

다양한 스쿼트 자세 수행 시 전신진동자극이 하지 근 활성도에 미치는 영향

Effect of Muscle Activation Change of Lower Limb According to Whole Body Vibration During Different Squat Exercises

서신배*, 강승록, 유창호, 민진영, 권대규

S. B. Seo, S. R. Kang, C. H. Yu, J. Y. Min and T. K. Kwon

요 약

본 연구에서는 다양한 스쿼트 자세를 수행할 때 전신진동자극이 하지의 근 활성 변화에 미치는 영향에 대하여 평가하고자 한다. 피험자는 20대 여성 10명(나이 21±1.3년, 키 160±2.1 cm, 무게 52±4.6 kg)으로 구성되었다. 피험자들은 진동판 위에서 하이스쿼트(HS), 로우스쿼트(LS), 외다리 스쿼트(OS), 뒤꿈치 들고 하이 스쿼트(HU&HS)의 4가지 동작을 수행하였다. 근전도는 하지의 근육(대퇴직근, 외측광근, 중간광근, 내측광근)을 측정하였다. 진동자극은 10초 무자극, 10초 진동자극을 제공하였다. 그 결과 모든 운동 자세와 측정 부위에서 진동 자극을 제공하였을 때 근 활성이 유의하게 증가하는 경향을 보였다(HS +24.8%, LS +23.1%, OS +20.1%, HU&HS +17.9%). 또한 OS 자세는 LS자세나 HU&HS자세보다 근 활성이 유의하게 높은 증가를 보였으며, LS자세는 HU&HS보다 유의하게 높아지는 경향을 보였다.

ABSTRACT

The objective of this study was to assess leg muscle activities during whole body vibration (WBV) training with various squat position exercises. Subjects performed four different squat exercises on a vibration platform (VM-10, Sonicworld Co.) Ten healthy women volunteers (age 21±1.3 years, height 160±2.1 cm, weight 52±4.6 kg) were selected. EMG signals four leg muscles were taken and analyzed. The exercises were performed both with 10 seconds WBV and without 10 seconds WBV. Muscle activities during WBV were compared with non-vibration stimulus. In the result, EMG signals caused by WBV were significantly higher (P<0.05) compared with non-vibration stimulus in all leg muscles and squat exercises. The increase in muscle activity caused by Whole body vibration was significantly higher (P<0.05) in LS and OS compared with HU&HS.

Keyword : Whole body vibration, Electromyography, Squat exercise

접 수 일 : 2014.02.15

심사완료일 : 2014.02.22

게재확정일 : 2014.02.26

* 서신배 : 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정
ssb0122@jbnu.ac.kr (주저자)

강승록 : 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정
okokokman@naver.com (공동저자)

유창호 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수
combo418@nate.com (공동저자)

민진영 : (주)소닉월드 연구소장

minjy@sonicworld.kr (공동저자)

권대규 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수

1. 서론

전신진동운동(whole body vibration, WBV)은 1990년대 근기능 트레이닝 분야에 새롭게 도입되어 현재는 유럽을 중심으로 미국과 일본 등 많은 스포츠팀, 재활클리닉, 휘트니스 센터 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있는 새로운 운동 방법이다[1]. WBV의 원리는 인체의 근육이나 건을 통해 진동을

kwon10@jbnu.ac.kr (교신저자)

* 본 연구는 2013년 산업통산자원부 지역특화산업육성사업(R0002430)의 지원으로 이루어진 연구임.

인지시키고 진동을 완충시키기 위한 적응 반응을 보이게 되며, 이를 통해 긴장성 진동반사(tonic vibration reflex)라는 반사적인 근수축을 일으켜 근 신경계의 기능향상을 일으키는 것이다[2].

Bosco(2000)는 WBV이 젊은 성인 남성의 점프능력을 향상시키며, 이는 WBV이 근방추를 자극하여 신경근 기능 향상을 유도하였다고 보고하였다[3]. Delecluse(2003)은 WBV을 이용한 운동이 20대 여성의 슬관절 신전 근력을 증가를 위한 효과적인 운동 방법이라 제시 하였다[4]. Roelants(2004)의 연구에서는 20대 여성을 대상으로 전신진동운동을 수행하였을 때 체지방량, 체지방체중 등 신체구성(Body composition)의 변화는 없지만 슬관절 신전 근력의 증가를 유도한다고 보고하였으며[5], 고령자를 대상으로 24주간 WBV을 제공하였을 때 슬관절 신전 근력과 제자리 높이뛰기 능력이 증가한다고 보고하였다[6]. 진동자극과 자세균형 및 근 활성화에 관한 연구에서 Torvinen(2002)은 진동자극이 하지의 가자미근, 비복근, 외측광근의 근 활성을 증가시키고 인체 균형능력 향상에 도움이 되며[7], 고령자들의 골밀도, 강도, 낙상 위험 감소에 긍정적인 효과를 제공한다고 하였다[8]. 또한 Kawanabe (2007)는 신체 활동 수준이 낮은 고령자를 대상으로 WBV 제공 시 보행능력, 자세균형능력을 향상시킨다고 보고하였다[9]. 서신배(2012)는 건강한 20대 남성을 대상으로 사용자에게 맞게 운동 강도를 조절한 단기간의 WBV 운동이 순간적인 근력 증진 및 최대 근력 지속성 효과를 나타낸다고 보고하였다[10].

Wing-Hoi Cheung (2007)은 WBV의 자세균형 능력 향상에 대한 긍정적인 효과를 검증하였고, 고령자의 낙상으로 인해 발생하는 골절 예방을 위한 효과적인 WBV 프로토콜을 제안하였다[11]. 본 연구와 유사한 연구로 Roelants(2004) 등은 훈련되지 않은 20대 여성을 대상으로 24주간 WBV을 제공하였을 때 신체구성에는 유의한 변화가 없지만 약간의 체지방 체중의 증가를 보이고 슬관절 근력은 약 24.4%의 유의한 증가를 보이며 효과적인 유산소 및 저항 운동 프로그램으로 활용할 수 있다고 발표하였다[5]. 반면 Ruiter(2003)는 20대를 대상으로 11주간 WBV이 최대 근력, 최대 점프 능력의 향상에 영향을 주지 않는다고 보고하였으며[12], 유정훈(2009)은 전신진동운동이 체중 및 체지방 감소, 근육량 증가 효과를 보이지 않는다는 결과를 보였다[13]. 또한 Broekmans(2010)는 다발성 경화증 환자를 대상으로 단발성 WBV이 하지 근력 증가 및 근 기능 향상에 아무런 효과를 보이지 않는다는 결과를 보였다[14]. 이처럼 WBV에 대한 많은 연구가 진행되

고 있으며, 전신진동운동 기기를 이용하는 사용자가 급격하게 증가하고 있는 실정이다. 그러나 대다수 연구들은 한정적인 자세에 대한 운동 효과를 보고 하였으며, 다양한 자세에 대한 인체영향 평가는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 WBV의 효과를 검증하기 위해서 다양한 스쿼트 동작(squat motion)과 진동자극의 유·무에 따른 하지의 근 활성 변화 특성에 대한 연구를 수행하였다.

2. 시스템 구성

2.1 피험자

본 연구에서는 최근 6개월 이내에 근골격계 상해 병력이 없으며, WBV에 대한 경험이 없는 건강한 20대 여성 10명을 대상으로 진행하였다. 피험자들은 평균나이 23±1.3세, 평균 신장 160±2.1cm, 평균 체중 52±4.6kg으로 구성되었다.

2.2 시스템 구성

본 연구에서는 그림 1과 같이 전신진동운동기 (VM-10, Sonicworld, Ltd., Korea)를 이용하여 수행하였다. 본 연구에 사용된 WBV의 구동방식은 기존의 회전모터나 시소방식이 아닌 스피커 진동원리를 이용한 보이스코일 모터방식을 응용하였다. 이 진동기기는 낮은 주파수 영역까지 구동이 가능하다. 또한 정밀한 강도 조절을 통해 전신 수직 진동운동을 제공한다.



그림 1. 전신진동운동기기 (VM-10, Sonicworld, Co., Ltd, Korea)

3. 실험 방법 및 절차

3.1 실험 절차

본 연구는 다양한 스쿼트 자세와 진동자극 유·무에 따른 하지 근 활성 변화 특성에 대한 평가로 진동 자극이 제공된 상태에서의 운동이 무자극 상태에서 운동보다 근 활성이 더 높아 진다는 Roelants(2006)의 연구를 기반으로 설계하였다[15]. 그림 2는 본 연구의 실험방법과 절차를 나타내고 있다. 피험자는 진동과 무진동 두 가지 조건에서 네 가지 스쿼트 동작을 수행한다. 스쿼트 동작을 수행하며 하지에 근전도 측정 및 분석을 실시하였다.

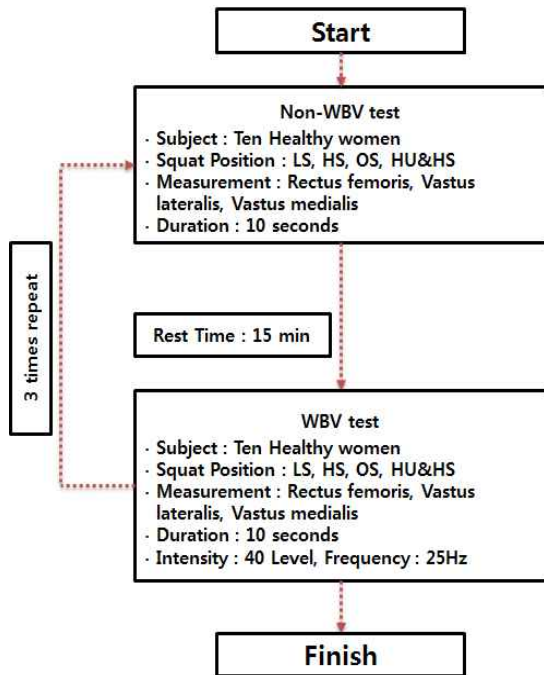


그림 2. 실험 블록선도

3.2 실험 방법

피험자들은 그림 3과 같이 진동판 위에서 Low Squat(LS : 슬관절 굴곡 각도 90°), High Squat(HS : 슬관절 굴곡 각도 120°), One Leg Squat(OS : 외발 서기 후 슬관절 굴곡 각도 120°), Heel Up & High Squat(HU&HS : 뒤꿈치 들고 슬관절 굴곡 각도 120°)로 구성되는 4가지 스쿼트 동작을 20초씩 3회 반복 수행하였다. 실험 전 운동 자세를 숙지하기 위해 반복적인 자세 훈련을 실시하였다. 또한 매 측정이 끝난 후 15분씩 휴식시간을 제공하여 근피로의 누적을 최소화 하였다.

진동 자극은 10초 무자극, 10초 진동자극을 제공하였다. Siu(2010)는 정적인 자세에서 26Hz의 주파수를 이용하여 진동자극을 제공하였을 때 근 활성이 제일 크게 일어난다고 보고하였다[17]. 본 연구에서 제공된 주파수는 기존 연구들에서 사용된 주파수[7,16,17,18,19,20]의 평균 주파수인 25Hz로 설정하였고, 운동 강도는 본 기기를 사용하여 피험자들을 대상으로 0-90 레벨까지의 진동 강도를 제공하여 근 활성 평가를 수행한 결과 근 활성을 제일 높게 유도하는 것으로 판단된 40 레벨로 설정하였다.

근전도 평가는 Bagnoli-EMG 8ch(Delsys Inc., Boston, MA, USA)를 이용하여 그림 4와 같이 대퇴직근 (RF : Rectus Femoris), 외측광근 (VL : Vastus Lateralis), 내측광근 (VM : Vastus Medialis)를 측정하였다. 또한 매 측정 시 근육 위치에 따른 근전도 오차를 줄이기 위해 해당 근육의 관절 길이의 1/2 지점을 지정해 측정을 실시하였다[21]. 전극(DE-3.1, Delsys Boston, MA, USA)은 가로 10mm, 세로 1mm의 바 형식으로 이루어진 일체형이며, Ag로 구성된 반영구 전극을 사용하였다[22]. 그라운드 전극은 슬개골에 부착하였다. 측정된 근전도 데이터의 root mean square(RMS)값의 평균값을 분석하여 결과를 도출하였다. 측정 시 실내 온도 20℃와 습도 45-55%는 항상 일정하게 유지하여 환경에 대한 오차를 줄였다.

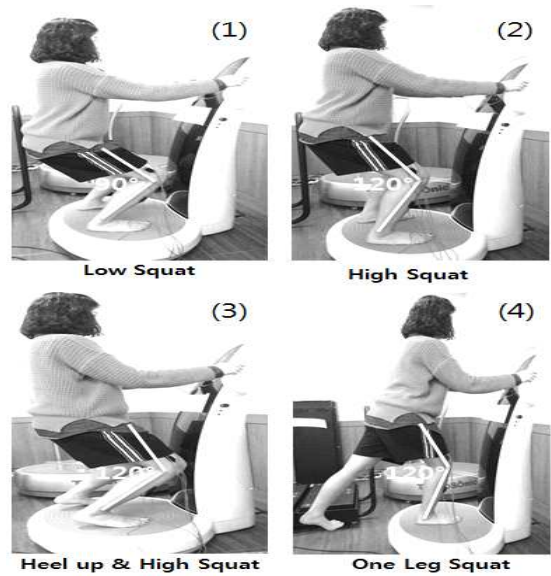


그림 3. 다양한 스쿼트 동작에 따른 전신진동운동 방법(Low Squat ; LS : Knee angle 90°, High Squat ; HS : Knee angle 120°, Heel Up & High Squat ; HU&HS Heel Up and Knee angle 120°, One Leg Squat ; OS : One leg and knee angle

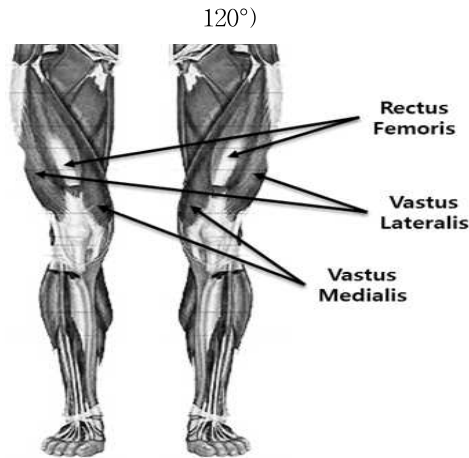


그림 4. 근 활성 변화 분석을 위한 근전도 측정

3.3 데이터 처리 및 분석

다양한 스쿼트 자세와 진동자극 유·무에 따른 근 활성 특성 변화를 보기 위해 실시간으로 수집된 근전도 신호는 1000Hz로 샘플링 하였다. 또한 노이즈를 제거하기 위해 20-450Hz로 대역폭 필터(Bandwidth filter)를 사용하였다. 또한 측정된 10초간의 데이터 중 전·후 2초의 데이터는 제거한 후 3~8초 사이의 측정값을 분석하였다.

통계적 유의성을 확인하기 위해 SPSS 18.0 Kor을 사용하여 스쿼트 동작 시 실시간 EMG 데이터의 RMS값에 대한 각각의 평균과 표준편차를 계산하였고 모든 결과는 Kolmogorov-smirnov 검정을 통해 정규성 검정을 하였으며, 진동자극과 무자극의 근 활성도를 비교하기 위하여 대응표본 T-검정을 실시하였다. 유의성을 검증하기 위한 통계학적 유의 수준은 $*p < 0.05$ 이다.

4. 결과 및 고찰

4.1 진동 유·무에 따른 근 활성 변화

그림 5는 Low Squat 동작 시 진동 자극을 제공하였을 때 근 활성 변화를 나타낸 것이다. 대퇴직근에 28.7%, 외측광근에 13.4%, 내측광근에 22.4%의 근 활성 변화를 보였다. 특히, 내측광근에서 진동자극 전·후 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$). 그림 6은 High Squat 동작 시 진동 자극을 제공하였을 때 근 활성 변화를 나타낸 것이다. 대퇴직근 27.6%, 외측광근 28.5%, 내측광근 21.1%의 근 활성 변화를 보였다. 또한 외측광근의 진동자극 전·후 변화에서 유의한 차이를 보였다($*p < 0.05$).

그림 7은 Heel Up & High Squat 동작 시 진동 자극을 제공하였을 때 근 활성 변화를 나타낸 것이다. 대퇴직근 23%, 외측광근 17.2%, 내측광근 22.4%의 근 활성 변화를 보였다. 또한 대퇴직근과 내측광근에서 진동자극 전·후 유의한 증가를 보였다. 그림 8은 One Leg Squat 동작 시 진동 자극을 제공하였을 때 근 활성 변화를 나타낸 것이다. 대퇴직근 18.9%, 외측광근 13.5%, 내측광근에 19.6%의 근 활성 변화를 보였다. 또한 내측광근에서 진동자극 전·후 유의한 증가를 보였다($*p < 0.05$).

이러한 결과들은 진신진동 자극이 근방추를 자극하고 근육의 반사적인 수축을 유도하여 무자극 상태보다 진동자극을 제공하였을 때 근 활성 증가에 영향을 미치는 것이라 사료된다. 또한 스쿼트 자세에서 진동자극이 자세 균형 능력을 감소 시키나, 근방추를 활성을 통해 근반응성을 증가 시키고 자세 균형 유지에 도움을 주는 것이라 판단된다[9, 21]. 대퇴직근과 외측광근에 비해 내측광근에 높은 근 활성 증가를 보였다. 모든 스쿼트 동작은 무릎을 구부리는 자세로, 무릎을 구부리는 동작에서 내측광근 및 무릎 주변 근육이 주로 사용되는 것이라 판단되며[15], 이러한 결과는 WBV이 신경근을 자극하여 하지 근 활성 증가에 긍정적인 영향을 주는 것으로 사료된다.

4.2 측정근육에 따른 운동 자세 별 근 활성 변화

그림 9~11는 근육에 따른 자세별 근 활성 변화를 나타낸 것이다. 대퇴직근의 경우 WBV 제공시 HS 동작에서 27%, HU&HS 23%, LS 28%, OS 18%의 변화를 보였으나 유의한 변화를 보이지 않았다. 또한 LS 동작 시 제일 높은 근 활성을 보였다. 외측광근의 경우 HS 동작에서 28%, HU&HS 17%, LS 13%, OS 13%의 변화를 보였으나 유의한 변화를 보이지 않았다. 또한 HS 동작에서 WBV 제공시 제일 큰 근 활성 증가를 보였다. 내측광근은 WBV 제공시 HS 동작에서 22%, HU&HS 22%, LS 23%, OS 20%의 변화를 보였으며, LS 동작 시 제일 높은 근 활성을 보였다. 모든 측정 근육에서 LS와 OS동작이 HU&HS 보다 근 활성 증가율이 유의하게 높은 결과를 나타냈다.

모든 측정 근육에서 네 가지 동작 중 LS, OS 동작에서 가장 높은 근 활성 증가를 보였다. 이는 다른 동작에 비해 LS와 OS 동작의 난이도가 높아 더 많은 근 활성을 유도하는 것으로 판단된다. 특히

OS 동작이 대부분의 측정부위에서 제일 높은 근 활성을 보이는 이유는 양쪽발로 체중을 지지하고 자세균형을 유지하는 다른 자세와 달리 한쪽 발로 모든 체중을 지지하고 자세 균형을 유지하기 때문에 더 높은 근 활성을 보이는 것으로 사료 된다.

향후 WBV 운동 시 LS나 OS 동작과 같은 운동을 수행하면 신경근 자극을 통하여 근 활성을 높이며, 슬관절 신전 근력과 순발력 향상에도 긍정적인 효과를 나타낼 것으로 사료된다. 또한 OS 동작을 이용한 운동은 근력 뿐 아니라 자세균형능력 향상에 효과적인 운동방법이 될 것이라 사료된다.

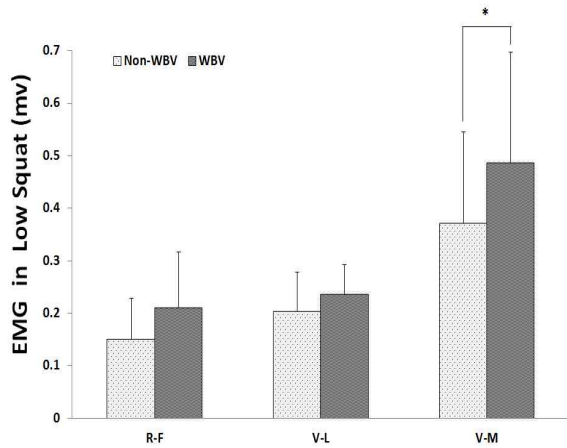


그림 5. Low squat(LS)동작 시 근 활성 변화(*p<0.05)

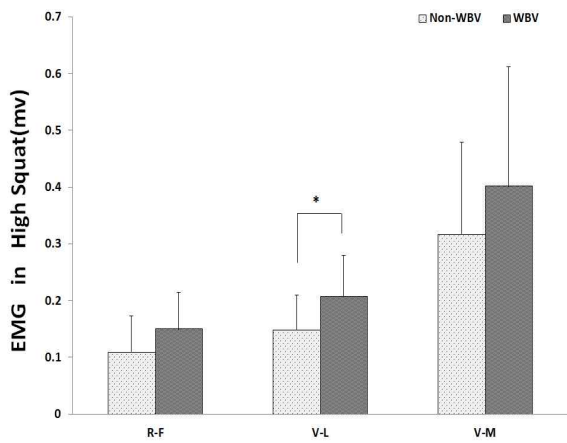


그림 6. High squat(HS)동작 시 근 활성 변화(*p<0.05)

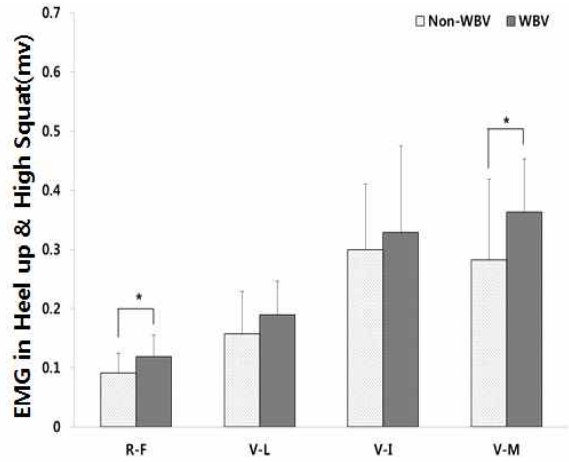


그림 7. Heel up & high squat(HU&HS)동작 시 근 활성 변화(*p<0.05)

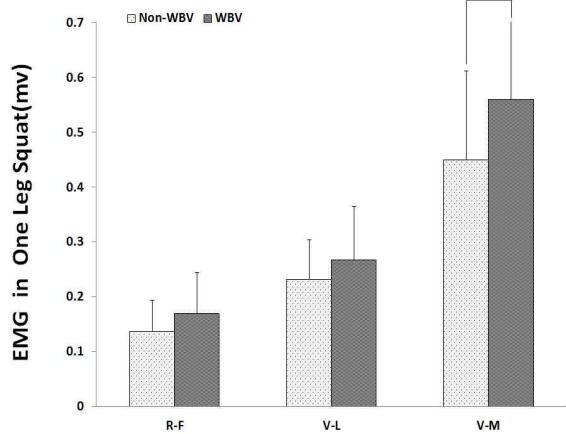


그림 8. One leg squat(OS)동작 시 근 활성 변화(*p<0.05)

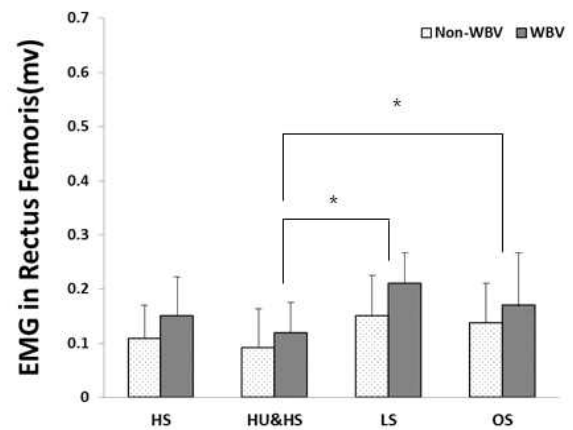


그림 9. 대퇴직근 근 활성 변화(*p<0.05)

참 고 문 헌

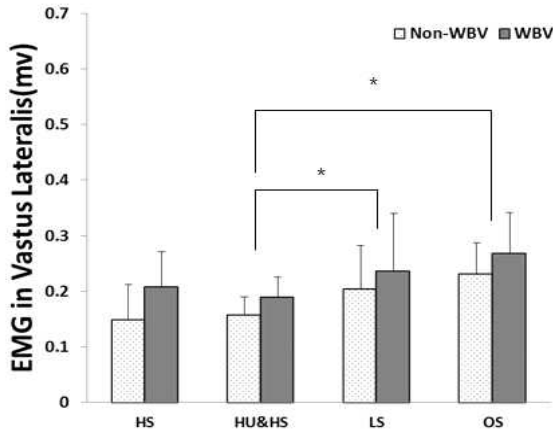


그림 10. 외측광근 근 활성화 변화(*p<0.05)

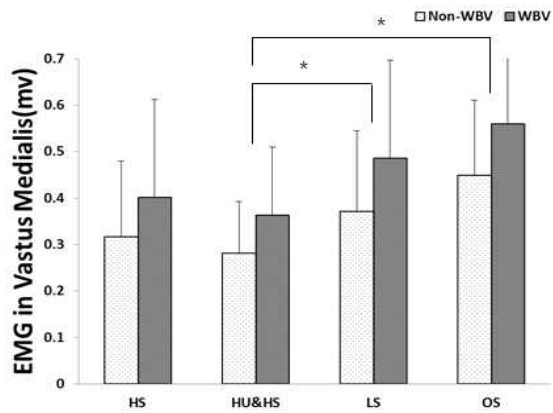


그림 11. 내측광근 근 활성화 변화(*p<0.05)

5. 결론

본 연구에서는 다양한 스쿼트 자세와 WBV이 하지 근 활성화 변화에 미치는 효과에 대해 보고한 기초 연구이다. 그 결과 진동자극을 제공하였을 때 그렇지 않은 경우보다 더 높은 근 활성을 보이는 것으로 나타났다.

Tonic vibration reflex(TVR) 효과를 유도한 하지 근력 운동과 호흡·순환계를 자극하는 유산소 운동 형태를 복합적으로 실시하면 전신진동운동의 효과가 더욱 커질 수 있을 것으로 사료된다. 또한 전신진동운동기를 이용하여 근력 증진, 자세균형 능력, 신체구성 변화, 유산소 운동 효과 등 다양한 효과에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

향후 이러한 데이터를 기반으로 일반인, 고령자, 전문 선수의 효과적인 운동처방 및 재활 프로그램의 일환으로 응용될 수 있을 것으로 판단된다.

[1] Y. T. Rhim, "The Study on Whole Body Vibration as a New Exercise Training Prescription Method," Journal of Coaching Development, Vol. 7, No. 1, pp. 105-116, 2005.

[2] M. Cardinale and C. Bosco, "The use of Vibration as an Exercise Intervention," Exerc. Sport. Sci. Rev, Vol. 31, No. 1, pp. 3-7, 2003.

[3] C. Bosco, M. Iacovelli, M. O. Tsarpela, M. Cardinale, M. Bonifazi, J. Tihani, M. Viru, A. Lorenzo and A. Viru, "Hormonal Responses to Whole Body Vibration in Men," European Journal of Applied Physiology, Vol. 81, No. 6, pp. 449-454, 2000.

[4] C. Delecluse, M. Roelants and S. Verschuere, "Strength Increase after Whole Body Vibration compared with Resistance Training," Med. Sci. Sports. Exerc, Vol. 35, No. 6, pp. 1033-1041, 2003.

[5] M. Roelants. C. Delecluse, M. Goris, and S. Verschuere, "Effects of 24 weeks Whole Body Vibration Training on Body Composition and Muscle Strength in Untrained Females," International Journal of Sports Medicine Vol. 25, pp. 1-5, 2004.

[6] M. Roelants, C. Delecluse and S. Veschuren, "Whole Body Vibration Training Increases Knee Extension Strength and Speed of Movement in older women," Journal of American Geriatrics Society, Vol. 52, No. 6, pp. 901-908, 2004.

[7] S. Torvinen, P. Kannus, H. Sievanen, T.A.H. Jarvinen, M. Pasanen, S. Kontulainen, T.L.N. Jarvinen, M. Jaravinen, P. Oja and I. Vuori, "Effect of a Vibration Exposure on Muscular Performance and Body Balance. Randomized cross-over study," Clinical Physiology Functional Imaging, Vol. 22, No. 2, pp. 145-152, 2002.

[8] S. Torvinen, P. Kannus, H. Sievanen, T.A.H. Jarvinen, M. Pasanen, T.L.N. Kontulainen, M. Jaravinen, P. Oja, and I. Vuori, "Effect of Four Month Vertical Whole Body Vibration on Performance and Balance," Medicine & Science in Sports & Exercise, Vol. 34, No. 9, pp.

- 1523-1528, 2002.
- [9] K. Kwanabe, A. Kawashima, I. Sashimoto, T. Takeda, Y. Sato, and Y. Iwamoto, "Effect of Whole Body Vibration Exercise and Muscle Strengthening, Balance, and Walking Exercise on Walking Ability in the Elderly," *Keio Journal of Medicine*, Vol. 56, No. 1, pp. 28-33, 2007.
- [10] 서신배, 강승록, 정구영, 유창호, 권대규, "다중 제어방식의 전신수직진동운동기기의 운동 모드에 따른 운동이 하지근력 지속성에 미치는 효과," 한국재활복지공학회 추계학술발표논문집, 제6권, 제2호, pp. 106-108, 2012
- [11] W.H. Cheung, H.W. Mok, L. Qin, P.C. Sze and K.M. Lee, "High Frequency Whole Body Vibration Improves Balancing Ability in Elderly Women," *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 88, No. 7, pp. 852-857, 2007.
- [12] C.J. Riuter, S.M.V. Raak, J.V. Schilperoort, A.P. Hllander and A. Haan, "The Effect of 11 weeks Whole Body Vibration Training on Jump Hight, Contractile Properties and Activation of Human Knee Extensors," *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 90, No. 5, pp. 595-600, 2003.
- [13] J.H. Yoo, H.K. Joh, H.J. Do, S.W. Oh, Y.L. Lim, J.K. Choi, H.J. Kweon and D.Y. Cho, "Effect of Whole Body Vibration on Body Weight and Body Composition in Young Adults," *Korean Journal of Family Medicine*, Vol. 30, No. 2, pp. 112-119, 2009.
- [14] T.Broekmans, M. Roelants, G. Alders, P. Feys, H. Thijs and B.O. Eijnde, "Exploring the Effects of a 20-week Whole Body Vibration Training Programme on Leg Muscle Performance and Function in Persons with Multiple Sclerosis," *Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol. 42, No. 9, pp. 866-872, 2010.
- [15] M. Roelants, M.P. Sabine, S. Verschueren, C. Delecluse, O. Levin and V. Stijnen, "Whole-Body-Vibration-Induce Increase in Leg Muscle Activity During Different Squat Exercises," *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 20, No. 1, pp. 124-129, 2006.
- [16] J.A. Stewart, D.J. Cochrane and R. Morton, "Differential Effect of Whole Body Vibration Duration on Knee Extensor Strength," *Journal of Science and Medicine in Sport*, Vol. 12, No. 1, pp. 50-53, 2009.
- [17] P.M. Siu, B.T. Tam, D.H. Chow, J.Y. Guo, T.P. Huang, Y.P. Zheng and S.H. Won, "Immadiate Effect of 2 Different Whole body vibration Frequencies on Muscle Peak Torque and Stiffness," *Archive Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 91, No. 10, pp. 1608-1615, 2010.
- [18] S. Maeda, N.J. Mansfield and N. Shibata, "Evaluation of Subjective Responses to Whole Body Vibration Exposure : Effect of Frequency Content," *International Journal of Industrial Eronomics*, Vol. 38, No. 5, pp. 509-515, 2008.
- [19] G.E. Song. K.M. Kim. D.J. Lee and N.S. Joo. "Whole Body Vibration Effects on Body Composition in the postmenopausal Koean Obese women : Plot study," *Korean Journal of Family Medicine*, Vol. 32, No. 7, pp. 399-405, 2011.
- [20] S.S. Rees, A.J. Murphy and M.L. Watsford, "Effects of Whole Body Vibration Exercise on Lower Extremity Muscle Strength and Power in an Older Population : A Randomized Clinical Trial," *Journal of American Physical Theraphy Association*, Vol. 88, pp. 462-470, 2008.
- [21] 강승록, 서신배, 정구영, 배종진, 유창호, 유미, 문동안, 정장식, 권대규, "상지 좌우 운동부하 편차방식이 근력 불균형 개선에 미치는 영향," 한국정밀공학회지, Vol. 29, No. 9, pp. 1026-1034, 2012.
- [22] G. Guilhem, A.Guével and C. Cornu, "A standization method to compare iostonic vs. isokinetic eccentric exercise," *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Vol. 20, No. 5, pp. 1000-1006, 2010.



서 신 배

2012년 8월 전북대학교 생체정보공학부 졸업 (학사)
2012년 - 현재 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정

관심분야 : 재활공학, 헬스케어기기



민 진 영

1989년 2월 한양대학교 원자력공학과 졸업 (학사)
1992년 2월 한양대학교 원자력공학과 졸업 (석사)
1999년 8월 한양대학교 원자력공학과 졸업 (박사)
2010년 2월 - 현재 (주) 소닉월드 연구소장

관심분야 : 헬스케어기기, 진동운동기기



강 승 록

2010년 2월 전북대학교 생체정보공학부 졸업 (학사)
2011년 2월 전북대학교 헬스케어공학과 (석사)
2012년 - 현재 전북대학교 헬스케어공학과 박사과정

관심분야 : 생체역학, 운동생리학



권 대 규

1993년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업 (학사)
1995년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업 (석사)
1999년 2월 일본 동북대학교 기계전자공학과 졸업 (박사)
2004년 3월 - 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수

관심분야 : 바이오메카트로닉스, 재활공학, 생체역학, 웰니스, 스포츠과학



유 창 호

2005년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업 (학사)
2007년 2월 전북대학교 헬스케어공학과 졸업 (석사)
2012년 3월 일본 동북대학교 의공학과 졸업 (박사)
2012년 4월 - 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수

관심분야 : 재활공학, 혈류역학, 생체역학, 헬스케어기기