

The Effectiveness Verification of Whole-body Vibration through Comparative analysis of Muscle activity for Whole-body Vibration Exercise, Walking and Running

전신진동운동, 보행 및 런닝과의 근육활성량 및 근 발현 특성 비교 분석을 통한 전신진동운동 효과검증

Young Jin Moon, Won Jun Cho

Department of Sport Science, ChungNam National University, Daejeon, South Korea

Received : 26 February 2021

Revised : 15 March 2021

Accepted : 16 March 2021

Corresponding Author

Won Jun Cho

Department of Sport Science,
Chungnam National University, 99
Daehak-ro(st), Yuseong-gu, Daejeon,
34134, South Korea
Tel : +82-10-7210-8606
Fax : +82-42-821-7427
Email : dkdnfkwd@naver.com

Objective: Through comparative analysis of muscle activity for whole-body vibration, walking and running movements, it is to verify the training effect of whole-body vibration exercise in terms of amount of exercise and muscle activity characteristics.

Method: Flat ground walking and slope walking (10 degrees) at a speed of 5 km/h, flat ground running and slope running (10 degrees) at a speed of 11 km/h for running were performed on treadmill, and squats were maintained at 12 Hz, 20 Hz, and 29 Hz conditions on Whole body vibration exercise equipment (Galileo). Muscle activity was analyzed through EMG analysis device for one minute for each condition.

Results: The Anterior Tibialis and Erector Spinae show greater exercise effect in whole-body vibration than walking and running. The Rectus Femoris, Biceps Femoris, and Gluteus Maximus have the best effect of exercise in flat running. Whole-body vibration exercise showed greater muscle activation effect as the frequency increased, and exercise effect similar to walking during the same exercise time.

Conclusion: The amount of exercise through Whole-body vibration exercise was similar to that of walking exercise, and the Anterior Tibialis and Erector Spinae shows better exercise effect than walking and running.

Keywords: Whole body vibration, Training effect, EMG, Muscle activity

INTRODUCTION

일반적으로 근력이나 근파워를 향상시키기 위하여 저항성운동이 주로 행해지고 있다. 그러나 저항성운동은 효과가 좋은 긍정적인 측면이 있지만 부상에 노출될 가능성이 높은 운동이기도 하다. 반면, 큰 움직임이나 부상 없이 보다 안전하게 저항성운동과 같은 트레이닝의 효과를 얻을 수 있는 방안으로 전신진동운동이 제시되고 있다. 이에 전신진동운동기구들의 효과성에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다(Li, 2015; Park & Kim, 2020; Byun & Lee, 2009; Bosco et al., 2009; Oh, Kang, Kwon & Min, 2015).

전신진동운동의 부정적인 측면은 높은 수준의 진동에 지속적 또는 반복적으로 신체의 부분이나 전체가 노출될 경우 생체조직의 손상이 있을 수 있고 일시적으로는 건강에 영향을 주지 않는 수준이라도 임무 수행 능력을 저하시킬 수 있다. 또한, 진동이 장시간 지속될 경우 인체 소화기계에 치명적인 손상을 가할 수 있다고 경고하였다(Min,

2009). 긍정적인 측면에서는, 전신진동운동은 짧은 기간 안에 근력강화, 균형능력 증가를 통한 노인 낙상과 관련하여 긍정적인 효과가 있으며, 큰 활동없이 짧은 시간 내에 적응하여 활용할 수 있는 장점 때문에 노인 근육관련 강화에 효과가 있다고 보고하고 있다(Cheung, Win, Sze, Lee & Leung, 2007). 무진동 상태와 비교 분석한 결과 모든 부위에서 주파수에 따라 근 이완 효과가 있었으며 16 Hz에서 가장 이상적인 근 이완 효과가 있는 것으로 나타났다고 보고하였다(Bae, Jeong, Kang, Min & Kwon, 2011). 또한, 전신진동 자극 시 스쿼트 자세와 강도에 따라 근 활성 효과에 차이가 있으며(Lee, 2018), 근력강화 트레이닝과 병행할 경우 그렇지 않는 것에 비해 근력향상이 크게 나타났다(Bosco et al., 1999). 또한, 골밀도의 증가가 보고되었고(Sabine, 2004), 체중, 체지방지수를 감소시킨다고 보고하고 있다(Kim, 2000). 이 밖에 전신진동운동기는 직립자세에서 진동이 발에 직접적으로 전달되고, 횡수뿐만 아니라 진폭까지 조절됨으로써 걷기운동과 유사한 운동 효과를 만들어 낼 수 있어 동작수행이 불편한 노인들에게 있어서 혈

액순환에 좋은 운동기구로 활용될 수 있다고 보고하였다(Min, 2009). 전신진동운동의 효과에 대한 국내 연구 결과들을 정리한 결과 전신진동운동의 강도(진동수, 진폭 및 진동의 세기)에 따라 그 효과성이 다를 수 있지만 전신진동운동은 노인 뇌졸중 및 뇌출혈과 같은 뇌관계 질환을 앓고 있는 환자, 청소년, 20대 및 중년기 성인 남녀, 운동선수 등 다양한 대상들의 근신경계, 근골격, 순환계, 신체조성, 운동기능 향상 및 변화에 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다고 보고되었다(Moon, Yoon & Lee, 2017).

많은 선행연구에서 보고된 바와 같이 진동운동기구들이 근육이완이나 강화 측면 등 다양한 긍정적 효과가 있다고 보고된 연구들이 많은 한편, 실제 근육의 활동량에 관한 연구에 대한 명확한 제시가 미비한 실정이다. 전신진동운동은 짧은 시간에 많은 양의 운동효과를 보인다는 주장들이 나오고 있다. 예를 들면, '진동운동기구를 통해 주파수를 25 Hz로 운동 시 1초에 25 걸음으로 환산하여 1분에 1,500 걸음으로 약 7분간의 진동운동이 보행 1만보를 수행한 것과 마찬가지로 근육강화 효과가 있다와 같은 명확하지 않은 주장으로 전신진동운동기 판매업자들의 판매전략이나 홍보에 활용되기도 하는 실정이 그러하다. 결과적으로 진동운동을 선택하고자 하는 이들에게 잘못된 정보를 제공해 줄 뿐만 아니라 이로 인해 해로운 결과까지 초래할 가능성이 있다.

이에 본 연구는 인간활동의 기본 동작인 보행 및 런닝운동을 기준으로 진동운동이 근 활동량과 근 활동의 특성에서 어떠한 차이점이 있는지를 밝혀 근육의 활동량 측면에서 전신진동운동의 운동효과를 검증하고자 진행하였다.

METHOD

본 연구는 근골격·심혈관계질환이 없는 20대 남성 10명을 대상으로

로 보행, 런닝 및 전신진동운동기구 운동시 근 활동량 및 활동 특성을 분석하였다. 피험자의 평균 연령은 25.9±1.6세이었으며, 평균 키와 체중은 각각 173.5±3.6 cm와 70.4±8.3 kg이다. 보행조건(평지, 10도 경사), 런닝조건(평지, 10도 경사) 및 전신진동운동과의 관계성을 알아보기 위한 세부적인 실험 내용으로 트레드밀에서 평지보행, 경사보행(10도), 평지런닝, 경사런닝(10도)을 실시하였으며 전신진동운동은 기구(Galileo) 업체에서 제공된 프로토콜을 활용하여 12 Hz(근육이완조건), 20 Hz(근육강화훈련조건), 29 Hz(파워훈련조건) 조건에서 스쿼트자세 유지 시 EMG 분석 기기를 통해 근 활동을 분석하였다. 각 조건마다 1분씩 같은 시간 동안 운동을 실시하였으며, 보행에서 5 km/h, 런닝 11 km/h의 속도로 운동을 수행하였다. 근전도 부착 근육부위는 총 8 부분으로 넵다리곧은근(RF: Rectus Femoris), 넵다리두갈래근(BF: Biceps Femoris), 앞장근(TA: Tibialis Anterior), 장딴지근(GN: Gastrocnemius), 큰불기근(GM: Gluteus Maximus), 척추세움근(ES: Erector Spinae), 배곧은근(RA: Rectus Abdominis), 큰가슴근(PM: Pectoralis Major)이다. 근전도 분석은 Cometa System, Italy를 활용하여 운동조건별 근 활동량 분석을 위해 EMG 신호의 적분 값인 적분 값(IEMG) 산출과 진동 특성을 대표하는 중앙주파수(MF: Median Frequency)를 산출하였다. 통계 분석은 유의수준 0.05에서 One Way Repeated ANOVA 분석을 실시하였다.

RESULTS

1. IEMG 분석 결과

IEMG는 근육에서의 활동을 적분하여 근육에서의 운동을 양적 개념으로 추출한 변인이다. 이러한 변인을 통하여 다음과 같은 결과가 도출되었다.

Figure 1에서, 보행, 런닝 및 전신진동운동 모두 상체보다는 하체부

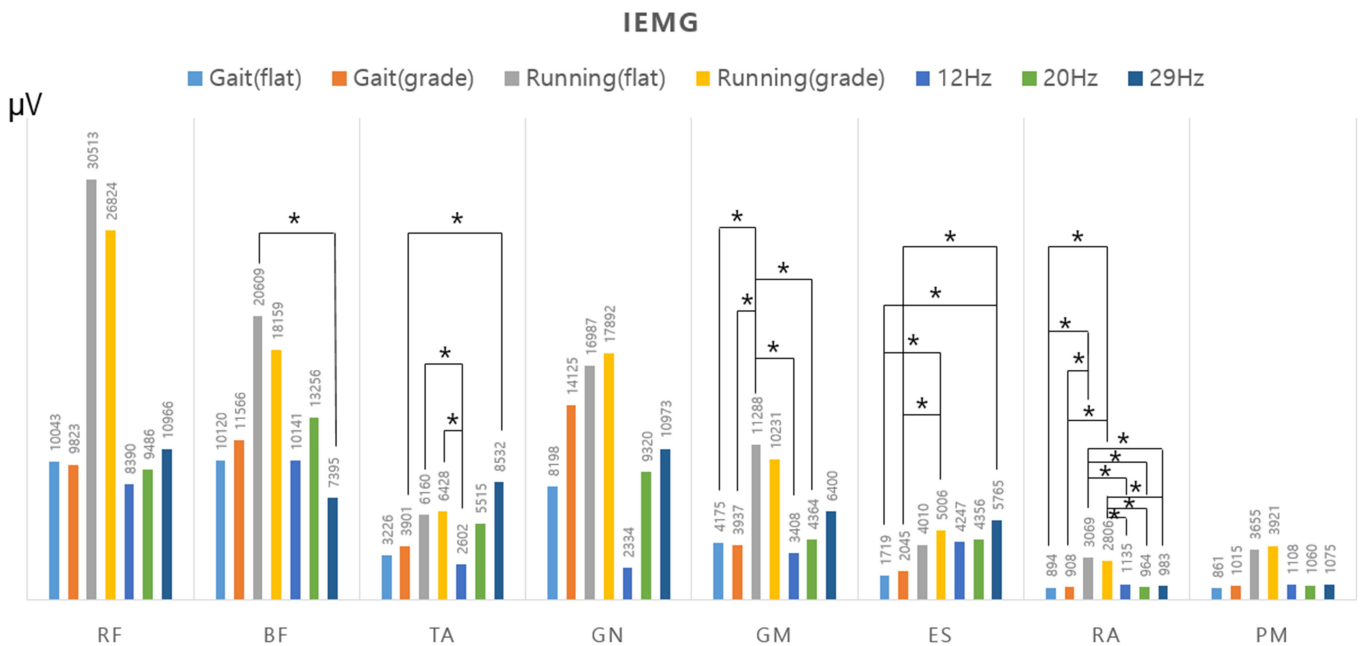


Figure 1. IEMG for each condition. RF: Rectus femoris, BF: Biceps femoris, TA: Tibialis anterior, GN: Gastrocnemius, GM: Gluteus maximus, ES: Erector spinae, RA: Rectus abdominis, PM: Pectoralis major

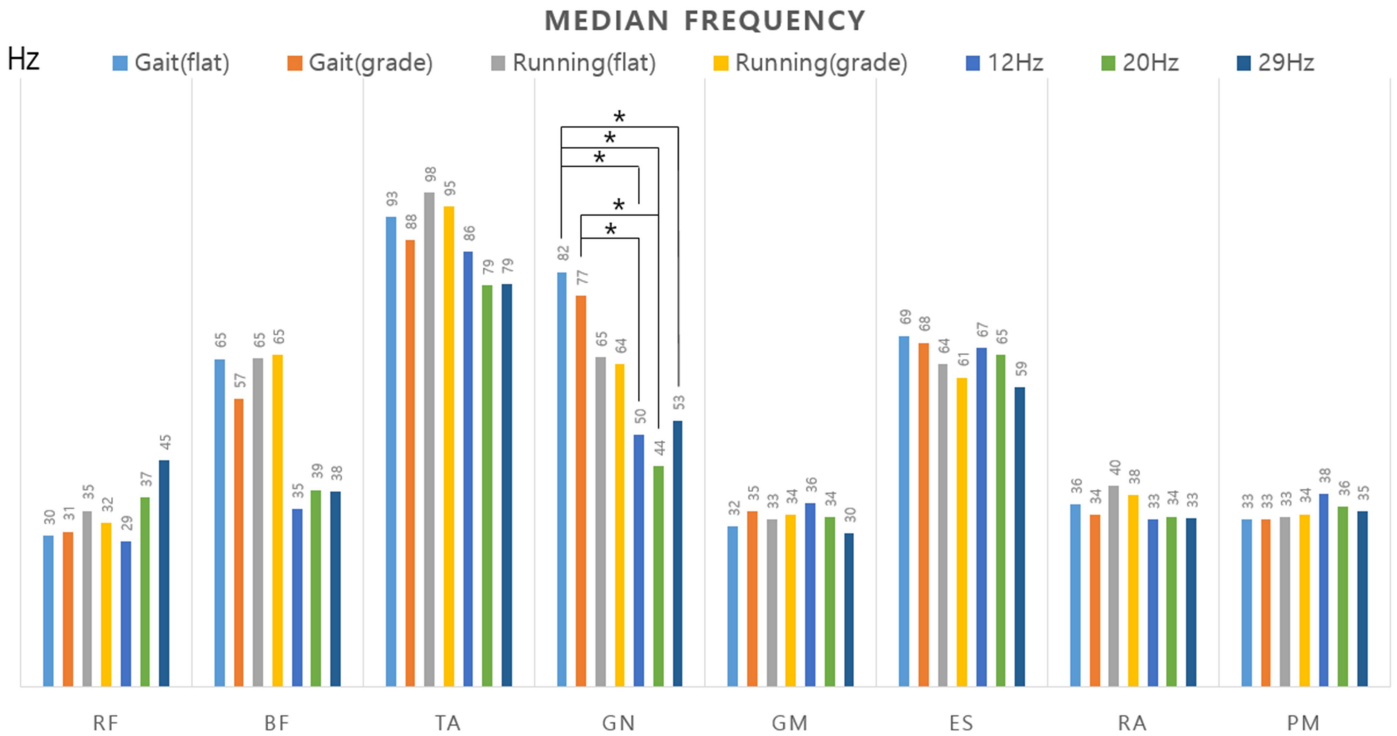


Figure 2. MF for each condition.

에서 IEMG가 두드러지게 큰 값을 나타냈다. 런닝조건(평지, 10도 경사)에서 가장 높은 IEMG 값을 보였고, 보행조건(평지, 10도 경사)과 전신진동운동은 비슷한 크기의 근 활성을 나타냈다.

근육별 결과를 보면, RF에서는 가장 큰 IEMG 값은 평지런닝 시에 나타났으며, 그 다음으로 10도 경사런닝 시에 나타났다. 한편, 평지보행이 29 Hz의 전신진동운동 시 보다는 낮은 값을 보였지만 12 Hz, 20 Hz 보다는 더 큰 활성성을 보였으며, 모든 조건에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. BF에서는 경향성에서는 RF와 비슷하나 20 Hz 전신진동운동 시가 다른 진동운동조건이나 평지 및 경사보행보다 더 큰 값을 보였다. 통계적으로 평지런닝과 29 Hz에서의 전신진동운동에서 유의한 차이를 보였다. TA에서는 29 Hz에서 가장 큰 값을 나타냈으며, 전신진동운동의 진동수가 클수록 더 큰 값을 보이는 경향성을 나타냈다. 통계적으로는 29 Hz의 전신진동운동이 10도 경사보행보다 유의한 차이로 큰 값을 보였으며, 두 가지 런닝조건은 12 Hz 전신진동운동 시 보다 유의하게 더 큰 값을 보였다. GN에서는 런닝조건에서 가장 큰 값을 보였으며, 평지보다는 10도 경사에서 더 큰 값을 보였고, 전신진동운동의 진동수가 클수록 더 큰 값을 나타내었다. GM에서도 비슷한 경향을 보였으며, 평지런닝조건은 보행조건이나 12 Hz, 20 Hz 조건보다 통계적으로 유의하게 큰 값을 나타냈다. ES에서는 하체근육들에 비해 낮은 값을 보이고 있으며, 29 Hz에서 가장 큰 값이 나타났다. 통계적으로는 보행조건에서 10도 경사조건 및 29 Hz의 전신진동운동보다 유의하게 낮은 값을 나타냈다. RA에서는 전반적으로는 낮은 IEMG 값을 보였으며, 런닝조건시에서 보행조건이나 전신진동운동보다는 유의하게 큰 값을 보였다. PM에서는 RA와 비슷한 경향을 보였으며, 통계적으로는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

2. 중앙주파수 분석 결과

Figure 2에서, GN을 제외한 7가지 주요근육에서 운동 형태 및 진동 조건에 따라 비슷한 MF 값을 보였다. GN은 보행조건에서 전신진동운동보다도 유의한 차이로 큰 중앙주파수 값을 나타냈으며, 런닝조건은 다른 조건들과는 유의한 차이를 보이지 않았다.

DISCUSSION

Min (2009), Gi, Chae, Kang & Yoon (2008)은 전신진동운동은 모든 운동의 기본이 됨과 동시에 근골격계와 신경계를 통합하여 사용하는 복잡한 운동인 걷기와 유사한 효과를 만들 수 있다고 하였으며, Delecluse, Roelants & Verschuere (2003)은 12주간의 웨이트 트레이닝 실시집단과 전신진동운동을 실시한 집단간 근력이 비슷한 증가를 보였다고 발표하였다. 또한, Roelants, Delecluse & Verschuere (2004)의 연구에서 전신진동운동그룹이 저항운동그룹보다 동적근력에서 더 큰 증가를 보였다고 보고한 내용 등 전신진동운동기구를 통한 근력증가나 운동의 효과에 대해 긍정적인 연구 결과들이 보고되고 있다. 그러나 진동운동의 효과가 근거없이 증폭되어 홍보되거나 주장하는 경우도 접하게 된다. 예를 들면 G 업체에서는 25 Hz로 운동 시 1초에 25 걸음, 1분에 1,500 걸음으로 약 7분간의 진동운동이 보행 1만보를 수행한 것과 마찬가지로 근육강화 효과가 있다고 홍보되기도 한다. 이러한 실정임에도 불구하고 전신진동운동기구들에 대한 운동량을 명확하게 제시된 연구가 찾아보기 힘든 실정이다. 이에 본 연구는 보행(평지, 10도 경사), 런닝(평지, 10도 경사) 전신진동운동(12 Hz, 20 Hz, 29 Hz) 조건에서 가장 대표적으로 활용되는 근육 8곳(RF, BF, TA, GN, GM, ES,

RA, PM) 근 활동량을 측정하였다. 그 결과로 7가지 운동조건 모두 하체부위의 근육활성이 상체부위보다 더 큰 값을 보이고 있는 것으로 나타나 보행조건, 런닝조건, 스쿼트자세에서의 전신진동운동조건 모두 하체부위의 근육들의 활성도가 높게 나타남을 확인할 수 있었다.

개별 근육 측면에서 보면 RF에서 평지런닝 시가 10도 경사런닝 시보다도 더 큰 IEMG 값을 나타냈다. 이러한 결과는 BF, GM, RA에서도 나타났는데 이는 일반적으로 평지런닝보다는 10도 경사런닝에서 더 큰 값을 나타낼 것이라는 관념과는 상이한 결과라고 판단된다. 하지만 GN, ES, TA 등은 10도 경사런닝 시가 평지런닝 시보다 더 큰 값을 보임으로 결과적으로 두 조건 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없으나 경사에 따른 주 활용근육이 다름을 인지할 수 있었다. 한편, 보행조건과 전신진동운동 조건들과의 비교에서 큰 차이를 보이지 않는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 전신진동운동은 진동수가 증가할수록 좀 더 큰 근육활성효과를 보이고 있고 보행운동과는 비슷한 수준의 운동효과가 있다는 것을 알 수 있다. Furness 등 (2012)은 만성폐쇄성폐질환자들의 보행이 전신진동운동을 통해 향상되었고, Ilgin 등 (2020)은 전신진동운동이 뇌졸중환자의 보행이나 균형 능력의 향상에 효과적이라고 보고한 내용을 토대로 판단해 볼 때 전신진동운동은 보행과 관련된 주 근육인 RF, GN 등의 근육활성화를 통해 보행을 제대로 수행하지 못할 수 있는 대상자의 보행운동의 향상을 도모할 것으로 판단된다. BF에서는 RF와는 달리 전신진동운동조건들 사이에서 20 Hz 시가 29 Hz 시보다 더 큰 근육활성효과를 보이는 있음을 알 수 있다. 이는 특이한 결과로 근육별 다른 진동조건에서 더 큰 효과를 보인다는 것을 추측할 수 있다. 앞으로 좀 더 추후 연구들이 필요할 것으로 판단된다. 통계적으로는 평지런닝 시가 유의적으로 29 Hz의 진동운동 시보다 더 큰 근 활동성이 나타났다. 이러한 결과도 다른 근육에서 나타나지 않는 결과로 BF만의 특성으로 보인다.

TA에서는 29 Hz 전신진동운동조건에서 가장 큰 근활성을 보였으며, 보행조건(10도 경사)보다는 통계적으로 유의하게 크다. ES에서도 비슷한 결과를 보였는데 이러한 결과는 TA, ES은 보행 및 런닝보다는 전신진동운동을 통해 큰 근 활동량을 나타내는 것으로 두 근육에 대한 효과적인 방법으로 전신진동운동이 제시될 수 있는 근거가 될 수 있을 것으로 판단된다. GN 및 GM에서는 RF에서 나타난 결과와 비슷한 경향성을 보이고 있으며, 특히, GM은 평지에서 운동조건들 및 12 Hz, 20 Hz의 전신진동운동 보다 유의하게 큰 근 활성을 보였다. 이에 RF 뿐만 아니라 BF, GM 근육들의 강화훈련에는 평지런닝이 가장 좋은 것으로 사료된다. 상체근육들인 RA 및 PM은 하지근육들보다 전반적으로 낮은 IEMG 값을 보였으며, 런닝운동 시가 큰 운동효과가 있고 보행이나 전신진동운동 시에는 효과가 낮은 것으로 판단된다. Neuro-muscular Performance Analysis Laboratory (2021)이 전신진동운동은 건강한 남성에게 있어서 코어근육의 운동에는 효과가 없음을 발표한 것과 같이 대체적으로 낮은 운동효과를 보이는 것으로 판단된다. 그러나 Zinat, Azadeh, Mohammadreza, Saeed & Shohreh (2016)은 상체부위(위등세모근, 앞뒀니근, 위팔두갈래근, 위팔세갈래근)의 전신진동운동을 통해 근활동이 전신진동을 수행하지 않은 통제그룹보다 유의하게 증가됨을 보고 한 것으로 상체부위의 다른 근육들에게는 전신진동운동이 효과가 있음을 인지해야 하겠다.

중앙주파수는 IEMG 분석을 통해 근육의 활성량을 판단하는 것과는 달리 진동 특성에서 차이가 나타나는지를 판단하기 위해서 수행된 요

인이다. 결과적으로 GN을 제외한 근육별 운동조건들에 따라 비슷하게 나타나고 있는 것으로 나타났으며, 진동수가 가장 크게 나타난 근육은 TA, GN으로 하퇴부위의 근육에서 나타나며, 그 뒤로 ES 순으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 중앙주파수 분석에서 근육별로 통계적인 차이가 나는 근육은 GN으로 보행조건에서 가장 큰 중앙주파수를 보이고 있으며, 전신진동운동과는 통계적으로 유의한 차이로 큰 값을 나타냈다.

CONCLUSION

본 연구는 보행(평지 및 10도 경사), 런닝(평지 및 10도 경사), 전신진동운동(12 Hz, 20 Hz, 29 Hz)의 근육활성량 및 진동 특성에 관한 비교연구를 수행하였고, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 보행 및 런닝 시 경사도에 따라 주 활용근육이 다르게 나타났다. 한편, BF, GM, RA에서 평지런닝 시가 10도 경사런닝 시보다도 더 큰 IEMG 값을 나타냈다.
2. TA, ES은 보행 및 런닝보다는 전신진동운동을 통해 큰 근 활동량을 나타나 두 근육에 대한 효과적인 방법으로 전신진동운동이 제시될 수 있는 근거가 될 수 있을 것으로 판단된다.
3. RF 뿐만 아니라 BF, GM 근육들의 강화훈련에는 평지런닝이 가장 좋은 것으로 나타났다.
4. BF에서는 RF과는 달리 전신진동조건들 사이에서 20 Hz 시가 29 Hz 시보다 더 큰 근육활성효과를 보이는 있음을 알 수 있다. 이는 특이한 결과로 근육별 다른 진동조건에서 더 큰 효과를 보인다는 것을 알 수 있었다.
5. 전신진동운동은 진동수가 증가할수록 좀 더 큰 근육활성효과를 보이고 있고 같은 운동시간 동안 보행운동과는 비슷한 수준의 운동효과가 나타났다.
6. GN으로 보행조건에서 가장 큰 중앙주파수가 나타났으며, GN을 제외한 다른 근육들은 운동조건들에 따라 비슷하게 나타났다.

SUGGESTION

진동운동은 손쉽게 수행할 수 있고 상대적으로 다른 운동보다 안정적이다. 또한, 척수반사를 통한 운동효과로 신경적으로 문제가 있는 사람들에게 좋은 운동기구로 제안되고 있는 시점에서 전신진동운동은 근육의 활동량 측면에서 걷기와 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타나 장애인, 노인 및 여성 등의 운동 시 안정적이고 효과 좋은 운동방법으로 추천 될 수 있을 것이다(Baik & Lim, 2006). 따라서 앞으로 좀 더 다양한 측면에서의 진동운동효과 및 방법에 대해 연구가 진행될 필요성이 있다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study has been supported by research fund of Chungnam National University.

REFERENCES

- Bae, J. J., Jeong, G. Y., Kang, S. R., Min, J. Y. & Kwon, D. K. (2011). The Effect of WBV on muscle relaxation of lower limb. *Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of Korea*, 11, 154-155.
- Baik, S. K. & Lim, Y. T. (2006). The Study of Muscle Contraction Effect of Vibration Exercise Device Using Surface Electromyography. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 16(2), 55-63.
- Bosco, C., Colli, R., Intorini, E., Cardinale, M., Tsarpela, O., Madella, A., Tihanyi, J. & Viru, A. (1999). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*, 19(2), 183-187.
- Byun, J. J. & Lee, K. J. (2009). The effect of Whole Body Vibration on Physical Functions in Elderly persons: A Quantitative Review. *Journal of Coaching Development*, 11(4), 211-220.
- Cheung, W. H., Win, L., Sze, P. C., Lee, K. M. & Leung, K. S. (2007). High-Frequency Whole-Body Vibration Improves Balancing Ability in Elderly Women. *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 88, 852-857.
- 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.
- Furness, T., Bate, N., Kurznel, A., Joseph, C., Naughton, G. & Lorenzen, C. (2012). Long-term effects of WBV on gait of people with COPD. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15, S149.
- Gi, S. J., Chae, W. S., Kang, J. I. & Yoon, C. J. (2008). The Comparative Analysis of EMG Activities on the Lower Limb Muscles during Power Walking and Normal Walking. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(4), 125-133.
- Ilgin, SADE., Cigdem, CEKMECE., Murat, INANIR., Barin, SELCUK., Nigar, DURSUN. & Erbil, DURSUN. (2020). The Effect of Whole Body Vibration Treatment on Balance and Gait in Patients with Stroke. *Arch Neuropsychiatry*, 57, 308-311.
- Kim, J. K. (2000). Effect of vibration training on physical fitness and blood lipids in obese middle-aged women. *KyungHee University Graduate School, Department of Sports Science, Unpublished Master's thesis*.
- Lee, D. Y. (2018). Analysis of Lower Extremity Muscle Activation According to Squat Type during Whole-Body Vibration. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(10), 371-376.
- Li, J. H. (2015). Whole-Body Vibration and Training. *The Korea Contents Society*, 13(3), 14-17.
- Min, J. Y. (2009). The benefits and losses of vibrational motion. *Sports Science, Korea Institute of Sport Science*, Vol. 109, 76-82.
- Moon, S. Y., Yoon, J. D. & Lee, B. G. (2017). Analysis of Whole Body Vibration Research Trends in Korea and Effect as Exercise Training and Prescription. *The Korean Journal of Sport*, 15(3), 677-686.
- Neuromuscular Performance Analysis Laboratory (2021). Effect of whole body vibration on the electromyographic activity of core stabilizer muscles. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 25, 1-5.
- Oh, T. H., Kang, S. R., Kwon, T. K. & Min, J. Y. (2015). The Effect on Muscle Activation in the Trunk and Lower Limbs While Squatting with Slope-Whole-body Vibration. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 25(4), 383-391.
- Park, J. M. & Kim, D. W. (2020). Effect of Whole Body Vibration Exercise on Body Composition and Physical Activity Promotion System in Obese Elementary Students. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20(15), 291-307.
- Roelants, M., Delecluse, C. & Verschueren, S. M. (2004). Whole-Body-Vibration Training Increase Knee-Extension Strength and Speed of Movement in Older Women. *Journal of American Geriatric Society*, 52, 901-908.
- Sabine, V., Machteld, R., Christophe, D., Stephan, S., Dirk, V. & Steven, S. (2004). Effect of 6-months whole body vibration training on hip-density muscle strength and postural control in postmenopausal woman: A randomized controlled pilot study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(3), 352-359.
- Zinat, A., Azadeh, S., Mohammadreza, H., Saeed, T. & Shohreh, J. (2016). The Effects of whole body vibration on EMG activity of the upper extremity muscles in static modified push position. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 29, 557-563.