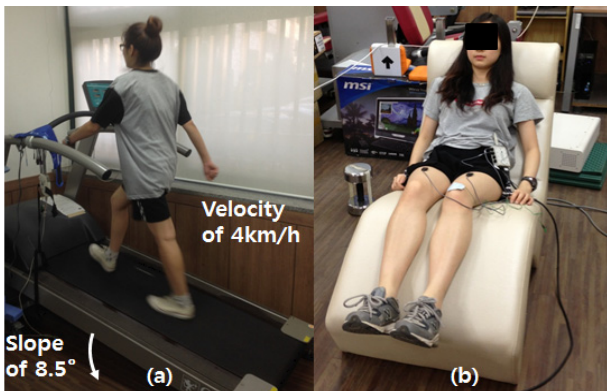


Fig. 2. (a) Gait exercise with slope of 15% and velocity of 4km/h on the treadmill during 30 minute in exercise stage (b) Whole body vibration on the vibrator of chair type during 30 minute in rest stage

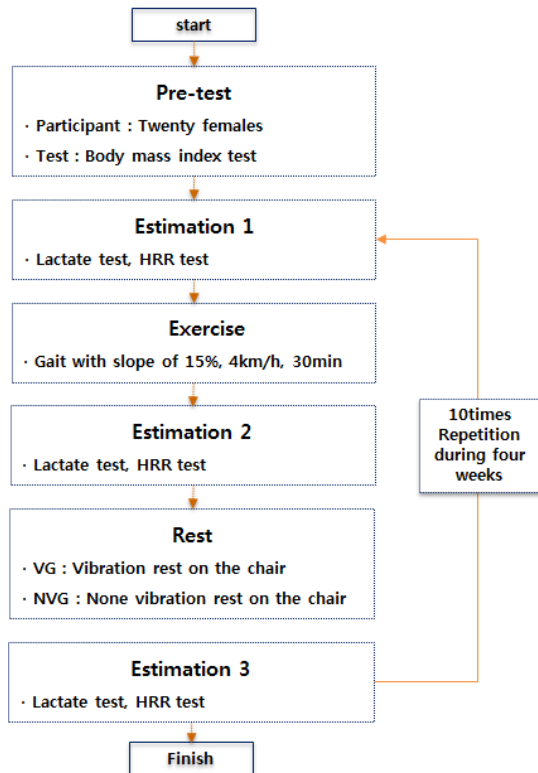


Fig. 3. Block diagram of experimental procedure from pre-test to last estimation

전신진동 유무에 따른 피로도 해소와 생리학적 기능 회복효과에 대한 유의성을 검증하기 위해 각 항목에 따른 측정시기별 젖산농도와 심박회복율의 차이를 반복측정 분산 분석(repeated measure ANOVA)을 실시하였다. 또한 사후검정(post hoc analysis)을 통해 피험자 그룹간의 평균차이를 분석, 유의수준을  $p < 0.05$ 로 하여 집단 간 통계적 유의성을 검증하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 휴식 시 전신진동운동 유무에 따른 젖산농도 변화

실험 결과, 초기(Before the exercise) 진동그룹(VG)과 비진동 그룹(NVG)에서 젖산농도의 차이는  $0.11 \pm 0.04$  mmol/L로 매우 적은 차이를 보였다. 경사 보행운동 직후(운동 종료시점) 두 그룹 간 젖산농도 차이는  $0.16 \pm 0.07$  mmol/L로 소폭의 차이를 나타내면서 젖산농도가 크게 증가되었다. 하지만 휴식 30분 후, 진동 유무에 따라 젖산농도 변화가 큰 차이를 보이는데, 진동 그룹(VG)에서는  $4.19 \pm 0.33$  mmol/L(운동 종료시점)에서  $2.09 \pm 0.11$  mmol/L로 큰 감소 경향을 보여 약 105.25%의 피로도 감소 경향을 보였다. 반면 비진동 그룹(NVG)은  $4.35 \pm 0.23$  mmol/L(운동 종료시점)에서  $3.27 \pm 0.17$  mmol/L로 소폭의 감소 경향을 나타내 약 32.82%의 피로도 감소를 보여 진동운동결과와 비교하였을때 약 1/3 수준의 적은 젖산농도 감소를 나타냈다(Fig. 4). 또한 피로도 회복율에서도 유사한 경향을 보이는데, 진동 그룹(VG)은  $84.81 \pm 9.55\%$ 의 회복율을 보이는 반면, 비진동 그룹(NVG)에서는  $11.42 \pm 3.3\%$ 의 소폭의 회복율 차이를 보였다(Fig. 5).

#### 3.2. 휴식 시 전신진동운동 유무에 따른 심박회복율 변화

실험 결과, 초기(Before the exercise) 진동그룹(VG)과 비진동 그룹(NVG)에서 심박수의 차이는  $2.25 \pm 0.75$  bp/min으로 약 2.63% 차이로 매우 적은 차이를

보여 유사하게 나타났다. 경사 보행 운동 중(15 min ~ 30 min) 두 그룹간 심박수 차이는 4.25~4.70 bp/min 으로 2.55%~3.73% 수준의 소폭의 차이를 보였다 (Fig. 6). 운동 종료 후 휴식 15분, 진동 그룹(VG)에서는 110.50 ± 3.35 bp/min으로 감소하여 운동 종료시점 보다 33.63 % 감소율을 보여 70.76 %의 심박 안정 회복율을 나타냈지만 비진동 그룹(NVG)에서는 122.50

± 5.10 bp/min로 24.49 % 감소율을 보여 60.03 %의 심박 안정 회복율과 전신진동 제공 시 보다 10.36 % 수준의 차이를 보였다. 운동 종료 후(휴식 30분), 진동 그룹(VG)은 90.50±2.50 bp/min으로 약 94.15% 심박 안정 회복율을 보이는 반면 비 진동그룹(NVG)에서는 98.50±3.92 bp/min로 87.42%의 심박 안정 회복율을 나타내 약 6.72%의 차이를 보였다(Table 3).

Table 2. The variation ratio and recovery ratio between-session in the lactate level according to whole body vibration during all sessions (mean±SD, \*p<0.05)

Group	Session	Lactate level(mmol/L)	Variation ratio(%)	p-value	Recovery ratio(%)	p-value
NVG	Pre-test	1.81±0.19				
	Exercise	4.35±0.23				
	Difference	2.63±0.51	(+)153.49±19.25	0.00		
	Rest	3.27±0.17				
	Difference	1.07±0.16	(-)32.82±3.75	0.01	11.42±3.3	0.00
VG	Pre-test	1.70±0.15				
	Exercise	4.19±0.33				
	Difference	2.47±0.65	(+)136.28±15.11	0.00		
	Rest	2.09±0.11				
	Difference	2.20±0.27	(-)105.25±12.05	0.00	84.81±9.55	0.00

NVG : non-whole body vibration group, VG : whole body vibration group

Ready : test results before the exercise period, Exercise : after exercise immediately, Rest : after exercise immediately

Variation ratio : increase ratio(+) or reduction ratio(-), Recovery ratio : recover rate between rest and ready

p-value is given for the overall difference between sessions according to repeated ANOVA

Significant intra-session-differences as calculated using paired t-tests are marked with asterisks : \*p<0.05

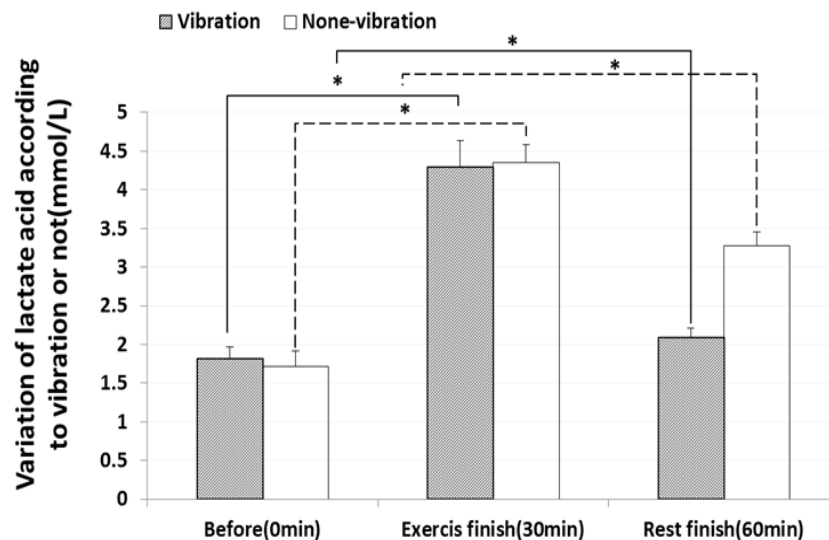


Fig. 4. The result of lactate level variation according to WBV during all session between groups(mean±SD, \*p<0.05)  
The significance between sessions in whole body vibration group : straight line, the significance between sessions in none whole body vibration group : dotted line

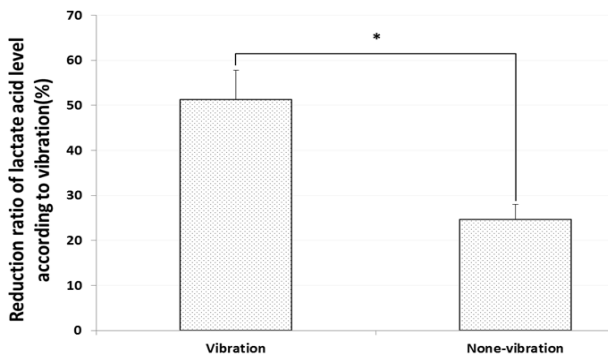


Fig. 5. The result of reduction ratio of lactate level according to WBV during all session between groups(mean±SD, \*p<0.05)

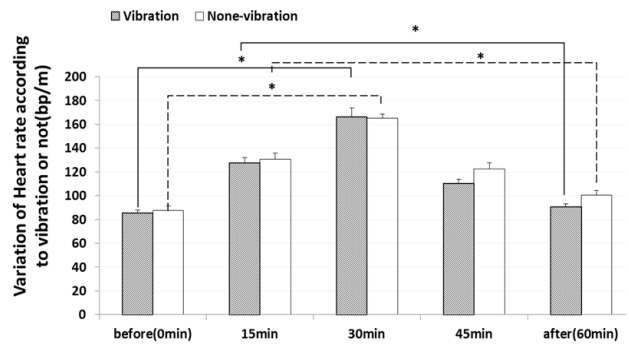


Fig. 6. The result of reduction ratio of lactate level according to WBV during between groups(mean±SD, \*p<0.05). The significance between sessions in whole body vibration group : straight line, the significance between sessions in none whole body vibration group : dotted line

Table 3. The variation ratio and recovery ratio between-session in HR according to whole body vibration during all sessions (mean±SD, \*p<0.05)

Group	Session	HR(beat/min)	Variation ratio(%)	p-value	Recovery ratio(%)	p-value
NVG	Pre-test	87.75±3.52				
	Exercise(15min)	130.45±5.35				
	Difference	42.70±5.01	(+)48.66±7.15	0.01		
	Exercise(30min)	162.25±3.25				
	Difference	74.50±7.79	(+)84.90±5.55	0.00		
	Rest(45min)	3.27±0.17				
	Difference	39.75±6.85	(-)24.49±3.99	0.00		
	Rest(60min)	98.50±3.92				
	Difference	63.75±8.85	(-)39.29±5.17	0.01	94.15±7.15	0.00
VG	Pre-test	85.50±2.55				
	Exercise(15min)	125.75±5.15				
	Difference	40.25±5.10	(+)47.07±3.85	0.00		
	Exercise(30min)	166.50±7.25				
	Difference	81.05±6.01	(+)94.73±7.15	0.00		
	Rest(45min)	110.50±3.35				
	Difference	56.05±3.33	(-)33.63±2.55	0.00		
	Rest(60min)	90.50±7.11				
	Difference	76.09±5.75	(-)45.65±3.17	0.00	87.42±3.77	0.00

NVG : non-whole body vibration group, VG : whole body vibration group

Ready : test results before the exercise period, Exercise : after exercise immediately, Rest : after exercise immediately

Variation ratio : increase ratio(+) or reduction ratio(-), Recovery ratio : recover rate between rest and ready

p-value is given for the overall difference between sessions according to repeated ANOVA

Significant intra-session-differences as calculated using paired t-tests are marked with asterisks : \*p<0.05

#### 4. 논의

본 연구에서는 20대 젊은 성인여성을 대상으로 고강도 보행운동 후 휴식 시 전신진동이 인체기능 회복에 긍정적인 효과를 규명하고자 근피로도 해소와 심박회복을 변화를 분석하였다.

진동을 제공받는 그룹에서 혈중 젖산 농도 감소율이 더 크게 나타나 약 105.25%의 수준의 근피로도

해소를 보이는 반면 비진동 그룹은 약 32.82%의 근피로도 해소 경향을 보여 진동유무별 1/3 수준의 차이를 보였다. 젖산은 운동 후 간에서 코리사이클(Cori cycle)과정을 거쳐 포도당으로 전환, 혈액을 통해 심장과 골격근에 기질로 이용된다. 젖산은 70%는 산화되고 20%는 포도당으로 전환되고 나머지 10%는 아미노산 등으로 전환된다. 고강도 운동 후 회복 시 전신진동이 근섬유를 지속적이고 규칙적으로 자극하여

동적휴식과 같은 가벼운 운동으로 작용되어 더 빠른 젖산제거를 유도하여 활동근에서의 젖산산화를 증진시켰기 때문이다(Gladden, 2004).

심박회복율 결과는 혈중 젖산농도 결과와 다른 경향을 보이는데 휴식 15분 지점에서 진동그룹은 70.76%의 회복을 나타내 비진동 그룹의 60.03% 수준보다 10.36% 수준의 큰 심박회복율 차이를 보였다. 또한 휴식 종료 후에서도 진동그룹은 비진동그룹에 비해 6.72%의 차이를 보였다. 이러한 심박수 변화는 운동 종료 직후 15분 내에서 가장 큰 차이를 보였다. 전신진동이 심박회복 측면에서 젖산농도와 다르게 더 빠른 효과를 나타낸다고 판단된다. 이러한 심박회복율 차이는 고강도 운동 후, 휴식 시 전신진동이 근육 속 혈관을 자극시켜 혈관 탄성도를 높여 혈액 내 산소 공급율을 증진시켜(Sanudoa et al., 2013) 운동 후 초과산소섭취 현상을 빠르게 해소시키고 혈액순환 기능을 보조해 주기 때문이라고 사료된다. 또한 30분간 지속된 운동은 체온증가로 인한 피부혈관의 확장으로 혈장량 감소로 심박수 증가를 발생시켰다. 하지만 본 연구에서는 전신진동을 이용하여 인체의 근육과 피부 속에 전반적이고 균형적 자극을 제공해 체온조절 기능을 강화시켜 심박회복율을 더 빠르게 감소시켰다.

## 5. 결론

본 연구는 일반인을 대상 전신진동이 인체 피로도 해소와 생리학적 기능 안정화에 미치는 영향을 관찰하여 긍정적인 효과를 규명하고자 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

고강도 보행운동 후 휴식 시 정적휴식은 소폭의 감소 경향을 나타내 11.42%의 피로도 회복율을 보이는 반면 전신진동 휴식은 젖산농도가 큰 폭으로 감소되어 84.81%의 피로도 회복율을 보여 더 빠른 피로 감소효과를 보였다. 이는 전신진동이 근육 속 혈중 젖산분해를 촉진시키고, 근육 속 신경계를 지속적으로 자극함에 따라 운동단위 동원 활성화 빈도를 증가시켜 피로도 감소와 근기능 회복율을 높인다.

심박회복율도 고강도 보행운동에 따라 급격히 증가된 심박율은 정적휴식 시 87.42% 수준으로 나타났지만 전신진동 휴식의 경우, 94.15% 심박 안정 회복

율을 보여 운동 전 상태와 유사한 수준까지 회복되었다. 이는 전신진동이 심혈관을 자극해 혈액 산소공급율을 증진을 유도하여 산소부채 현상을 빠르게 해소시키고 혈액순환 기능을 증진해 신체의 회복기능을 보조해준다.

전신진동은 근기능, 유연성, 자세균형 등 인체기능 증진뿐만 아니라 피로도와 신체기능 회복에도 긍정적인 효과를 보인다고 판단된다. 향후 전신진동은 일반인, 여성, 노약자들의 피로도 해소와 인체기능 회복을 위한 새로운 운동방법으로 기대 가능하다.

## REFERENCES

- Bregelmann, G. (1983). Circulatory adjustments to exercise and heat stress. *Annual Review of Physiology*, 45, 191-212.
- Cardinale, M. & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Review*, 31(1), 3-7.
- Cho, J. S., Kwon, T. K., & Hong, J. P. (2014). A study of evaluation index development of healthcare rehabilitation device design(헬스케어 재활훈련기 디자인 평가 요소 개발에 관한 연구). *Korea Society for Emotion and Sensibility*, 17(3), 129-142.
- Davis, J. (1985). Anaerobic threshold : review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(1), 22-34.
- Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole body vibration compared with resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(6), 1033-1041.
- Gladden, L. B. (2004). Lactate metabolism of substrates : a new paradigm for the third millennium. *Journal of Physiology*, 558(1), 5-30.
- Hyoung, S. E., Jin, H. R., Seo, S. H., Lee, S. H., Yu, M., Kwon, T. K., & Hong, J. P. (2011). Case study on functional bike design for elderly and disabled(고령자장애인을 위한 기능성 자전거디자인 사례연구). *Korea Society for Emotion and Sensibility*, 14(1), 17-26.
- Jin, H. R., Yu, M., Park, K. J., Kim, N. G., Jeong, S. H., & Kwon, T. K. (2010). Study on effect of variance of physiological responses in color foot reflexology using color light(컬러광을 활용한 발반사

- 요법이 인체 생리적 반응 변화에 미치는 영향에 관한 연구). *Korea Society for Emotion and Sensibility*, 13(1), 187-196.
- Jung, H. J., Lee, J. E., & Oh, J. K. (2007). Effects of WBV exercise on OPG, RANKL and BMD in ovariectomized rats(진동운동이 난소절제 쥐의 OPG, RANKL, BMD에 미치는 영향). *Korean Journal of Sport Science*, 18(1), 10-17.
- Kang, S. R., Jeong, G. Y., Bae, J. J., Min, J. Y., Yu, C. H., Kim, J. J., & Kwon, T. K. (2013). Effect of muscle function and muscular reaction of knee joint in the twenties on the whole body vibration exercise(전신진동운동이 20대 성인남녀의 슬관절 근기능과 근반응성에 미치는 영향). *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 30(7), 762-768.
- Kawanabe, K., Kawashima, A., Sashimoto, I., Takeda, T. Sato, Y., & Iwamoto, J. (2007). Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly. *The Keio Journal of Medicine*, 56(1), 28-33.
- Kim, H. J., Yu, M., Jin, H. R., & Kwon, T. K. (2010). Development of healthcare bathing system for improving the multisensory functions(복합감각 기능 증진 개념의 헬스케어 목욕시스템 개발). *Korea Society for Emotion and Sensibility*, 13(2), 309-316.
- Ko, C. Y., Lee, T. W., Woo, D. G., Kim, H. S., Kim, H. S., Lim, D. H., & Lee, B. Y. (2007). Effect of whole body vibration on trabecular bone in OVX rats(전신진동이 난소절제술을 시행한 흰쥐 해면뼈에 미치는 영향). *Korean Association of Physical Anthropologists*, 20(4), 301-309.
- Ko, C. Y., Lee, T. W., Woo, D. G., Kim, H. S., Kim, H. S., Lee, B. Y., & Lim, D. (2008). Effect of whole body vibration on Osteoporotic Trabecular bone of rats - compared with the effect of actonel(전신진동이 골다공증이 유발된 쥐 해면골에 미치는 영향-골다공증 치료제 효과와 비교). *Journal of the Korea Society for Precision Engineering*, 25(5), 148-154.
- Lim, Y. T. (2005). Study on whole body vibration as a new exercise training prescription method(새로운 운동-트레이닝 처방 방안으로서 전신진동운동에 관한 연구). *Journal of Coaching Development*, 7(1), 105-116.
- Mitchell, H. W., Peter, H. B., & Robert, M. O. (2005). *American College of Sports Medicine, Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins.
- Park, D. H., Hwang, J. H., & Kim, K. H. (2008). Changes of metabolic and physiological variables to vibration frequency during whole body vibration exercise(진동운동시 진동주파수에 따른 대사적, 생리적 변화). *Journal of Korea Physical Education Association for Girls and Women*, 22(1), 39-52.
- Sejersted, O. M., & Sjgaard, G. (2000). Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise. *Physiological Reviews*, 80(4), 1411-1481.
- Seo, S. B., Kang, S. R., Yu, C. H., Min, J. Y., & Kwon, T. K. (2013). The Effect on improvement of muscle strength imbalance according to load deviation protocol of whole body vibration exercise(부하 편차 방식의 전신진동운동이 하지 근력 불균형 개선에 미치는 효과). *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 30(10), 1095-1101.
- Torvin, S. P., Kannus, H. S., Nen, T. A., Rvinen, M., Pasanen, S., Kontulainen, T. L., Jarvinen, M., Jarvinen, P. O., & Vuori, I. (2002). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Physical Fitness and Performance*, 34(9), 1523-1528.
- Trans, T., Aaboe, J., Henriksen, M., Christensen, R., & August, H. B. (2009). Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *The Knee*, 16(4), 256-261.
- Wasserman, K., Beaver, W., & Whipp, B. (1986). Mechanisms and pattern of blood lactate increase during exercise in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(3), 344-352.

원고접수: 2015.05.19

수정접수: 2015.07.14

게재확정: 2015.07.20