

## 스쿼트 동작 시 경사기능전신진동기의 적용이 몸통 및 하지 근 활성화도에 미치는 영향

오주환<sup>1</sup> · 강승록<sup>2</sup> · 권대규<sup>2</sup> · 민진영<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 전북대학교 대학원 헬스케어공학과 · <sup>2</sup> 전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부 · <sup>3</sup>(주)소닉월드

### The Effect on Muscle Activation in the Trunk and Lower Limbs While Squatting with Slope-whole-body Vibration

Ju-Hwan Oh<sup>1</sup> · Seung-Rok Kang<sup>2</sup> · Tae-Kyu Kwon<sup>2</sup> · Jin-Young Min<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Healthcare Engineering, Graduate School of Chonbuk National University, Jeonju, Korea

<sup>2</sup>Division of Biomedical Engineering, Collage of Engineering, Chonbuk National University, Jeonju, Korea

<sup>3</sup>Sonicworld Corporation

Received 2 November 2015; Received in revised form 12 December 2015; Accepted 16 December 2015

#### ABSTRACT

**Objective** : The purpose of this study was to investigate the effects of dynamic squats with slope-whole body vibration (WBV) on the trunk and lower limb in muscle activities.

**Method** : 9 healthy women (age: 21.1±0.6 years, height: 160.5±1.4 cm, body weight: 50.5±2.4 kg) were recruited for this study. Muscle activities in the trunk and lower limb muscles, including biceps femoris (BF), rectus femoris (RF), rectus abdominum (RA), gastrocnemius (GCM), iliocostalis lumborum (IL) and tibialis anterior (TA), were recorded using an EMG measurement system. The test was performed by conducting dynamic squats with slope-WBV using frequency (10Hz, 50Hz), amplitude (0.5mm), and degree (0°, 5°). Experimental method consisted of 2-pre-sessions and 1-test-session for 20 seconds.

**Results** : The results showed that the muscle activities of the trunk and low limb muscles increased significantly with the 5° slope and lower frequency (10Hz) except for in the TA. From this result, we confirmed that the slope and WBV could efficiently affect stimulation, enhancing muscle activities by facilitating neural control trail and muscle chain tightness.

**Conclusion** : Utilizing the slope-WBV device while squatting could give positive effects on muscle activation in the trunk and lower limb muscles and provide neural stimulation, enhancing muscle chain of control subsystem through TVR (tonic vibration reflex).

**Keywords**: Squat, Whole-body vibration, Slope-whole-body Vibration, Muscle Activation, Core, Trunk and lower limb, Muscle chain.

## 1. 서 론

현대 사회는 자동화와 통신 등의 발달에 따라 삶은 점점 더 편리해지고 있다. 하지만 편리함 이면에 신체활동 감소에 따른 각종질병 및 만성질환을 얻게 되었다. 좌식생활 증가로

인해 바르지 못한 자세들과 운동부족으로 인해 신체의 균형 (Balance)이 틀어지게 된 것이다. 모든 업무는 PC, 휴대전화 등의 전자기기들을 통해 이루어지며 하루 중 대부분의 일과는 의자에 앉아 보내는 시간이 많아지게 되고, 움직임을 포함한 신체활동들은 당연히 점점 줄어들게 되었기 때문이다.

세계보건기구(WHO) 신체활동 권장지침에 따르면 신체활동의 부족은 세계적 사망의 원인으로, 많은 나라에서 비 신체활동이 늘어남에 따라 NCD(Non-communicable disease)의 유병과 인구 전체의 건강약화가 초래되고 있다고 보고하였다. 부족한 신체활동의 결과로 일상생활(앉기, 서기, 걷기, 뛰기 등)

Corresponding Author : Tae-Kyu Kwon  
Division of Biomedical Engineering, Collage of Engineering, Chonbuk National University, 664-14 Deokjin-dong 1, Deokjin-ku, Jeonju-si, Korea  
Tel : +82-63-270-4066 / Fax : +82-63-270-4374  
E-mail : kwon10@jbnu.ac.kr  
본 연구는 한국산업단지공단에서 지원하는 산업통상자원부의 매버릭형기업 육성 R&BD지원사업(MVRGW15001)으로 수행된 연구임

을 유지하고 지속하는 데 필요한 체간 및 하지 근육들의 불안정성으로 인한 퇴행성적인 변화, 근력 및 유연성 위축, 관절의 가동범위(Range of Motion)의 제한 등의 복합적인 요인들은 허리뼈의 불안정성을 가중하는 직접적인 원인이 된다(Marras, 2000; Koumantakis, Watson & Oldman, 2005). 허리뼈의 불안정은 척추 및 주변 근육의 불균형 현상을 초래하게 되는데 이는 코어(Core)의 약화를 말한다.

신체의 중심부(Core)는 인체 전면에 있는 복근(abdominals), 후면의 척추 주위근(para spinals)과 둔근(gluteals), 코어의 상부에 해당하는 가로막(diaphragm)과 하부의 골반 아랫부분(pelvic floor)과 골반대(hip girdle)로 이루어진 근육군의 박스로 정의되고 있으며(Richardson, Jull, Hodges & Hides, 1999), 자세정렬(postural alignment)을 유지하고, 기능적인 활동 수행 시 동적인 자세균형(dynamic postural equilibrium)과, 신경근육의 운동조절 등의 중심적인 역할을 하며, "Power Zone" 으로 언급되고 있다(Taimela, Kankaanpaa & Luoto, 1999; Panjabi, 2003; Akuthota & Nadler, 2004; Akuthota & Ferreira, 2008).

신체의 중심인 코어에 대한 안정성과 강화를 목적으로 하는 트레이닝은 요가, 필라테스, 스트레칭 등의 장점들을 결합한 근력 강화운동 형태로 자신의 체중을 부하로 이용하여 호흡 및 근육의 강화를 목표로 하는 동작들이 대부분 주를 이루게 된다(Koumantakis, Watson & Oldman, 2005; Datta, Lee, Falco, Bryce & Hayek, 2009).

특히 근력 강화운동 중에서 데드리프트(Dead-lift)나 스쿼트 운동(Squat)을 통해 기존의 운동방식에 동작의 변형으로 추가적인 운동강도의 제공이나, 보조물 등의 적용을 통한 기능해부학적 또는 운동역학적인 효과들로, 코어 근육의 강화 및 하지 근육 활성을 제공할 수 있는 형태의 효율적인 운동방법들이 많이 이슈화되고 있다(Fry, Smith & Schilling, 2003). 또한, 액서사이즈 볼(Exercise Ball), 메디신 볼(Medicine Ball), 스텝박스(Step Ball)등의 소도구를 이용한 코어훈련과 WBV(Whole Body Vibration)을 사용하여 스쿼트나 데드리프트 동작을 결합한 형태의 훈련방법들이 지속해서 연구되고 있으며, 효과성이 검증되고 있다.

전신진동운동은 중력 부하(gravitational load)를 인위적으로 조절함으로써 근육을 더 빠르게 지속적 혹은 간헐적으로 수축하게 함으로써 새로운 자극을 가하는 방법으로(Bosco, 1992; Bosco, Cardinale & Tsarpela, 1999; Cardinale, 2002; Roleants, Verschuere, Delecluse, Levin & Stijnen, 2006), 인체에 별다른 무리한 자극을 제공하지 않으면서 인위적으로 또는 정량적으로 Amplitude(mm)나 Frequency(Hz)를 사용자 혹은 훈련목적, 운동강도에 맞게 조절하여 근육에 새로운 자극을 가함으로써(Cardinale & Bosco, 2003; Delecluse, Roelants &

Verschuere, 2003; Cardinale & Wakeling, 2005), 근 기능(Type I, Type II) 및 고유수용기를 자극하여 근 신경 효율성을 향상하는 다양한 기계장치들이 개발되고 있고, 이러한 장비들을 활용한 다양한 연구결과들이 발표되고 있다.

근신경계에 미치는 효과로 근 활성도의 증가(Roleants et al., 2006), 근력이나 근 파워와 같은 근 기능수행력 등의 향상(Issurin, Liebermann & Tenenbaum, 1994; Hong, Velez, Moland & Sullivan, 2010), 진폭(Amplitude)과 빈도(Frequency) 차이에 따른 하지 근육 활성의 비교(Krol, Piecha, Slomka, Polak & Juras, 2011)등의 연구가 진행되었다.

하지만 선행연구들은 일반적인 진동판 위에서의 전신진동의 자극(진폭, 빈도, 진동지속시간 등) 변화를 제공하여 나이별 또는 운동프로그램에 따른 효과 및 효율성에 대한 연구들만 진행되었으며, 이러한 전신진동 운동기의 경우는 대부분이 수직 진동 형식으로 모터방식이 주를 이루었다. 하지만 전신진동뿐만 아니라 추가로 경사도를 제공할 경우 근육 및 신체의 기능향상을 가져온 연구들은 미비한 상태이며, 근 활성도에 관한 연구들도 아직은 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 경사기능 전신진동 운동기를 사용하여 경사각도, 진폭, 빈도 등의 운동 강도를 다르게 적용하여 그에 따른 근 활성도의 차이를 규명함으로써 새로운 형태의 진동 운동기의 효과성을 검증하고, 기능과 역할에 대한 기초적인 자료 제시 및 효율성에 관한 정보를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상자

본 연구에서는 근 골격계 질환이나 진동운동 경험이 없고 최소 6개월 웨이트 트레이닝 경력과 과거 병력이 없는 신체 건강한 20대 성인 여성 9명을 대상으로 실험을 진행하였다. 또한, 최근 3개월 이내 심근경색, 협심증, 비만 치료제, 근육 강화제, 근골격계 통증 완화제와 같은 항목으로 약물복용을 하지 않은 피험자를 대상으로 하였다.

본 연구에 참여한 9명의 피험자는 경사기능 음파 전신진동 기기(Sonic WBV, Sonicworld, Ltd., Korea)를 사용하여 진동주파수별, 진폭별, 경사각도별 차이에 따른 근전도 분석을 하였다. 연구 대상자에 대한 신체적 특징은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of the subject

Subject	Age(yr) M±SD	Height(cm) M±SD	Weight(kg) M±SD	BMI
N=9	21.0±0.6	160.5±1.4	50.5±2.4	19.5±1.7

모든 피험자에게 실험 전 본 실험에 대한 목적과 위험에 대해 충분히 설명하였으며, 운동 프로그램 수행 및 실험을 위해 자발적으로 측정에 참여하겠다는 동의를 받았다.

## 2. 실험절차

### 1) 실험설계

<Figure 1>은 경사기능 전신진동운동의 진폭별, 빈도별, 경사각 도별 차이에 따른 근 활성화 효과분석에 대한 연구 수행 과정을 나타내고 있다. 피험자들은 음파기능 경사형 진동판 위에 맨발로 선 상태에서 동적인 스쿼트(squat exercise)를 실시하였다. 실험절차는 경사 기능 음파 전신진동 및 운동 자세에 관한 2번의 Pre-session을 진행하고 3번째 수행을 Test-session으로 하여 각 변인에 따른 EMG(Electromyography) 값을 측정하였다.

본 연구에서는 일정한 진폭, 저 역대 및 고 역대 진동빈도, 경사각도를 제공하였다. 전신진동에서 운동강도는 진폭(Amplitude), 빈도(Frequency), 지속시간(Duration) 등이 존재하는데, 같은 형태의 전신진동 운동기기를 사용하여 상지 및 하지 근육의 빈도와 진폭별 차이에 따른 근 활성화 분석을 교차적으로 실시한 결과 0.5 mm(진폭)과 10 Hz(빈도)에서 가장 높게 나타났다는(Kang & Kwon, 2012; Yu, Seo, Kang & Kwon, 2014; Oh, Kang, Min & Kwon, 2015), 선행연구결과에 따라 진폭은 0.5 mm로 고정하여 제공하였다.

또 다른 운동강도 변인 중의 하나인 경사각도는 0°와 5°로 설정하였다. 이는 경사각도에 따른 근육 활동을 비교한 선행 연구에서 경사도 0°~10°의 경우 대부분의 하지 근육 활성화에서 약 3배 정도 높게 나타났다(Chae, Jeong & Jang, 2007)는 연구결과에 따라 추가적인 변인(경사각도)을 설정하여 제공하였으며 본 연구에 참여한 피험자들이 웨이트 트레이닝 경험이 없는 여학생들로 구성되었기 때문에, 경사각도가 너무 높아지면 운동수행을 진행하는 데 안전상의 문제발생이 우려되어 적당한 수준의 경사도인 5°로 설정하였다.

전신진동자극의 빈도 제공에 있어서는 선행연구에서 근 활성화도의 효과성을 입증한 10 Hz(저 역대 음파 진동)와 극단적인 비교 값인 50 Hz(고 역대 음파 진동)를 추가로 제공된 경사각도 상황에서의 상지 및 하지 근육의 활성을 비교하기 위해 각각 제공하여 측정하였다. 또한, 피험자들의 신장이나 체중, 나이에 의한 오차를 줄이기 위해 피험자 간의 편차를 최소화하였고, 운동 효과에 영향을 미칠 수 있는 외부적인 요인들을 통제하기 위하여 운동 시 동작에 대한 지속적인 언어 및 비언어적인 피드백을 제공하였으며, 일관된 동작 및 구간별 통제를 위하여 메트로놈과 스톱워치를 사용하였다.

### 2) 실험자세

운동 자세는 스쿼트(squat) 동작으로, 허리를 곧게 펴고 시선은 정면 또는 약간 상방을 향하고, 발끝으로 무릎이 나가지 않는 형태를 유지하여 하지관절의 굴곡과 신전을 반복하여 동작을 진행하며, 다리는 어깨너비보다 약간 크게 십 일자로 벌려 진행을 하였다(Fry, 1993). 세부적인 자세는 <Figure 2>와 같다.

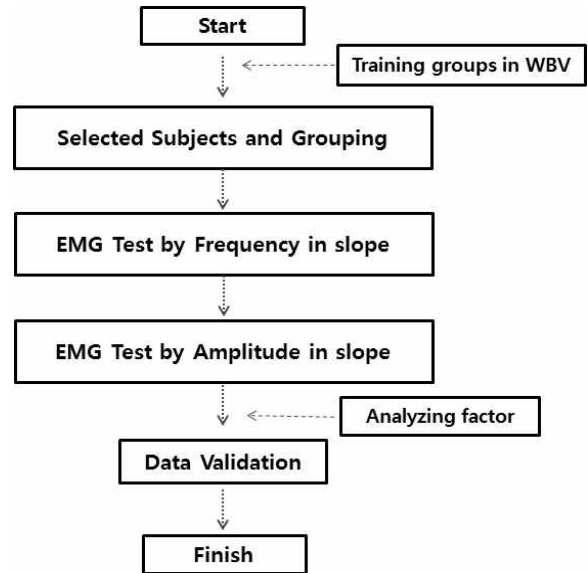


Figure 1. Block diagram of experimental procedure



Figure 2. Squat exercise using Slope with vibration type of whole body vibration platform

3) 근전도 실험절차 및 EMG 자료처리

경사각은 0°와 5°, 진폭은 0.5 mm로 고정하여 제공하였고, 빈도는 10 Hz와 50 Hz로 나누어 제공하여 각각의 조건에 따라 근 활성도를 평가하였다.

근 활성도는 Delsys Bagnoli 8 EMG system(Bagnoli, Delsys Inc, Boston, MA) 장비를 사용하여 <Figure 3>과 같이 측정되었으며, 근전도는 대퇴직근(Rectus Femoris), 대퇴이두근(Biceps Femoris), 전경골근(Tibialis Anterior), 비복근(Gastrocnemius), 요장늑근(Iliocostalislumborum), 복직근(rectus abdominum)의 위치에 부착하였다.

스쿼트 동작은 상승 및 하강 구간으로 나누어 5초간 4번 총 20초간 수행을 반복 측정 및 데이터 수집을 진행하였고, 근전도 측정 시 Sampling rate는 1000 Hz로 설정하였으며, 잡음 제거를 위해 Bagnoli modem filtering 후 amplifying 실시하였다. 데이터 처리는 butter-worth filter로 25-450 Hz 구간을 band pass filter 후 데이터 수집을 하였다(Kang, Jung, Moon, Jeong, Kim & Kwon, 2011).

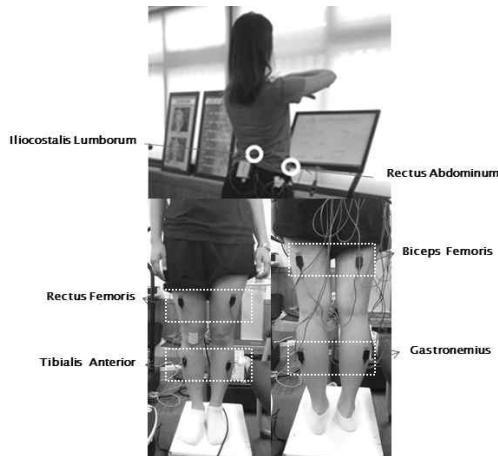


Figure 3. EMG measurement in the trunk and lower-limb muscle

또한, 측정된 근전도 신호는 RMS(V) 값으로 변환하여 분석하였으며, 측정된 근전도의 진폭정보인 RMS 값은 피험자의 나이, 성별, 근육 단면의 크기, 피부두께 등의 피험자 개별성에 대한 오류 검증을 하였다.

3. 데이터 처리 및 분석

경사도 유무 및 각각 상황에서 진동빈도 차이에 따른 하지 근력에 미치는 효과를 통계적으로 검증하기 위하여 통계처리는 SPSS 18.0 for Windows version(SPSS Inc., Chicago, USA)을 사용하였으며 유의수준은  $p < .05$ 로 하였다. 경사도의 유무, 즉 2개

의 표본에 따른 근육활성도 차이는 독립표본 t-test 실시하였으며, 경사도 유무에 따른 각각의 상황에서 진동빈도(0 Hz, 10 Hz, 50 Hz)에 따른 근육활성도의 차이를 알아보기 위해 일원 분산분석(one-way anova)을 실시하였다. 또한, 각각의 변인에 따른 차이는 Scheffe 방식을 통해 사후검증을 실시하였다.

III. 결 과

1. 경사각도 차이에 따른 근 활성도 변화

운동자세(squat)를 취할 때 경사도의 유·무 혹은 경사각 도는 무게중심을 안정 또는 불안정하게 만드는 또 하나의 운동 강도를 증가시키는 변인으로 작용하는 요소라 할 수 있다.

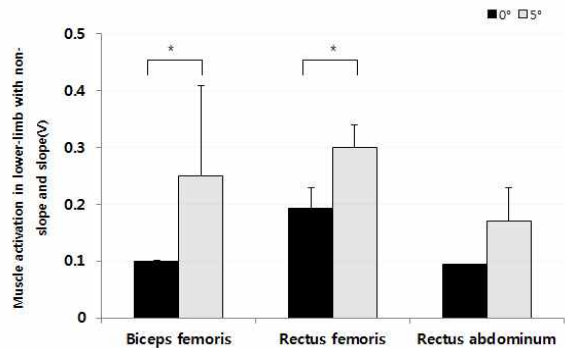


Figure 4. Muscle activation patterns of lower-limb muscles with the non-slope and slope (\* $p < .05$ )

<Figure 4>는 진동자극의 강도(진동 주파수, 진동진폭)를 제공하지 않은 상태에서 경사각 도의 변화 0°, 5°를 제공 후 대퇴이두근, 대퇴직근, 복직근의 근 활성도를 측정된 값을 나타내고 있다. 대퇴이두근에서 경사도 0°(0.098±0.002V)에서의 운동수행보다 5°(0.249±0.159V)에서의 운동수행에서 약 1.5배 근 활성도가 증가하는 경향을 보였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 대퇴직근에서는 0°(0.193±0.036V)보다 5°(0.3±0.039V)에서 약 0.5배 근 활성도가 증가하였고, 또한 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 복직근에서 0°(0.094±0.001V)보다 5° (0.171±0.057V)에서 약 0.8배 근 활성도가 증가하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

<Figure 5>는 비복근, 요장늑근, 전경골근의 근 활성도를 측정된 값을 나타내고 있다. 비복근에서는 0°(0.123±0.023V)에서의 운동수행보다 5°(0.053±0.008V)에서의 운동수행에서 약 0.5배 근 활성도가 감소하였고, 또한 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 요장늑근에서는 0°(0.331±0.017V)보다 5°(0.436±0.263V)

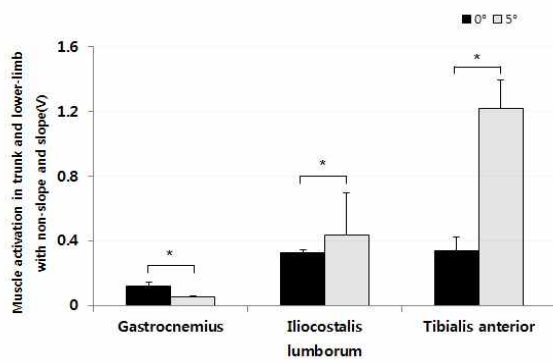


Figure 5. Muscle activation patterns of trunk and lower-limb muscles with the non-slope and slope (\* $p < .05$ )

에서 약 0.3배 근 활성도가 증가하는 경향을 보였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 전경골근에서는 0°(0.343±0.081V)보다 5°(1.218±0.18V)에서 약 2.5배 근 활성도가 증가하는 경향을 보였고 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

## 2. 진동 주파수 차이에 따른 근 활성도 변화

<Figure 6>은 진동운동 시 진폭은 0.5 mm 고정하였고, 진동빈도별 차이에 따른 대퇴이두근, 대퇴직근, 복직근의 근 활성도를 측정된 값을 나타내고 있으며, 진동빈도는 0Hz, 10 Hz, 50 Hz의 세 가지 형태로 제공하여 비교하였다. 대퇴이두근에서는 0 Hz(0.098±0.002V)운동수행과 10 Hz(0.108±0.013V)의 진동자극을 제공한 운동수행의 결과, 10 Hz에서 약 1.9배 근 활성도가 증가하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 50 Hz(0.072±0.004V)를 제공한 운동수행결과, 0 Hz 운동수행에 비해 약 1.3배 근 활성도가 감소하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 또한, 10 Hz 와 50 Hz 진동자극을 제공한 운동수행결과에서는 50 Hz 전신진동 자극에서 약 1.5배 근 활성도가 감소하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

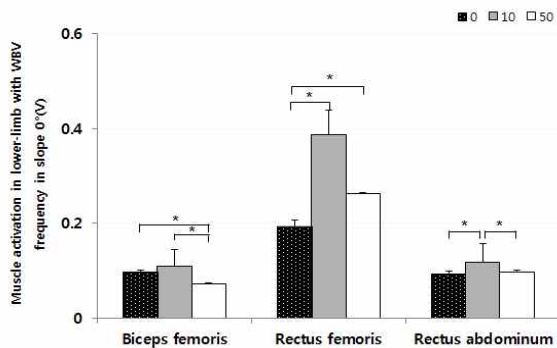


Figure 6. Muscle activation patterns of lower-limb muscles with WBV frequency in slope 0° (\* $p < .05$ )

대퇴직근에서는 0 Hz(0.193±0.036V)와 10 Hz(0.387±0.05V)의 전신진동자극을 제공한 운동수행결과에서 약 2배 근 활성도가 증가하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 50 Hz(0.263±0.04V)의 진동자극을 제공하여 비교한 결과, 약 1.4 배 근 활성도가 증가하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 10 Hz와 50 Hz의 전신진동자극을 각각 제공하여 비교한 결과에서는 50 Hz의 운동수행에서 약 1.5배 근 활성도가 감소하였고, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

복직근에서는 0 Hz(0.094±0.001V)와 10 Hz(0.116±0.001V)의 전신진동자극을 제공한 운동수행결과에서, 약 0.9배 근 활성도가 증가하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 50 Hz(0.096±0.004V)의 전신진동자극을 제공한 운동수행과의 비교에서도 약 0.9배 근 활성도가 증가하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 10 Hz와 50 Hz의 운동수행 비교결과에서는 50 Hz 자극에서 약 1.2배 감소하였고, 통계적으로는 유의한 차이를 보였다.

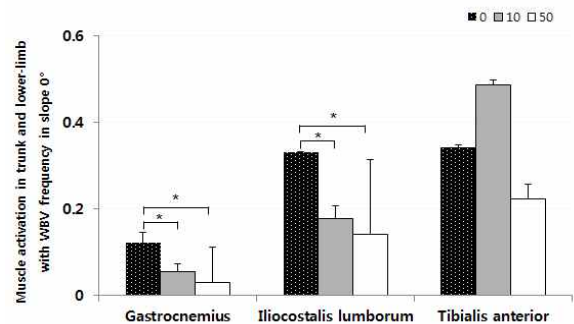


Figure 7. Muscle activation patterns of trunk and lower-limb muscles with WBV frequency in slope 0° (\* $p < .05$ )

<Figure 7>은 진동운동 시 진폭은 0.5 mm 고정하였고, 진동빈도별 차이에 따른 비복근, 요장능근, 전경골근의 근 활성도를 측정된 값을 나타내고 있다. 비복근에서는 0 Hz(0.123±0.023V)와 10 Hz(0.055±0.001V) 전신진동자극을 제공한 운동수행결과에서 근 활성도가 약 2.2배 감소하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 50 Hz(0.03±0.003V)를 제공한 운동수행비교 결과에서도 근 활성도가 약 4배 감소하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 하지만 10 Hz와 50 Hz의 운동수행 비교결과에서는 50 Hz 자극에서 근 활성도가 약 0.5배 감소하였지만, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

요장능근에서는 0 Hz(0.331±0.017V)와 10 Hz(0.178±0.029V) 전신진동자극을 제공한 운동수행결과에서는 약 1.8배 근 활성도가 감소하였고, 50 Hz(0.141±0.012V)를 제공한 운동수행비교 결과에서도 약 2.3배 감소하였으며, 통계적으로 유의한 차

이를 보였다. 하지만 10 Hz와 50 Hz의 운동수행 비교결과에서는 50 Hz 자극에서 약 1.2배 감소하였지만, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

전경골근에서는 0 Hz(0.343±0.081V)와 10 Hz(0.486±0.173V) 전신진동자극을 제공한 운동수행결과에서는 약 1.4배 근 활성도가 증가하였고, 50 Hz(0.222±0.173V)를 제공한 운동수행 비교 결과에서는 약 1.5배 감소하였으며, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 10 Hz와 50 Hz의 운동수행 비교결과에서는 50 Hz 자극에서 약 2.2배 감소하였지만, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

### 3. 진동 및 경사각도 차이에 따른 근 활성화도 변화

<Figure 8>은 진동운동 시 진폭 0.5 mm로 고정하였고, 진동 빈도별(0 Hz, 10 Hz, 50 Hz), 경사 5°를 결합하여 제공할 시 대퇴이두근, 대퇴직근, 복직근의 근 활성도를 나타내고 있다.

대퇴이두근에서는 5° 경사도를 제공하고, 0 Hz(0.249±0.159V)와 10 Hz(1.962±1.186V)의 전신진동자극을 제공한 운동수행에서 약 7.8배 근 활성도가 증가하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 50 Hz(0.068±0.002V)와 비교한 결과에서는 약 3.6배 감소하는 결과를 보였고, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 10 Hz의 전신진동자극과 50 Hz의 전신진동자극 운동수행 비교결과에서는 50 Hz에서 약 23배 근 활성도가 감소하였고, 통계적으로는 유의한 차이를 보였다.

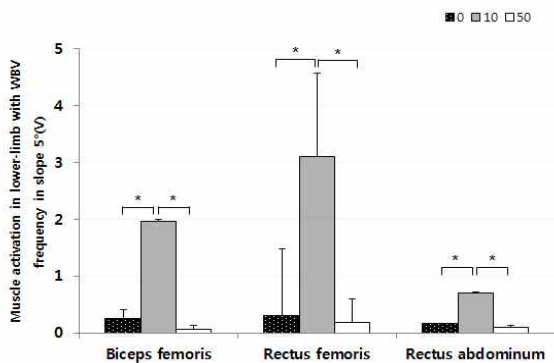


Figure 8. Muscle activation patterns of lower-limb muscles with WBV frequency in slope 5° (\**p*<.05)

대퇴직근에서는 5° 경사도를 제공하고, 0 Hz(0.3±0.039V)와 10 Hz(3.1±1.462V)의 전신진동자극을 제공한 운동수행에서 약 10.3배 근 활성도가 증가하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 50 Hz(0.182±0.01V)와 비교한 결과에서는 약 0.6배 감소하는 결과를 보였고, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 10 Hz의 전신진동자극과 50 Hz의 전신진동자극

운동수행 비교결과에서는 50 Hz에서 대략 17배 근 활성도가 감소하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

복직근에서는 5° 경사도를 제공하고, 0 Hz(0.171±0.057V)와 10 Hz(0.702±0.424V)의 전신진동자극을 제공한 운동수행에서 약 4배의 근 활성도가 증가하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 50 Hz(0.102±0.021V)와 비교한 결과에서는 약 0.5배 감소하는 결과를 보였고, 통계적으로도 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 10 Hz의 전신진동자극과 50 Hz의 전신진동자극 운동수행 비교결과에서는 50 Hz에서 약 6.8배 근 활성도가 감소하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

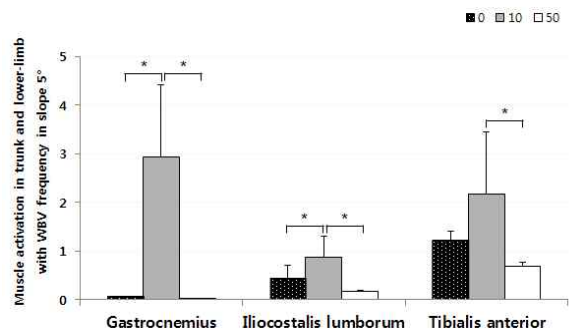


Figure 9. Muscle activation patterns of trunk and lower-limb muscles with WBV frequency in slope 5° (\**p*<.05)

<Figure 9>는 진동운동 시 진폭 0.5 mm로 고정하였고, 경사 5°를 제공할 시 진동빈도별 차이에 따른 비복근, 요장늑근, 전경골근의 근 활성도를 나타내고 있다. 비복근에서는 5° 경사도를 제공하고, 0 Hz(0.053±0.008V)와 10 Hz(2.936±1.473V)의 전신진동자극을 제공한 운동수행에서 약 53배의 근 활성도가 증가하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 50 Hz(0.029±0.003V)와 비교한 결과에서는 약 0.5배 감소하는 결과를 보였고, 통계적으로도 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 10 Hz의 전신진동자극과 50 Hz의 전신진동자극 운동수행 비교결과에서는 50 Hz에서 약 100배 근 활성도가 감소하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

요장늑근에서는 5° 경사도를 제공하고, 0 Hz(0.436±0.263V)와 10 Hz(0.878±0.43V)의 전신진동자극을 제공한 운동수행에서 약 2배의 근 활성도가 증가하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 50 Hz(0.17±0.019V)와 비교한 결과에서는 약 0.5배 감소하는 결과를 보였고, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 10 Hz의 전신진동자극과 50 Hz의 전신진동자극 운동수행 비교결과에서는 50 Hz에서 약 3.2배 근 활성도가 감소하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

전경골근에서는 5° 경사도를 제공하고, 0 Hz(1.218±0.18V)

와 10 Hz(2.176±1.277V)의 전신진동자극을 제공한 운동수행에서 약 1.7배의 근 활성도가 증가하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 50 Hz(0.687±0.086V)와 비교한 결과에서는 약 0.5배 감소하는 결과를 보였고, 통계적으로도 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 10 Hz의 전신진동자극과 50 Hz의 전신진동자극 운동수행 비교결과에서는 50 Hz에서 약 3.1 배 근 활성도가 감소하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

## IV. 논 의

### 1. 경사각도 차이에 따른 근 활성도 변화

코어 근육과 하지 근육을 발달시킬 수 있는 근력 강화 운동의 방법 중 스쿼트 운동이 가장 효과적인 운동방법이라 할 수 있다. 이때 운동강도를 추가로 제공하는 방법은 여러 가지 형태로 수행되게 되며, 특히 초보자의 운동에서는 중량이나 부하를 늘리는 형태보다는, 무게중심의 안정 및 불안정 상태의 변화를 통하여 강도를 증가시키는 방법이 안전하고 효율적이라고 할 수 있다. 스쿼트 동작 시 경사도의 유무에 따라 근 활성도를 측정할 결과 비복근에서만 근 활성도가 감소하는 경향을 보였고, 대퇴이두근, 복직근에서의 근 활성도는 증가하는 경향을 보였다. 또한, 대퇴직근, 요장늑근, 전경골근에서의 근 활성도는 증가하는 경향을 보였으며, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다. 즉 이러한 결과는 경사각도의 제공이 발목을 인위적으로 배측 굴곡 시켜 전후 방향의 신체 무게중심의 이동이 불안정한 상태가 되기 때문에, 일정한 동작 수행 시 신체가 이를 극복하기 위해 주동근(넓적다리) 및 척추 주변 근육(요장늑근, 복직근 등)에서도 주동근 형태의 협력적인 작용이 동시적으로 발생한 것이라 판단된다.

선행연구를 보면 평지에서 스쿼트 운동을 할 경우 대퇴사두근의 수축과 이완을 통해 굴곡과 신전 동작이 발생하지만, 발뒤꿈치에 보조물 경사각을 사용하게 되면 무게중심의 이동을 통하여 대퇴사두근뿐만 아니라 주변 하지의 근육 활동이 증가한다는 연구(Chae, Jeong & Jang, 2007)와 유사한 결과를 나타냈다. 따라서 경사각도를 활용한 전신진동 기계를 통하여, 무게중심의 이동을 운동강도로 초보자에게 적용할 경우보다 안전한 형태로 또는 적합한 운동강도를 증가시키는 효율적인 방법으로서의 기능할 수 있을 것으로 판단된다.

### 2. 진동 주파수 및 경사각도 차이에 따른 근 활성도 변화

초보자의 경우 운동수행 시 가장 큰 단점은 운동 사슬

(Kinetic Chain)의 유기적인 결합의 느슨함이라고 할 수 있다. 운동 사슬은 여러 개의 분절이 관절을 통해 특정한 움직임이나 특정한 자세를 만들어 기능이나 동작 수행 시 필요한 인체의 움직임 시스템(human movement system) 또는 연결고리 시스템이다. 특히 스쿼트와 같은 운동은 단련 운동 사슬(CKC)의 대표적인 운동으로써(Mikkelsen, Werner & Ericsson, 2000), 신체균형, 고유수용감각, 관절의 안정성 등의 전신 협응력이 크게 요구되는 동작이기 때문에 무게중심의 이동으로만 여러 가지의 변인의 요건을 충족하여 운동 사슬의 결합을 견고히 하기에는 부족한 결과를 초래할 수 있다.

경사도 및 전신진동빈도의 제공을 통한 근 활성도의 변화를 측정할 결과 경사도를 제공하지 않고 진동자극의 빈도만을 변화하여 제공한 경우, 50 Hz에서 근육 대부분에서 오히려 크게 근 활성도가 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 고역대의 전신진동자극은 오히려 진폭의 범위를 상쇄시키는 결과를 초래하게 된다(Yu, Seo, Kang, & Kwon, 2014)는 선행연구와 유사한 결과가 나타났으며 본 연구의 주장과 일맥상통한다고 할 수 있다. 또한, 진동빈도별 차이에 따른 세부적인 결과 10 Hz에서 대부분의 근육인 대퇴이두근, 대퇴직근, 복직근, 전경골근에서는 근 활성도가 증가하는 결과를 보이지만 비복근, 요장늑근에서는 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 스쿼트 운동 시 전신진동자극이 근 활성도에 전반적인 향상을 가져오는 건 사실이지만, 동작 수행 시 근 활성도 측면에서 일반적인 경향성을 나타내지 않았다.

특히 일반인의 경우 운동사슬의 유기적인 연결이 느슨한 상태이므로, 전신진동자체의 독립적인 자극은 신체의 운동단위의 효율적인 동원을 이끌어 내는 형태로는 조금 부족한 요인이라 생각 된다.

하지만 추가로 경사각도 및 진동빈도를 복합적으로 제공한 운동 형태에서는 경사각도 5°와 10 Hz의 운동수행 결과에서 대부분의 상지 및 하지 근육에서 근 활성도 증가를 보였으며, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다.

운동사슬의 경우 Control Subsystem이 제일 먼저 작동하게 되는데 이는 신경계의 작용이라 할 수 있으며(Blackard, Jensen & Ebben, 1999; Irish, Millward, Wride, Haas, Shum & Gary, 2010), 전신진동의 경우 일정한 정현파를 유발하여 근신경의 자의적 반사수축(Tonic Vibration Reflex, TVR)을 발생하게 됨으로써 근신경계의 기능적인 향상을 일으키게 된다(Russo, Lauretani, Bandinelli, Bartali, Cavazzini, Guralnik & Ferrucci, 2003; Roelants, Verschuere, Delecluse, 2006; Nordlund & Thorstensson, 2007; Oh, Kang, Min & Kwon, 2015).

즉 고유수용기의 자극 및 활성을 통해 운동단위의 동원 능력을 향상하며, 추가적인 운동강도(경사각도)의 결합으로 무게

중심의 이동을 통해 근 신경 및 운동단위의 민감도를 향상하는 시너지 효과를 발생한 것으로 판단된다.

따라서 초보자의 경우 운동수행에서 새로운 형태의 경사기능 전신운동기기 및 프로그램을 적용하여 동작을 진행할 경우 효율적인 측면에서 운동적용을 기대할 수 있을 것이라 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 경사기능 음과 전신진동운동 제공을 통한 스쿼트 동작 시 근 활성도의 변화를 측정 및 분석하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 스쿼트 운동에서 경사각 도의 차이에 따라 운동강도를 제공할 경우, 비복근을 제외한 대부분 근육에서 근 활성도가 증가하는 경향을 보였으며, 이는 초보자의 운동강도 증가로서의 경사각도의 조절이 특정한 운동이나 동작에서 효과적인 것으로 나타났다.

둘째, 스쿼트 운동에서 경사각 도와 전신진동을 동시에 제공한 경우, 대부분의 근육에서 증가하는 일정한 패턴을 보였으며, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다. 특히 전신진동은 근신경계의 활성화 및 고유수용기 자극, 운동단위 활성화 등의 효과를 통하여 운동 사슬의 유기적인 결합을 견고하게 하는 것으로 나타났다.

차후 연구에서는 음파기능 전신운동 기기를 통하여 다양한 그룹 및 다양한 강도(진폭, 빈도, 진동시간)등의 변화를 통해 전신진동 운동기기가 운동의 보조기구로서의 활용에 대한 보다 적극적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., & Ferdericson, M. (2008). Core stability exercise principles. *Current Sports Medicine Reports*, 7(1), 39-44.
- Akuthota, A., & Nadler, S. F. (2004). Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(1), 86-92.
- Blackard, D. O., Jensen, R. L., & Ebben, W. P. (1999). Use of EMG analysis in challenging kinetic chain terminology. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(3), 443-448.
- Bosco, C. (1992). *The effects of Extra-load Permanent Wearing on Morphological and Functional Characteristics of Leg Extensor Muscles*. Published Doctoral Thesis. University Jean-Momnet.
- Bosco, C., Cardinale, M., & Tsrpela, O. (1999). Influence vibration on mechanical power and electrogram activity in human arm flexor muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 306-311.
- Cardinale, M. (2002). *The Effect of Vibration on Human Performance and Hormonal Profile*. Published Doctoral Thesis. Semmelweis University Doctoral School.
- Cardinale M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise And Sport Science Reviews*, 31(1), 3-7.
- Cardinale, M. & Wakeling, J. (2005). Whole body vibration exercise: are Cavibratio good for you?. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 585-589.
- Chae, W. S., Jeong, H. K., & Jang, J. I. (2007). Effect of different heel plates on muscle activities during the squat. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(2), 113-121.
- Datta, S., Lee, M., Falco, F. J., Bryce, D. A., & Hayek. (2009). Systematic assessment of diagnostic accuracy and therapeutic utility of lumbar facet joint interventions. *Pain Physician*, 12, 437-460.
- Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(6), 1033-1041.
- Fry, A. (1993). Coaching consideration for the barbell squat-Part I. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 60-65.
- Fry, A. C., Smith, J. C & Schilling, B. K. (2003). Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 629-633.
- Hong, J., Velez, M., Moland, A., & Sullivan, J. (2010). Acute effects of whole body vibration on shoulder muscular strength and joint position sense. *Journal of Human Kinetics*, 25, 17-25.
- Irish, S. E., Millward, A J., Wride, J. H, Bernhard, M., Shum., & Gary, L. K. (2010). The effect of closed-kinetic chain exercises and open-kinetic chain exercise on the muscle activity of vastus medialis oblique and vastus lateralis. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1256-1262.
- Issurin, V. B., Liebermann D. G., & Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *Journal of Sports Science*, 12(6), 561-566.
- Kang, S. R., & Kwon, T. K. (2012). Effect on improvement of muscle strength for loading pattern using electric exercise instrument. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 29(2) 229-238.
- Kang, S. R., Jung, G. Y., Moon, D. A., Jeong, J. S., Kim, J. J., & Kwon, T. K. (2011). Evaluation of bio-mechanical characteristics according to loading deviation methods during rowing exercise. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(3), 369-382.
- Koumantakis, G. A., Watson, P. J., & Oldham, J. A. (2005). Trunk muscle stabilization training plus general exercise versus general



- exercise only: Randomized controlled trial of patients with recurrent low back pain. *Physical Therapy*, 85, 209-225.
- Krol, P., Piecha, M., Slomka, K., Polak, A., & Juras, G. (2011). Trunk muscle stabilization training plus general exercise versus general exercise only: Randomized controlled trial of patients with recurrent low back pain. *Physical Therapy*, 85, 209-225.
- Marras, W. S. (2000). Occupational low back disorder causation and control. *Ergonomics*, 43(7), 880-902.
- Makkelsen, M., Werner, S., Eriksson, E. (2000). Closed Kinetic Chain along compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports. *Journal of Sports Medicine*, 20(8), 337-342.
- Nordlund, M. M., & Thorstensson, A. (2007). Strength training effects of Whole-body vibration. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(1), 12-17.
- Oh, J. H., Kang, S. R., Min, J. Y., & Kwon, T. K. (2015). The effect in the muscle function following 8-week dead-lift training with whole-body vibration in rehabilitation for sports players. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 25(3), 343-351.
- Panjabi, M. M. (2003). Clinical spinal instability and low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13, 371-379.
- Rechardson, C. A., Jull, C. A., Hodges, P. W., & Hides, J. A. (1999). *Therapeutic Exercise for Spinal Segmental Stabilization in LBP: Scientific Basis and Clinical Approach*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Roelants, M., Verschueren, S. M., Delecluse, C., Levin, O., & Stijnen, V. (2006). Whole-body-vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 3306-3310.
- Russo, C. R., Lauretani, F., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Guralnik, J. M., & Ferrucci, L. (2003). High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal woman. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(12), 1854-1857.
- Taimela, S., Kankaanpää, M., & Luoto, S. (1999). The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. *Spine*, 24, 1322-1327.
- Yu, C. H., Seo, S. B., Kang, S. R., & Kwon, T. K. (2014). Fundamental study of lower limb muscle activity using an angled whole body vibration exercise instrument. *Bio-Medical Engineering Materials and Engineering*, 24, 2437-2445.