

중립 선 자세에서의 전신진동 주파수에 따른 자세 안정근의 근활성 분석

서혜정¹, 김종휘²

¹대구가톨릭대학교 일반대학원 물리치료학과, ²대구가톨릭대학교 의료과학대학 물리치료학과

Analysis of Muscle Activation related to Postural Stability according to Different Frequency of Whole Body Vibration during Quiet Standing

Hye-Jung Seo¹, Joong-Hwi Kim²

¹Department of Physical Therapy, General Graduate School, Catholic University of Daegu, ²Department of Physical Therapy, College of Medical Science, Catholic University of Daegu

Purpose: The aimed of this study was to investigate muscle activation related to postural stability according to different frequency of whole body vibration during quiet standing, to identify the most effective training conditions that cause the highest neuromuscular responses, and to evaluate the difference of EMG activation according to the anatomical position of the muscle - proximal or distal from the vibration platform.

Methods: Eighteen healthy subjects voluntarily participated in this single-group, repeated-measures study in which EMG data from upper trapezius, rectus abdominalis, external oblique abdominalis, elector spinae, gluteus maximus, rectus femoris, semitendinosus, and gastrocnemius were collected over different frequencies (0-5-10-15-20-25Hz) for each subject during quiet standing.

Results: We observed a statistically significant difference in the mean values of %RVC of muscular activation according to different frequencies of whole body vibration during quiet standing in all muscles ($p < 0.05$).

Conclusion: Our results indicate that lower frequencies of vibration result in low muscular activation, and higher frequencies elicit high muscular activation. However, the most effective training condition that caused the highest activation was 20 Hz. In addition, the proximally located lower extremity muscles (GCM, RF, ST, GM) showed higher activation than the distally located trunk and neck muscles (ES, EO, RA, UT) together with increasing frequency.

Key Words: Whole body vibration, Frequency, Quiet standing, Muscles activation

1. 서론

최근 들어 안전하고 편리하면서도 근골격계뿐만 아니라 순환계, 내분비계 등에 골고루 영향을 미친다는 연구결과가 발

표되어 새로운 운동-트레이닝 처방 방법으로 그 관심이 증대되고 있는 전신진동운동(WBV; whole body vibration)은 1990년대 후반 들어 근기능 트레이닝 분야에 새롭게 도입되어 현재는 유럽을 중심으로 미국과 일본 등의 많은 프로 스포츠팀, 휘트니스 센터, 재활클리닉 등 다양한 분야에 널리 적용되고 있는 새로운 트레이닝 방법이다.¹ 전신진동운동은 중력부하(gravitational load)를 인위적으로 조절함으로써 근육을 보다 빠르고 강하게 수축하게 함으로써 새로운 자극을 가하는 방법이다.² 진동은 근방추와 알파운동신경을 자극하여 강직성 진동반사(TVR; tonic vibration reflex)에 의한 반사

Received Sep 10, 2013 Revised Oct 13, 2013

Accepted Oct 15, 2013

Corresponding author Joong-Hwi Kim, charmpt@gmail.com

Copyright © 2013 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

반사적 근수축을 일으키게 된다. 이러한 반사적 근수축은 수의적 수축과 동반될 때 운동단위의 동시활성화가 증가한다고 하였다.³

진동치료의 급성기적 효과는 산소소비량 증가, 근육 온도 및 피부 혈류량 증가 등이 있으며⁴, 특히 혈류량 증가로 인하여 즉각적으로 다리에 홍반(erythema)을 가지적으로 확인할 수 있다.⁵ 내분비계에 미치는 효과로는 노인 남녀의 경우 전신진동을 적용한 후 인슐린 성장요인1(insulin-like growth factor 1)과 코티졸의 증가가 보였으며⁶, 20대 남성을 대상으로 테스토스테론과 성장호르몬 분비는 증가하고 코티졸의 분비량은 감소하여 고강도 웨이트트레이닝을 실시했을 때와 유사한 결과를 나타냈다고 하였다.⁷ 또한 전신진동운동의 일회성 처치가 다리근육의 파워와 수축 속도의 향상되고⁸, 정상 성인의 경우 점프능력이 향상되는 등 근육 힘(muscle power)의 증가에 관한 연구들이 많이 이루어지고 있다.⁴

이러한 단기적 효과는 생리학자나 스포츠 과학자에 의해 주로 연구되어지는 반면 장기적 효과에 대한 연구는 임상가들에게 주요 관심사로 떠오르고 있다. 진동치료의 장기적 효과로는 주로 3가지 측면, 즉 근력 증가, 균형 향상, 골밀도 증가로 다양한 질환에서 치료 목적으로 사용되어지고 연구되어지고 있다.⁴ 파킨슨환자의 경우 전신진동치료가 균형과 보행에서 보존적 균형 훈련과 같은 효과를 보였으며,⁹ 성인 뇌졸중의 경우에도 체중이동속도가 빨라지는 등 균형 능력에 향상을 보이며,¹⁰ 근력 또한 향상되었다는 연구가 있다.¹¹ 또한 성인 뇌성마비 14명에게 8주간 전신진동치료를 한 결과 대운동기능이 향상되었으며, 근력 또한 증가하였다.¹²

이와 같이 전신진동운동의 단기, 장기적 적용에 따른 근골격계, 순환계 등의 변화를 연구하는 연구는 많으나 전신진동치로서 보다 체계적인 정보를 제공해주기 위한 진동수, 진동강도, 신체 자세 등에 관련된 연구는 많지 않은 실정이다. 대부분 일부 진동수(26Hz/sec)에서 이루어졌으며, 그 강도 또한 제시되지 않았다.¹ 신체 자세를 연구한 Ritzmann 등¹³과 Riccardo 등¹⁴의 연구에서는 선 자세에서 무릎관절과 발목관절의 각도 변화에 따른 근전도 변화량을 연구하였고, Yang과 Salam¹⁵의 연구에서는 앉은 자세에서 머리-목의 움직임에 따른 위치 변화를 동작분석을 통해 연구하였다. 실제 임상에서 전신진동치로서 사용되고 있는 자세는 주로 선 자세이며, 균형 및 대동작 기능 향상을 위해서는 몸쪽 부위 즉, 몸통과 머리의 안정성이 우선되어야 할 것이다.¹⁶⁻¹⁸ 선 자세에서 발바닥에 제공되어지는 전신진동이 몸통과 머리

까지 전달되어 자세 안정성에 필요한 근육 활동에 영향을 주는지에 관한 연구가 이루어져야 하며, 주파수의 차이에 따라 근육을 이완시키거나 근력을 증진시키고 균형을 향상 시키는지에 관한 연구도 이루어져야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 다양한 분야에서 치료 목적으로 사용되고 있는 전신진동운동을 중립 선 자세에서 주파수에 따른 몸통 및 머리의 안정성에 필요한 자세 안정근의 근활성도를 측정 및 비교함으로써 발바닥에 제공되어지는 전신진동운동이 다리 및 몸통과 머리까지 전달되어 몸통과 머리의 안정성에 필요한 근육 활동에 영향을 주는지를 알아보고, 이러한 자세 안정근의 최적의 근활성을 위한 가장 효율적인 주파수를 찾아 전신진동운동의 기초 자료로서의 근거를 마련하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2013년 5월부터 2013년 6월까지 경기도 성남시에 소재한 B병원에서 근무하고 있는 성인 18명(남자 9명, 여자 9명)을 대상으로 하였으며, 실험은 대상자의 동의 하에 이루어졌다.

연구대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 실험 방법 및 절차

1) 표면근전도 수집과 기본 신호처리

근육의 근전도 신호를 측정하기 위해 신경과 근섬유에서 나오는 복합 활동전위를 기록하는 표면근전도계를 사용하였다. 사용한 표면근전도계는 WEMG-8 (LAXTHA, 대전, 한국)로 input impedance가 1012 Ω , CMRR (common mode rejection ratio)을 110 dB로 설정하여 근전도 신호를 수집하였다. 측정된 표면근전도 신호(sample rate=1,024 Hz)는 TeleScan (ver 2.0) 프로그램을 이용하여 표면근전도 신호 원자료를 산출하였고, IIR bandpass digital filter (bandwidth=50-300 Hz)로 걸러준 다음, 분석에 필요한 8개 근육에 대한 피험자별 평균 RMS (root mean square) 값을 산출하였다. RMS 분석의 경우 최대 근수축에 대한 비율을 산출하는 것 (최대 수의적 근수축; maximal voluntary contraction, MVC)이 일반적이거나, 본 연구에서는 RMS 근전도 신호의 개인 간 차이의 민감도를 더 감소시키고자 하여, 특정 동작의 근수축을 기준 수축(reference voluntary contraction, RVC)으로 삼아 이를 기준으로 표준화하는 %RVC방법을

Table 1. characteristics of subjects

(N=18)

Subjects	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI
9 males	29.3 ± 3.9	170.9 ± 4.9	68.8 ± 9.0	23.5 ± 1.9
9 females	25.6 ± 3.5	159.2 ± 4.9	50.7 ± 4.9	20.0 ± 1.7
Total	27.7 ± 4.1	165.1 ± 7.7	59.7 ± 11.7	21.7 ± 2.5
CVA	46.00 ± 3.00	54.2 ± 3.6	8.23	0.00

BMI : Body Mass Index

Table 2. The mean comparison of %RVC of neuromuscular activation at the different applied vibration frequencies in quiet standing

	0Hz	5Hz	10Hz	15Hz	20Hz	25Hz	p
UT	100	134.21 ± 86.42	194.35 ± 142.04	223.58 ± 107.87	300.64 ± 299.84	242.09 ± 272.45	0.041*
ES	100	102.45 ± 26.82	152.32 ± 63.28	134.51 ± 55.96	276.34 ± 199.32	273.15 ± 157.15	0.000*
RA	100	151.53 ± 60.42	237.32 ± 142.81	218.04 ± 106.98	417.08 ± 327.88	311.07 ± 159.49	0.000*
EO	100	164.91 ± 62.52	262.07 ± 218.83	247.31 ± 196.67	337.07 ± 208.74	294.74 ± 204.75	0.001*
GM	100	155.59 ± 43.96	381.11 ± 280.36	477.85 ± 536.71	846.89 ± 800.55	549.93 ± 294.71	0.000*
RF	100	238.40 ± 256.32	1380.97 ± 1299.33	1088.71 ± 997.37	2345.78 ± 2360.42	1588.82 ± 1569.25	0.000*
ST	100	247.12 ± 147.74	1159.12 ± 1265.22	1123.14 ± 1347.53	1138.63 ± 808.74	1178.40 ± 785.16	0.000*
GCM	100	179.19 ± 144.69	453.06 ± 469.71	447.65 ± 437.87	1076.67 ± 1232.73	1010.25 ± 960.42	0.000*

Mean ± SD of %RVC. * p<0.05

UT: upper trapezius, ES: extensor spinea, RA: rectus abdominalis, EO: external oblique,

GM: gluteus maximus, RF: rectus femoris, ST: semitendinosus, GCM: gastrocnemius

사용하여 비교하였다. 본 연구에서 기준 수축(RVC)은 대상자가 진동 없는 상태에서 어깨 넓이로 해부학 자세로 서있을 때 측정되었다. 이 자세로 10초간 유지한 후 중간 5초간 측정된 근전도 RMS값의 중앙값(median)을 기준수축 값으로 정하였으며, 각 3회씩 반복 측정하여 얻어진 평균값을 사용하였다.

2) 전극부착부위

자세 안정근의 근육 활동을 알아보기 위해 우세측의 위 등세모근 (일곱번째 목뼈와 어깨뼈봉우리 사이 바깥으로 1/2 지점), 척추세움근 (첫번째 허리뼈의 가시돌기 바깥으로 1-2개 손가락 너비), 배곧은근 (앞위엉덩뼈가시 높이, 배꼽 바깥 1-2 cm), 배바깥빗근 (갈비뼈 아래각 바로 아래부위 사선방향), 큰볼기근 (엉치뼈와 큰돌기 사이 가운데 부위), 넓다리끝은근 (앞위엉덩뼈가시와 무릎뼈 사이 가운데 부위), 반힘줄근 (궁둥뼈결절과 안쪽 정강뼈위관절융기 사이 가운데 부위), 장딴지근 (무릎관절에서 먼쪽으로 2 cm 떨어진 부위)에 표면 전극을 대고 근육활동을 측정하였다. 전극과 피부 사이의 임계저항을 줄이기 위해 피부를 부드러운 사포로 문질러 각질을 제거해준 후 알코올로 닦아낸 다음 전극을

부착하였다. 한 쌍의 전극은 전극의 중심과 중심 사이가 20 mm 거리로 근육섬유의 주행방향에 평행하게 부착하였고 기준전극은 측정근육이 주행하지 않는 근처 뼈 부위에 부착하였다.

3) 전신진동 자극 및 신체 정렬

전신진동은 Galileo machine(Novotec, Pforzheim, 독일)을 이용하였으며, 대상자는 진동판 위에 몸통 옆에 팔을 나란히 늘어뜨리고, 어깨 너비로 양발을 벌리고, 시선은 정면을 보고 선 자세를 취하도록 하였다. 먼저 진동판 위에 진동 없이 서 있는 상태에서 10초간 자세를 유지하는 동안 근전도를 측정하여 기준 수축 값으로 정하였으며, 이후 10초 간격으로 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 25 Hz 순으로 진동수를 증가시켜 비교하였다. 이때 선행 연구와 같이 주파수 변경시 마다 10초간의 휴식을 두어 중첩 효과를 상쇄시켰다. ¹

3. 분석방법

자료의 분석은 SPSS for Windows(Ver. 19.0)의 통계 프로그램을 이용하였고, 통계학적 유의수준은 0.05로 하였다. 연구대상자의 연령, 체중, 신장에 대한 평균값과 표준편차를

구하였으며, 각 진동수 변화에 따른 각 근육들의 근육 활성화 정도를 비교하기 위해서 일원배치분석 기법을 사용하였으며 본페로니 수정법을 이용하여 사후 각 변인의 변화를 비교하였다.

III. 연구결과

1. 진동 주파수 변화에 따른 부위별 근활성도 비교

대상자가 진동 없는 상태, 즉 0Hz에서 해부학적 자세로 서 있을 때의 값을 기준근 수축값(RVC)으로 정하여 %RVC값으로 환산하여 진동 주파수 변화에 따른 부위별 근활성도를 비교한 결과는 다음과 같다(Table 2). 진동 주파수 변화에 따른 근활성도는 위등세모근, 척추세움근, 배곧은근, 배바깥빗근, 큰볼기근, 넓다리곧은근, 반힘줄근, 장딴지근 모두에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

각 진동 주파수 변화에 따른 세부적인 차이를 사후 검정으로 분석한 결과는 다음과 같다(Figure 1). 위등세모근의 경우 0 Hz와 20 Hz에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며, 척추세움근에서는 20 Hz와 0 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz에서, 25 Hz와 0 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz에서 각각 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 배곧은근에서는 20 Hz와 0 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz에서, 25 Hz와 0 Hz, 5 Hz에서 유의한 차이가 있었으며, 배바깥빗근의 경우 20 Hz와 0 Hz, 5 Hz에서, 25 Hz와 0 Hz에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 큰볼기근에서는 20 Hz와 0 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz에

서, 25 Hz와 0 Hz, 5 Hz에서 유의한 차이가 있었으며, 넓다리곧은근의 경우 0 Hz와 10 Hz, 20 Hz, 25 Hz에서, 5 Hz와 20 Hz에서, 반힘줄근에서는 0 Hz와 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 25 Hz에서, 5 Hz와 10 Hz, 20 Hz, 25 Hz에서 유의한 차이가 있었다. 마지막으로 장딴지근에서는 0 Hz와 20 Hz, 25 Hz에서, 5 Hz와 20 Hz, 25 Hz에서 유의한 차이가 있었다.

IV. 고찰

전신진동운동은 짧은 시간(5-20분)동안, 안전하고 편안한 상태에서 근육과 골격계, 순환계에 자극을 줌으로써 근력 및 순발력 등의 운동기능 향상뿐만 아니라 산소섭취량 및 혈류량 증가 등 순환계 기능도 향상시킨다. 또한 전신진동운동 자체가 갖는 운동효과 뿐만 아니라 전통적인 운동의 준비운동이나 정리운동 과정에 활용할 경우 부가적인 운동효과를 얻을 수 있다.¹ 이러한 전신진동운동은 근력 증가, 균형 향상, 골밀도 증가와 같은 치료적인 목적으로 다양한 질환에 많이 사용되어지고 있는 실정이다. 본 연구에서는 치료에서 주로 사용되는 중립위 선 자세에서의 전신진동 주파수 변화에 따른 근활성도를 비교하여, 발바닥에 제공되어지는 전신진동운동이 다리 및 몸통과 머리까지 전달되어 몸통과 머리의 안정성에 필요한 근육 활동에 영향을 주는지, 또한 이러한 자세 안정근의 최적의 근활성을 위한 가장 효율적인 주파수에 관해 알아보려고 하였다.

그 결과 이전의 선행연구^{13,19}에서와는 달리 진동 주파수가

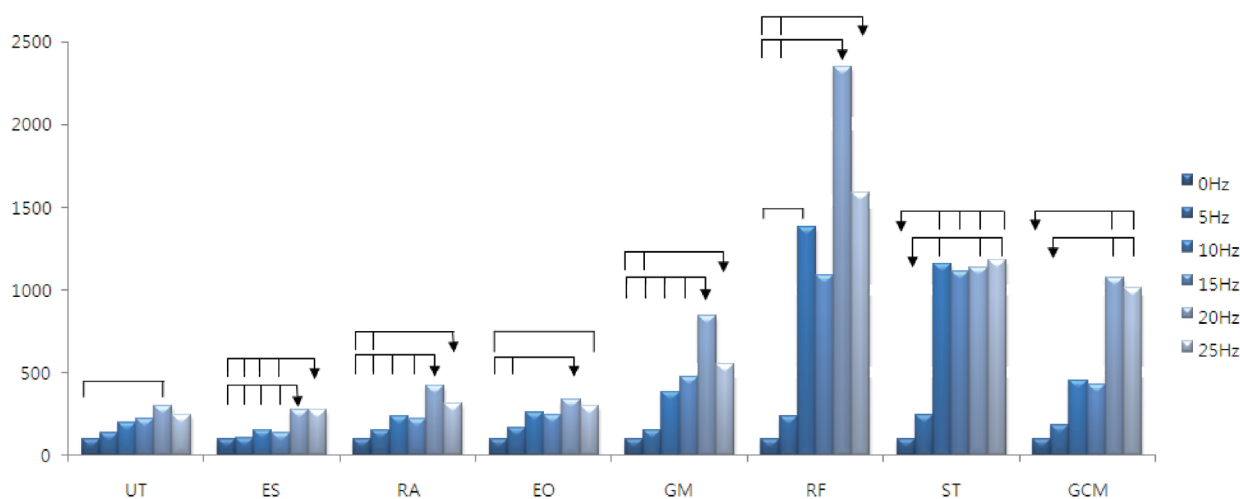


Figure 1. The comparison of neuromuscular activation due to progressively enhanced vibration frequencies during WBV. The lines above the columns demonstrate significant differences between the means calculated for %RVC at each vibration frequency ($p < 0.05$). The arrows indicate the means to which the others were compared ($p < 0.05$).

높아질수록 근활성도가 점진적으로 증가되지는 않았다. 그러나 낮은 주파수에서는 낮은 근활성도를, 높은 주파수에서는 높은 근활성도를 보였으며, 특히 본 연구에서 가장 높은 주파수인 25 Hz가 아닌 20 Hz에서 7개 근육에서 근활성도가 가장 높게 나타났다. 이는 진동 주파수가 증가 할수록 초기에는 흥분성 유입(excitatory inflow)이 증가하여 근활성도가 증가하나, 근긴장도가 증가함에 따라 억제성 유입(inhibitory inflow)이 우세하게 되어 근활성도가 낮아진다는 Riccardo 등¹⁴의 연구와 같이 20 Hz까지는 흥분성 유입이 점진적으로 증가하여 근활성도가 증가하는 양상을 보이다가 25 Hz에서는 억제성 유입이 우세하게 되어 오히려 감소한 것으로 사료된다. 선행 연구에 따르면 흥분성 자극(Ia 구심성)과 억제성 자극(골지 건 기관, 피부 수용체) 사이 균형을 이루게 되는 주파수에서 가장 높은 근활성도가 나타난다고 하였는데,¹⁴ 본 연구에서는 20 Hz에서 가장 높은 근활성도가 나타났다. 또한 본 연구에서 사용한 특정 업체의 전신진동운동기가 선행연구와 달라서 다른 결과가 나온 것으로 사료되며, 본 연구결과를 일반화시키기는 어렵지만, 본 연구에서 사용된 전신진동운동기를 사용하여 근력 증가를 목적으로 치료에 적용할 경우에는 20 Hz에서 전신진동운동을 하는 것이 보다 효과적일 것이다.

전신진동운동에 관한 최근 연구에서는 진동판과 근육의 위치, 즉 진동판에서 가깝거나, 혹은 먼쪽에 위치한 지에 따른 근활성도 변화에 관한 연구들이 이루어지고 있다. Ritzmann 등¹³의 연구에서도 종아리 부위 근육이 넓적다리 부위 근육보다 근활성도가 높았으며, 이는 진동 에너지가 발목관절과 무릎관절에 의해 소실되어 몸쪽 근육의 신경근 반응에 영향을 준 것이라 하였다.¹⁹ 반면 가쪽장딴지근과 가쪽넓은근을 비교한 Riccardo 등¹⁴의 연구에서는 20 Hz를 기준으로 25 Hz, 30 Hz에서는 가쪽장딴지근의 근활성도가 가쪽넓은근에 비해 컸으나, 35 Hz에서 55 Hz에서는 가쪽장딴지근에서는 감소하고, 가쪽넓은근에서는 증가하는 결과를 보였다. 이것은 높은 주파수에서 제동된 가쪽장딴지근으로 인해 가쪽넓은근에 도달하는 진동자극의 제동을 감소시켜 증가된 근활성도를 유도한 것이라 설명하였다.

본 연구에서도 진동판에서 가까운 근육인 장딴지근, 넓다리근, 반힘줄근에서는 높은 근활성도가, 먼쪽 근육인 큰볼기근 및 배곧은근, 배바깥빗근, 척추세움근, 위등세모근은 상대적으로 적은 근활성도가 나타났다. Abercromby 등²⁰의 연구와 같이 진동에너지가 진동판에서 멀어질수록 소실되어

진동판에서 멀리 떨어진 근육의 근활성도가 적게 나타난 것으로 사료된다. 그러나 10 Hz와 15 Hz에서 장딴지근에 비해 넓다리근근과 반힘줄근에서의 근활성도가 높게 나타난 이유는 앞·뒤로의 신체 흔들림을 유발하는 진동을 사용하여 전경골근보다는 가쪽 장딴지근의 근활성도가 높았다는 Polonyova와 Havacka²¹의 연구와는 달리 본 연구에서 사용된 진동 자극이 신체의 앞·뒤로가 아닌 좌·우로 제공되어지기 때문에 전신진동동안의 자세조절, 특히 균형을 유지하기 위해 무릎관절 주변근의 근활성도가 높아진 것으로 사료된다.²²

기능적인 관점에서 진동 주파수 증가에 의한 신경근 활동의 일반적 증가는 다리의 펌근과 굽힘근의 강화된 동시활성화(co-activation)를 이끌어 낼 수 있다. 이러한 동시활성화는 전신진동운동 동안에 자세조절 전략과 관련된 관절 안정성에 양성적 효과(positive effects)를 가져온다고 하였다.^{19,23,24} 본 연구에서는 다리 근육 뿐만 아니라 몸통과 머리 안정성에 전신진동운동이 어떠한 영향을 주는지 알아보고자 하였고, 그 결과 다리에서 넓다리근근과 반힘줄근에서 동시활성화하는 것이 나타났으며, 다리에서 만큼의 근활성도는 아니지만 배곧은근, 배바깥빗근, 척추세움근에서 동시 활성화하는 것이 나타났다. 등세모근에서도 진동주파수의 증가에 따라 증가하는 양상이 나타나 전신진동운동이 목에까지 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 그러나 본 연구에서는 목 굽힘근에 대한 동시적 접근이 이루어지지 않아 머리 안정성을 위한 동시 활성화에 대한 연구가 앞으로 이루어진다면 전신진동운동이 머리 안정성에 미치는 영향을 보다 확실하게 얻을 수 있을 것이라 사료된다. 본 연구는 특정 지역의 특정 직업군에 종사하는 18명을 대상으로 하였기 때문에 연구 결과를 일반화하기에는 제한이 있다. 추후에는 다양한 연령층에서 보다 많은 수를 대상으로 한 연구 뿐 아니라 주파수 변화에 따른 뇌졸중이나 뇌성마비 등 실제 환자를 대상으로 한 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 전신진동운동을 중립 선 자세에서 주파수 변화에 따른 자세 안정근의 근활성도 변화를 비교하였고, 그 결과 진동 주파수 변화에 따른 근활성도는 위등세모근, 척추세움근, 배곧은근, 배바깥빗근, 큰볼기근, 넓다리근, 반힘줄근, 장딴지근 모두에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 또한 주파수가 증가할수록 근활성도가 증가하였으나 20 Hz에서 가장 높은 활성도를 보였으며, 가장 높은 주파수인 25 Hz에서는 약간의 감소가 보였다. 그리고 진동판에서 가까이에 위치한 다리근육에서는 높은 근활성도가, 상대적으로 멀리 위치한 몸통 및 목 부위 근육의

근활성도는 낮게 나타나 근육 위치에 따라 근활성도가 달라짐을 알 수 있었다. 또한 자세 조절에 필요한 관절 안정성을 위한 동시 활성화를 다리와 몸통에서 볼 수 있었으며, 위등세모근에서 전신진동운동 주파수 증가에 따라 근활성도가 증가하는 것을 볼 때, 머리 안정성을 위해 위등세모근이 근활동하는 것으로 생각된다. 본 연구의 결과를 통해 치료에서 전신진동운동을 적용할 때 근력강화를 위해서는 20 Hz를 권장하고, 몸통 및 머리 안정성을 위한 치료 방법으로 전신진동운동의 사용 가능성을 제안한다. 향후 몸통 및 머리 안정성을 위한 동시 활성화가 강화될 수 있는 신체 배열 변화에 따른 연구가 이루어진다면 치료 목적으로 전신진동운동을 사용하는데 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Lim YT. The study on whole body vibration as a new exercise-training prescription method. *Coach*, 2005;7(4):105-16.
2. Bosco C. The effect of extra-load permanent wearing on morphological and functional characteristics of leg extensor muscles. Published Doctorial Thesis, Universite Jean-Monnet de Saint Etienne, France, 1992.
3. Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention, *Exerc Sport Sci Rev*, 2003;31(1):3-7.
4. Frank R. Vibration therapy. *Dev Med & Child Neurol*, 2009;51(4):166-8.
5. Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration exercise in man. *Clin Physiol*, 2000;20(2):134-42.
6. Cardinale M, Soliza RL, Leiper JB, et al. Hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in older individuals. *Br J Sports Med*, 2010;44(4):284-8.
7. Bosco C, Iacovelli M, Tsaroela O, et al. Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol*, 2000;81(6):449-54.
8. Bosco C, Cardinale M, Tsarpela O. Influence vibration on mechanical power and electrogram activity in human arm flexor muscle. *Eur J Appl Physiol*, 1999;79(4):306-11.
9. Ebersbach G, Edler D, Kaufhold O, et al. Whole body vibration versus conventional physiotherapy to improve balance and gait in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehab*, 2008;89(3):399-403.
10. Van Nes IJ, Geurts ACH, Hendricks HT, et al. Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients, preliminary evidence. *Am J Phys Med and Rehab*, 2004;83(11):867-73.
11. Tihanyi TK, Horvath M, Fazekas G, et al. One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke. *Clin Rehab*, 2007;21(9):782-93.
12. Lotta A, Christina A, P Julin. Whole body vibration training compared with resistance training: Effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy. *J Rehabil Med*, 2006;38(5):302-8.
13. Ritzmann R, Kramer A, Gruber M. The influence of vibration type, frequency, body position and additional load on the neuromuscular activity during whole body vibration. *Eur J Appl Physiol*, 2013;113(1):1-11.
14. Riccardo D,G, Francesco M, Jozsef T, et al. The interaction between body position and vibration frequency on acute response to whole body vibration. *J EMG & Kinesiol*, 2013;23(1):245-51.
15. Yang W, Salam R. Human head-neck models in whole-body vibration: Effect of posture. *J Biomecha*, 2013;46(4):702-10.
16. Kim EJ, Hwang BY, Kim JH. The effect of core exercises on balance and walking in patients with stroke. *J Korean Soc Phys Ther*, 2009;21(4):17-22.
17. Lee, HO. Activation of Trunk Muscles during Stabilization Exercises in Four-point Kneeling. *J Korean Soc Phys Ther*, 2010;22(5):33-8.
18. Chae YJ, Park JW, Park S. The effect of postural stability on genu varum in young adults. *J Korean Soc Phys Ther*, 2012;24(6):419-22.
19. Pollock RD, Woledge RC, Mills KR, et al. Muscle activity and acceleration during whole body vibration: effect of frequency and amplitude. *Clin Biomech*, 2010;25(8):840-6.
20. Abercromby AFJ, Amonette WE, Layne CS, et al. Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Med Sci Sports Exerc*, 2007b;39(10):1794-800.
21. Polonyova A., Havacka F. Human postural responses to different frequency vibrations of lower leg muscles. *Physiol Res*, 2001;50(4):405-10.
22. Jang JH, Kim MH, Kim TH, et al. The effects of foot and knee position on electromyographic activity of the vastus medialis and vastus lateralis for hemiplegic patients. *J Korean Soc Phys Ther*, 2010;22(4):21-8.
23. Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc*, 2004;52:901-8.
24. Jung KS, Chung YJ. Effects of the support surface condition on muscle activity of muscles during weight shifting exercise. *J Korean Soc Phys Ther*, 2012;24(5):300-5.