

# 부하 편차 방식의 전신진동운동이 하지 근력 불균형 개선에 미치는 효과

## The Effect on Improvement of Muscle Strength Imbalance According to Load Deviation Protocol of Whole Body Vibration Exercise

서신배<sup>1</sup>, 강승록<sup>1</sup>, 유창호<sup>2</sup>, 민진영<sup>3</sup>, 권대규<sup>2,✉</sup>  
Shin Bae Seo<sup>1</sup>, Seung Rok Kang<sup>1</sup>, Chang Ho Yu<sup>2</sup>, Jin Young Min<sup>3</sup>, and Tae Kyu Kwon<sup>2,✉</sup>

<sup>1</sup> 전북대학교 헬스케어공학과 (Department of Healthcare Engineering, Chonbuk Univ.)

<sup>2</sup> 전북대학교 바이오메디컬공학부 (Division of Biomedical Engineering, Chonbuk Univ.)

<sup>3</sup> ㈜ 소닉월드 (Sonicworld Company.)

✉ Corresponding author: kwon10@jbnu.ac.kr, Tel: +82-63-270-4066

Manuscript received: 2013.7.16 / Accepted: 2013.9.24

*The purpose of this study was to verify the effect on improvement of muscle strength unbalance according to load deviation protocol during whole body vibration exercise. Seventeen female volunteers (age  $22 \pm 3$  years, height  $160 \pm 4.9$  cm, weight  $49 \pm 8$  kg) participated in this experiment. The subjects performed squat exercise in WBV platform. Exercise were performed five set a day including 15 time a set, three days a week, and during 4 weeks. Vibration stimulus was 25Hz as frequency and intensity was dominant leg 1mm and non-dominant leg 4mm. The results in WBV group showed that the differences of peak torque in 16% were getting decreasing significantly after 4 weeks from 16.2% to 5.2%. This result means that WBV with load deviation protocol could provide muscle strength exercise for muscle strength balance. Our study found out that WBV of load deviation protocol could provide muscle strength exercise for improving muscle imbalance.*

Key Words: Whole Body Vibration (전신진동운동), Load Deviation (부하 편차), Whole Body Exercise (전신 운동), Muscle Strength Imbalance (근력 불균형)

### 1. 서론

최근 국내·외에서 근력의 불균형이 요통이나 척추질환의 원인이 되며 고령자들에게는 낙상을 유발할 수 있다는 연구들이 발표되고 있다. 이는 근력 불균형이 인체에 악영향을 줄 수 있다는 것을 의미한다. Chou<sup>1</sup>는 잘못된 운동 방법으로 인한 근력 불균형이 사용자로 하여금 운동 수행능력 및 신체활동 능력의 저하를 초래한다고 보고하였다. 또한 Lee<sup>2</sup>의 연구에서는 불균형적 근력 발달이 자세의 불안정을 유발하여 유연성 저하와, 비만, 만성 퇴행

성 질환 등 신체의 이상이 발생할 수 있다고 보고하였다. Kang<sup>3</sup>은 건강한 20대를 대상으로 8주간 좌우 독립적인 운동 부하를 제공하여 운동을 수행하였을 때 상지의 근력 불균형 개선에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다. 이처럼 균형적인 좌우 근력 증진에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있으나, 아직까지 좌우 근력 불균형은 명확하게 정의되지 않은 상태이며 관련 연구가 미미한 실정이다.<sup>13</sup>

전신진동운동(WBV)은 일정 부위가 아닌 전신의 근력을 골고루 발달시키는 운동 방법으로 최근 부각되고 있다. 전신진동운동은 1990년대 근기능

트레이닝 분야에 새롭게 도입되어 현재는 선진국을 중심으로 많은 스포츠팀, 재활클리닉, 휘트니스 센터 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있는 새로운 트레이닝 방법이다.<sup>4,6</sup> 전신진동운동에 관한 연구로 Bosco<sup>7</sup>는 20대 남성 14명을 대상으로 전신진동운동이 신경근 기능 향상에 긍정적인 영향을 나타낸다고 보고하였다. 백송원<sup>6</sup>은 일시적인 전신진동운동이 준비운동 효과와 민첩성 향상에 긍정적인 효과를 검증하였다. Delecluse<sup>8</sup>은 67명의 건강한 성인 여성을 대상으로 12주간의 전신진동운동이 일반적인 근력 운동보다 슬관절 신전 근력을 증가시킨다는 결과를 나타내었다. Freddy<sup>9</sup>는 전신진동운동이 고령자의 자세균형 및 보행능력 향상 그리고 낙상방지에 효과적인 운동 방법이라 보고하였다. Roelants<sup>10</sup>는 운동경험이 없는 젊은 성인 여성을 대상으로 24주간 전신진동운동을 제공하였을 때 신체구성의 변화는 없지만 슬관절 신전 근력의 증가를 유도한다고 보고하였으며, Kawanabe<sup>11</sup>는 고령자를 대상으로 전신진동운동이 근력, 균형능력 그리고 보행능력 향상에 효과적인 운동 방법이라 보고하였다. 이처럼 전신진동운동에 대한 많은 연구가 진행되었지만, 전신진동운동을 통한 근력 불균형 개선에 관한 연구는 미미하며, 4개의 진동판을 독립적으로 제어를 하며, 각기 다른 운동부하를 제공할 수 있는 전신진동기기 또한 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 좌·우 진동을 독립적으로 제공하는 4중 제어 전신진동운동을 이용한 진동운동방식이 하지 근력 불균형 개선에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

## 2. 시스템 구성

### 2.1 피험자

본 연구에서는 최근 6개월 이내에 근골격계 상해 병력이 없으며, 전신진동운동에 대한 경험이 없고 하지 좌·우 근력 편차가 10% 이상의 불균형을 가진 20대 여성 10명(WBV Group), 10% 이하의 정상인 20대 여성 7명(Control Group)을 대상으로 진행하였다. 피험자들은 평균나이  $21 \pm 3.0$  year, 평균신장  $160 \pm 4.9$ cm, 평균 체중  $49 \pm 5.8$ kg으로 구성되었다(Table 1).

### 2.2 시스템 구성

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 4중 제어 전신진

Table 1 Subject information in WBV and control group

	WBV Group	Control Group
Age	$21 \pm 3.6$ year	$22 \pm 0.8$ year
Height	$159 \pm 5$ cm	$159 \pm 3.2$ cm
Weight	$47 \pm 4.6$ kg	$50 \pm 6.8$ kg
Deviation	$16.8 \pm 3.4\%$	$3.6 \pm 1.6\%$

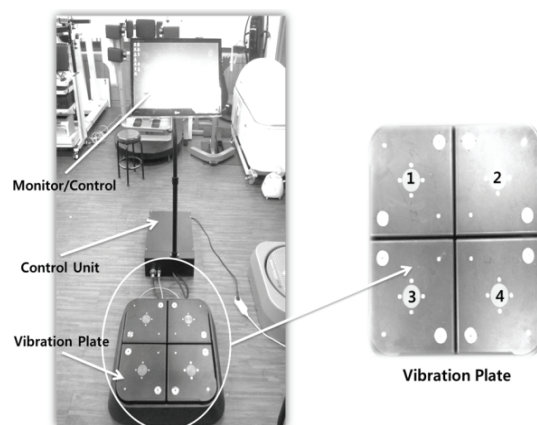


Fig. 1 Multi-control whole body vibration platform according to load deviation protocol

동운동장치(Sonicworld., Ltd., Korea)를 이용하여 진동운동을 수행하였다. 진동판 네 개를 독립적으로 제어가 가능하며, 운동 방법에 따라 진동 주파수 0-50Hz, 진폭(강도) 0-9mm까지 다양하게 운동 부하를 제공할 수 있다. 또한 터치 모니터를 이용한 직관적인 인터페이스를 적용하여 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 제작되었다.

## 3. 실험 절차 및 방법

### 3.1 실험 절차

Fig. 2는 부하 편차 방식을 이용한 근력 불균형 개선 효과에 대한 연구 수행과정을 나타내고 있다. 피험자들은 새로운 전신진동운동방식인 부하 편차 방식을 제공하여 운동하는 WBV 그룹과 진동자극을 받지 않고 운동을 하는 제어그룹(control group)으로 나누어 진행하였다. 또한 WBV 그룹은 하지의 근력 편차가 10% 이상인 피험자를 선정하였으며, 제어그룹은 하지 근력 편차가 10% 이하인 자를 선정하였다. 모든 피험자들은 진동판 위에서 스쿼트 운동(squat exercise)을 실시하였다.<sup>12</sup> 1일 15회씩 5세트, 주 3회, 총 4주간 실시하였다. 실험 전, 2주, 4주 후에 BIODEX System 3(Biodex Medical

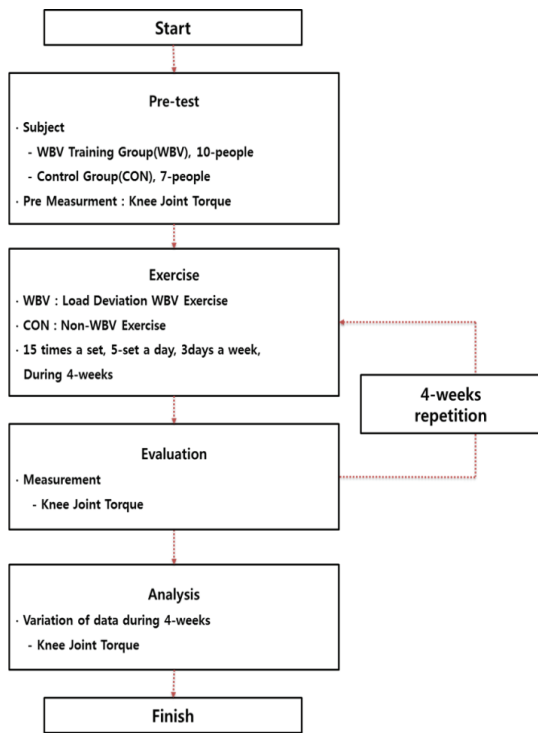


Fig. 2 Block diagram of experimental perform step in load deviation protocol in whole body vibration

System Inc., NY, USA)를 이용하여 슬관절(knee joint) 토크 측정 및 분석을 실시하여 근육의 하지 좌우의 근육 편차 변화를 분석하였다.

운동 효과에 영향을 미칠 수 있는 요인을 통제하기 위하여 스쿼트 운동 시 운동자세를 교정해주었다. 또한 피험자들이 운동 및 평가 시 실내 온도 20℃와 습도 45-55%를 항상 일정하게 유지하여 환경에 대한 오차를 줄였다. 각 피험자의 자세에 의한 실험 결과의 오차를 줄이기 위해 운동 중에 같은 동작을 수행할 수 있도록 지시하였다. 매회 운동 전 피험자들에게 이상반응 여부를 확인하여 기기에 대한 부작용이 없음을 확인하였다.

**3.2 실험 방법**

피험자들은 Fig. 3와 같이 진동판 위에 맨발로 선 상태에서 무릎을 90도까지 굽혔다 펴는 스쿼트 동작을 실시하였다. 스쿼트 동작은 허리를 곧게 펴고 시선은 정면을 향하며, 무릎은 벌어지지 않게 통제하였고, 2초간 구부리고 2초간 일어서도록 지시하였다. 또한 메트로놈을 이용하여 운동시간

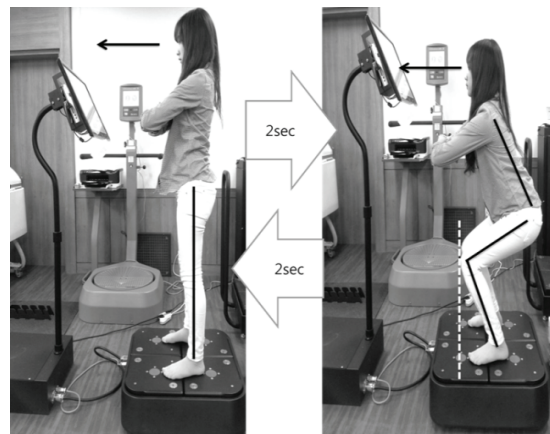


Fig. 3 Squat exercise using load deviation type of whole body vibration platform

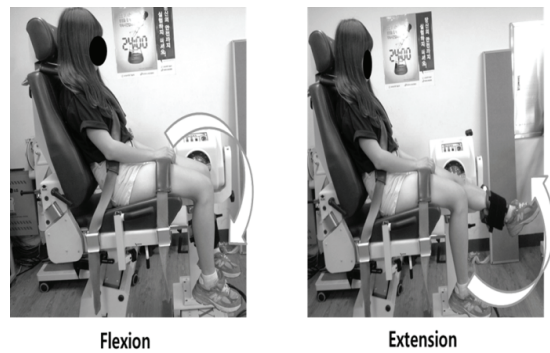


Fig. 4 Evaluation of joint torque in knee for observing difference of muscle strength using BIODEX System 3

을 정확하게 통제하여 피험자들에게 동일한 운동 시간 및 운동 강도를 제공하였다.

WBV 그룹의 진동 주파수는 25Hz로 고정하였고, 진동 강도는 우세 근육에 1mm, 비우세 근육에 4mm로 고정하여 운동 부하편차를 제공하였다. 본 연구에서 제공된 주파수는 기존 연구들에서 사용된 주파수<sup>14-19</sup>의 평균 주파수인 25Hz로 설정하였고, 운동 강도는 본 기기를 사용하여 피험자들을 대상으로 0-9mm까지의 진동 강도를 제공하여 근육 활성 평가를 수행한 결과 근육 활성을 제일 높게 유도하는 것으로 판단된 4mm로 설정하였다. 제어그룹은 진동자극을 제공하지 않고 WBV 그룹과 동일한 운동을 실시하였다.

평가는 Fig. 4와 같이 하지 좌우의 근육 차이를 평가하기 위하여 등속성 근기능 평가 장비인

BIODEX System3 (Biodex medical science., NY, USA) 를 이용하여 실험 전, 2주 후, 4주 후 슬관절(knee joint)의 토크 변화를 관찰하였다. 운동 전·후 관절 토크의 변화를 위해 측정된 관절은 슬관절이며, 관절의 신전과 굴곡 시 발생하는 토크를 측정하였다. 근력 차이 변화에 대한 평가를 위해 측정 관절 각속도는 60°/sec이며 측정운동 범위(range of motion, ROM)는 60°로 하여 모든 피험자들에게 동일하게 적용하였다.

### 3.3 데이터 처리 및 분석

통계적 유의성을 확인하기 위해 통계분석 프로그램인 SPSS 18.0 kor.(SPSS Inc., Chicago, USA)을 사용하여 슬관절 토크에 대한 각각의 평균과 표준편차를 계산하였다. 또한 모든 결과는 Kolmogorov-smirnov 검정을 통해 정규성 검정을 하였으며, 운동 전·후 하지 좌·우 운동부하편차에 따른 슬관절 토크 차이 변화를 분석하기 위하여 대응표본 T 검정을 실시하였다. 또한 사후검정(Post hoc analysis)을 통해 측정 시 발생하는 측정 오차 사이의 통계적 유의성을 검증하였으며, 유의수준은 \*p<0.05이다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 슬관절 최대토크 편차 변화

Fig. 5는 운동부하 적용에 따른 실험 전·후 슬관절 피크토크 편차 변화를 나타내고 있다. 먼저 관절의 피크토크는 근육과 근육으로 연결되는 관절의 회전력을 측정하여 전체 근육의 힘을 측정한다.

실험 전 약 16%의 하지 근력 편차를 보였던 WBV 그룹은 실험 후 약 5.2% 수준으로 감소하는 경향을 보였다. 반면, 제어그룹에서는 실험 전 약 3.6%의 편차를 보였으나 실험 후 약 4.8% 수준으로 나타났다. 운동 부하 편차 방식을 이용한 WBV 그룹에서 69.1%의 유의한 감소를 보이며 근력 불균형을 개선시키는 효과를 나타냈다. 또한 Fig. 6은 실험 전·후 슬관절의 평균 피크토크를 나타내는 결과이다.

실험 전 평균 16%의 편차를 보였던 WBV 그룹은 실험 후 4.7% 수준의 편차를 나타냈다. 제어 그룹은 실험 전 3.2%의 편차를 보였으나 실험 후 5.9%의 편차를 나타냈다. WBV 그룹에서 약 70% 감소하는 경향을 보였다. 이를 통해 운동 부하 편차 방식을 좌·우 하지에 독립적으로 적용할 시 근력의 불균형을 교정할 수 있다고 사료된다. 또

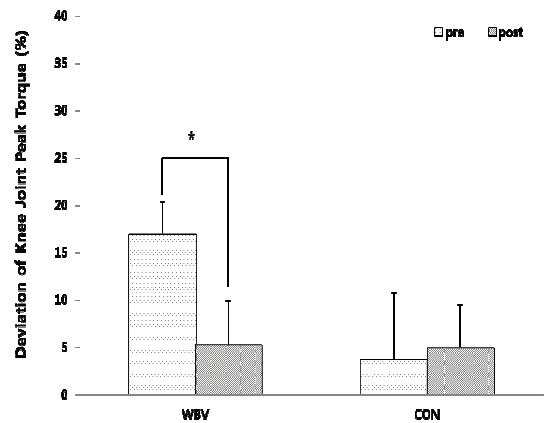


Fig. 5 Variation of peak torque in knee joint between before and 4 weeks (mean±SE. \*p<0.05)

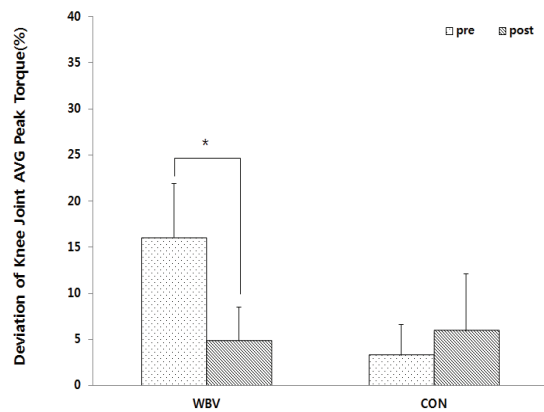


Fig. 6 Variation of average peak torque in knee joint between before and 4 weeks (mean± SE. \*p<0.05)

한 본 장비에서 제공되는 운동부하가 우세 하지와 비우세 하지가 독립적인 운동을 할 수 있게 한다고 판단되며 그 결과 위와 같은 근력 불균형을 균형적으로 교정하였다. 즉 근력 우세 하지는 근지구력 운동, 근력 비우세 하지는 근력증진 운동을 수행한 것으로 판단된다.<sup>3</sup>

### 4.2 운동부하 편차 적용에 따른 슬관절 평균파워 및 가속시간 편차 변화

Fig. 7은 실험 전·후 슬관절 평균파워 변화를 나타낸 것이다. 관절의 평균파워는 총 일이 완료할 때 전체 일을 나눈 값으로 근육의 힘을 빨리 생산할 수 있는 정도 뜻한다. 이는 근 반응성 평

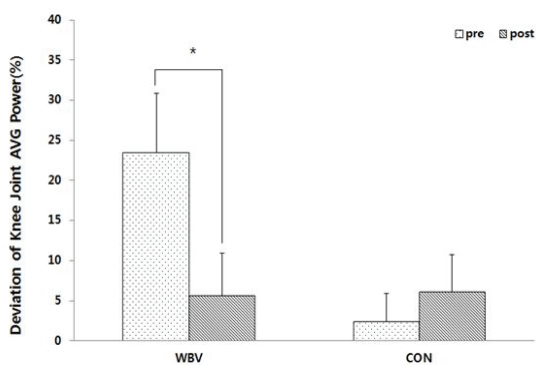


Fig. 7 Variation of average power in knee joint between before and 4 weeks (mean ±SE. \*p<0.05)

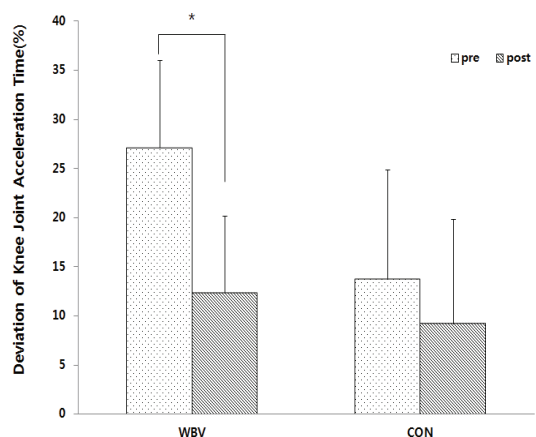


Fig. 8 Variation of acceleration time in knee joint between before and 4 weeks (mean ±SE. \*p<0.05)

가의 지표로 사용된다. 실험 전 약 23%의 편차를 보였던 WBV 그룹은 실험 후 약 5.6% 수준으로 감소하는 경향을 보였다. 반면, CON 그룹에서는 실험전 약 2.4%의 편차를 보였으나 실험 후 약 6.1% 수준으로 나타났다. 운동 부하 편차 방식을 이용한 WBV 그룹에서 75.9% 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 또한 Fig. 8의 결과는 근가속시간을 나타내는 것으로, 슬관절 신전/굴곡운동을 연속적으로 5번 실시 한 각도들의 합에 대한 슬관절의 토크 시작점에서 속도 역치점까지 소요되는 시간으로, 안정 상태에서 등속성 속도까지 움직일 때 신경근의 능력을 뜻한다. 그 결과 실험 전 약 27%의 편차를 보였던 WBV 그룹은 실험 후 약 12.3%

까지 약 54%의 감소를 보였다.

이러한 결과들은 전신진동 자극이 슬관절의 신전과 굴곡을 담당하는 근육의 수축 시 근 신경을 연속적으로 자극하여 근육의 긴장을 유발하여 근가속시간이 향상된다고 사료된다. 즉, 진동자극이 근방추를 자극하고 근육의 반사적인 수축을 유도하여 무자극 상태보다 진동자극을 제공하였을 때 근 활성이 증가하는 영향을 미쳐 근반응성을 증가시키는 것이라 사료된다.<sup>14</sup>

좌·우 근력불균형에 대한 정의는 아직 규명되어 있지 않으며, 관련 연구 또한 매우 부족한 실정이다. 대부분의 연구는 근력증진이나, 근손상이나 근피로의 회복에 관한 연구가 진행되었을 뿐이다. 즉 근력 증진은 하나의 운동을 통해 근력을 강하게 한다는 의미일 뿐 근력의 균형적인 증진을 의미하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 근력의 균형적인 발달을 위한 운동 방법에 대해 연구하고자 하였다. Kang<sup>3</sup>의 부하 편차 방식을 이용한 로잉머신이 상지 근력 불균형 개선효과에 관한 연구결과와 유사한 경향을 보인다. 본 연구 결과 실험 전 15% 이상 하지 근력의 불균형을 보였던 피험자들은 4주 후 10% 이하로 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 이는 독립적인 부하를 제공하는 운동방식이 근신경계의 발달을 유도하여 근력 및 근반응성의 균형적인 발달에 긍정적인 영향을 미치며, 효율적인 운동효과를 유도하는 것이라 사료된다. 반면 하지 좌·우의 근력 차이가 5% 이내의 정상 수치를 보이던 제어그룹은 4주 후 편차가 발생하는 경향을 보인다. 이는 일반적인 스쿼트 운동이 습관적으로 우세근 하지를 더 사용함으로써 근력 불균형을 유발한다.

이러한 전신진동운동방식은 하지 뿐 아니라 전신의 근력을 고르게 발달시킬 수 있는 효과적인 운동 프로토콜 개발을 통해 전문 선수의 경기력 향상에 큰 도움이 될 것이라 판단된다. 또한 장기간 부상으로 불균형이 발생한 환자들에게 재활 운동의 일환으로 사용되면 인체에 무리를 주지 않고 효율적으로 운동을 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 전신진동운동이 근신경계 향상을 유도하여 고령자 및 건강한 성인의 하지 근력 증진에 긍정적인 효과를 나타낸다고 보고하였다.<sup>20,21</sup> 이러한 결과는 전신진동운동이 건강한 일반인 뿐 아니라 고령자의 인체에 부담을 주지 않는 효과적인 운동 방법으로 사용될 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 부하 편차 방식을 이용한 전신 진동운동이 하지 근력 불균형 개선에 미치는 효과에 대한 유효성을 검증하고자 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 부하 편차 방식을 이용한 운동이 하지 좌우 근력 차이를 16%에서 4주 후 5.1% 수준으로 유의하게 감소시키며 69.1%의 개선효과를 나타냈다. 둘째, 전신진동을 이용한 운동이 근력 불균형을 개선함과 동시에 근 반응성을 유의하게 증가시키는 결과를 나타냈다. 이는 부하 편차 방식의 진동 자극 근방추를 자극하여 근활성을 유도하여 근육 발달에 긍정적인 영향을 미쳐 하지 근력 불균형을 개선시키고, 근 반응성을 향상시킨다고 판단된다.

본 연구의 결과 4중 제어를 활용하여 근골격계 부상으로 인해 근력 불균형이 발생한 일반인, 고령자, 전문 운동선수들의 재활 운동 프로그램의 일환으로 응용 될 수 있을 것이다. 향후 4중 제어 방식을 이용한 전신진동운동의 근력 증진 및 유산소 운동 효과 등 복합전신운동 프로토콜 개발에 대한 연구가 필요하다.

#### 후 기

본 연구는 2013년 중소기업청 중소기업기술혁신개발사업(과제고유번호:SA113084)의 일환으로 수행된 연구 결과임.

#### 참고문헌

1. Chou, R., Atlas, S. J., Sanons, S. P., and Rosenquist, R. W., "Nonsurgical Interventional Therapies for Low Back Pain: a Review of the Evidence for an American Pain Society Clinical Practice Guideline," *Spine*, Vol. 34, No. 10, pp. 1078-1093, 2009.
2. Lee, K. W., Hwang, J. H., and Bang, H. J., "Isometric Evaluation of the Lumbar Extensors in Chronic Low Back Pain," *Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, Vol. 21, No. 1, pp. 1-7, 1997.
3. Kang, S. R., Seo, S. B., Jeong, G. Y., Bae, J. J., Yu, C. H., and et al., "Effect on Improvement of Muscle strength Imbalance according to Load Deviation Pattern of Left and Right Arms in Upper Limbs," *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, Vol. 29, No. 9, pp. 1026-1034, 2012.
4. Lim, Y. T., "Study on Whole Body Vibration as a New Exercise Training Prescription Method," *Journal of Coaching Development*, Vol. 7, No.1, pp. 105-116, 2005.
5. Cardinale, M. and Bosco, C., "The Use of Vibration as an Exercise Intervention," *Exerc. Sport Sci. Rev.*, Vol. 31, No. 1, pp. 3-7, 2003.
6. Baik, S. W., "The Effect of Whole Body Vibration Exercise for Warm up," *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol. 49, No. 2, pp. 729-736, 2012.
7. Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, M. O., Cardinale, M., Bonifazi, M., and et al., "Hormonal Responses to Whole body Vibration in Men," *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 81, No. 6, pp. 449-454, 2000.
8. Delecluse, C., Roelants, M., and Verschueren, S., "Strength Increase after Whole Body Vibration Compared with Resistance Training," *Med. Sci. Sports Exerc*, Vol. 35, No. 6, pp. 1033-1041, 2003.
9. Freddy, M. H. L., Richey, W. K., Laymond, C. K. C., and Marco, Y. C. P., "The Effect of Whole Body Vibration on Balance, Mobility, and Falls in Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis," *Maturitas*, Vol. 72, No. 3, pp. 206-213, 2012.
10. Roelants, M., Delecluse, C., Goris, M., and Verschueren, S., "Effects of 24 Weeks Whole Body Vibration Training on Body Composition and Muscle Strength in Untrained Females," *Int. J. Sports. Med.* Vol. 25, No. 1, pp. 1-5, 2004.
11. Kazuhiro, K., Akira, K., Issei, S., Tsuyosi, T., Yoshihiro, S., and Un, I., "Effect of Whole body Vibration Exercise and Muscle Strengthening, Balance, and Walking Exercise on Walking Ability in the Elderly," *Keio. J. Med*, Vol. 56, No. 1, pp. 28-33, 2007.
12. Kim, G. S., Chae, W. S., Yoon, C. J., Lee, H. S., Kang, N. J., and Kim, D. S., "The Effect of Lower Extremity Muscle Force of Elementary Students on Dynamic Balance during Walking," *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 21, No. 3, pp. 309-315, 2011.
13. Remaud, A., Cornu, C., and Guevel, A., "Agonist Muscle Activity and Antagonist Muscle Co-activity

- Levels during Standardized Isotonic and Isokinetic Knee Extensions,” *Journal of Electromyography and Kinssiology*, Vol. 19, No. 3, pp. 449-458, 2009.
14. Roelants, M., Sabine, M. P., Verschueren, S., Delecluse, C., Levin, O., and Stijnen, V., “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.
15. Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T. A. H., Pasanen, M., Kontulainen, S., and et al., “Effect of a Vibration Exposure on Muscular Performance and Body Balance. Randomized Cross-over Study,” *Clin. Physiol. Funct. Imaging*, Vol. 22, No. 2, pp. 145-152, 2002.
16. Stewart, J. A., Cochrane, D. J., and Morton, R. H., “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. Siu, P. M., Tam, B. T., Chow, D. H., Guo, J. Y., Huang, T. P., and et al., “Immadiate Effect of 2 Different Whole Body Vibration Frequencies on Muscle Peak Torque and Stiffness,” *Arch. Phys. Med. Rehabil*, Vol. 91, No. 10, pp. 1608-1615, 2010.
18. Maeda, S., Mansfield, N. J., and Shibata, N., “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. Go, E. S., Kim, K. M., Lee, D. J., and Joo, N. S., “Whole Body Vibration Effects on Body Composition in the Postmenopausal Korean Obese Women : Plot Study,” *Korean. J. Fam. Med*, Vol. 32, No. 7, pp. 399-405, 2011.
20. Rees, S. S., Murphy, A. J., and Watsford, M. L., “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 Therapy Association*, Vol. 88, No. 4, pp. 462-470, 2012.
21. Kang, S. R., Jeong, G. Y., Bae, J. J., Min, J. Y., Yu, C. H., and et al., “Effect of Muscle Function and Muscular Reaction of Knee Joint in the Twenties on the Whole Body Vibration Exercise,” *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, Vol. 30, No. 7, pp. 762-768, 2013.

