

전신진동운동이 뇌졸중 환자의 균형 및 하지 근활성도에 미치는 영향

김제호

세한대학교 일반대학원 물리치료학과

The Effects of Whole Body Vibration Exercise on Balance and Lower Extremity Muscle Activity in Stroke Patients

Je-Ho Kim

Department of Physical Therapy, Graduate School, Sehan University

Purpose: The purpose of this study was to determine the influence of whole body vibration (WBV) exercise on balance and lower extremity muscle activity according to different intensity of vibration in stroke patients.

Methods: Thirty subjects were randomly divided into three groups: experimental group II (n=10), III (n=10), and control group I (n=10). Each subject was exposed to three WBV conditions, as follows: 1. no WBV (group I), 2. 10 Hz (group II), 3. 30 Hz (group III) in semi squat position. The exercise program was conducted for six weeks (five times per week; 16 minutes per day). Subjects were measured on balance (limited of stability: LOS) and lower extremity muscle activity.

Results: Significant difference in balance and lower extremity muscle activity was observed in the experimental group (II, III), compared with the control group (I). Results of post-hoc analysis, showed a significant difference in balance (LOS) in on group II and group III compared with group I, but no significant difference in on group II compared with group III, and a significant difference in lower extremity muscle activity in on group II and group III compared with group I, and a significant difference on in group II compared with group III.

Conclusion: WBV exercise may be helpful in improvement of balance and lower extremity muscle activity in stroke patients.

Key Words: WBV exercise, Balance, Muscle activity, Stroke

1. 서론

뇌졸중은 뇌혈관이 막히거나 터짐으로 인해 뇌세포의 손상과 신경학적 기능 결손을 유발하며, 임상적 징후로는 의식장애,

감각장애, 운동장애 등을 보이며 독립적인 일상생활 동작의 수행에 제한을 초래한다.^{1,2} 특히 감각-운동계(sensory-motor system)의 손상은 균형능력 저하를 야기시키며 균형 능력은 뇌졸중 환자의 독립적인 일상생활 동작의 성취와 퇴원 후 장애를 예측하는 중요한 인자이다.³ 균형은 지지면 안에 중력 중심(center of gravity, COG)을 위치하도록 하는 자세 안정성을 유지하는 능력으로 뇌졸중 환자들은 부적절한 자세조절로 인해 균형능력이 감소되어 낙상과 같은 위험 요소에 노출되어 있다.^{4,5} 또한 부적절한 자세조절은 균형능력의 감소와 함께 하지 근력의 약화, 근육 두께 및 운

Received Sep 10, 2013 Revised Oct 4, 2013

Accepted Oct 7, 2013

Corresponding author Je-Ho Kim, albam20@naver.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.

Table 1. General characteristics of subject

Variable	Group I (n=10)	Group II (n=10)	Group III (n=10)	t	p
Gender (male/female)	6/4	5/5	6/4	0.15	0.88
Type of stroke (infarction/hemorrhage)	8/2	8/2	7/3	0.54	0.59
Age (years)	65.97 ± 3.72	66.13 ± 2.49	65.84 ± 4.76	0.15	0.86
Height (cm)	165.54 ± 8.76	164.96 ± 7.65	165.13 ± 5.97	0.28	0.80
Weight (kg)	66.51 ± 6.98	64.98 ± 5.87	64.89 ± 4.98	0.43	0.67
Duration of stroke (weeks)	7.23 ± 1.32	7.64 ± 1.43	7.38 ± 1.29	0.77	0.46

Values are presented as mean ± standard deviation

Group I: control

Group II: whole body vibration using 10 Hz, Group III: whole body vibration using 30 Hz

동단위 수의 감소를 나타낸다.⁶ 하지 근력의 약화는 균형 능력 감소와 높은 상관관계가 있으며, 많은 근거들이 뇌졸중 환자의 하지 근력 강화훈련이 균형 및 보행능력 회복에 효과적임을 뒷받침 하고 있다.⁷⁻⁹ 뇌졸중 환자의 근력과 균형 향상을 위한 다양한 운동방법들이 제시되고 있으나, 과도한 노력으로 인해 나타나는 연합반응과 발살바 현상에 의한 혈압상승 등의 문제로 인해 운동의 양과 강도를 결정하는데 어려움이 있었다.¹⁰

최근 이러한 문제점을 해결하기 위해 저강도의 안전한 운동방법으로 전신진동운동이 소개되었고, 회복중인 근육과 뼈의 회복에 적용되고 있으며, 움직임의 제약이 있는 환자에게 효과적인 운동이라고 하였다.¹¹ 전신진동운동의 기전은 근육에 가해지는 기계적인 진동으로 근육방추의 일차 종말을 자극하여 Ia 들신경들의 활동을 증가시켜 더 강한 알파운동신경의 출력을 유발하고, 운동단위의 동원률을 증가하여 더 강한 근수축을 유발한다.^{12,13} 전신진동운동은 체성 감각의 입력을 통하여 균형능력을 향상시키고, 노인들의 균형과 이동성 향상에 효과가 있었다.^{14,15} 파킨슨 환자에게 전신진동운동을 중재한 후 신체 흔들림에 대해 자세 안정성을 유지하는 균형 능력의 향상을 보였다.¹⁶ 전신진동운동은 자세안정성을 위해 필수적인 하지 근육을 강화시킨다고 하였고,¹⁷ Turner 등¹⁸은 대학 스포츠 선수에게 전신진동운동을 중재하여 점프수행력의 향상을 보였고, Kim 과 Lee¹⁹는 노인여성에게 전신진동운동을 중재하여 넵다리곧은근의 근활성도의 향상을 보였다. Liao 등²⁰은 만성 뇌졸중 환자에게 전신진동운동을 중재하여 가쪽넓은근과 장딴지근의 근활성도의 유의한 향상을 보였다.

이처럼 다양한 연구들을 통해 전신진동운동의 효과는 밝혀졌지만, 뇌졸중 환자를 대상으로 객관적인 효과를 증명

하기 위한 연구는 많이 이루어지지 않았고,²¹ 비교적 새로운 운동방법이기 때문에 적절한 치료적 반응을 이끌어내기 위한 진동 강도, 시간, 빈도, 자세 등에 대한 연구 또한 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 반응크리기 자세에서 전신진동운동이 뇌졸중 환자의 균형과 하지 근활성도에 미치는 영향에 대해 알아보고 적절한 치료적 반응을 이끌어 내기 위한 진동의 강도를 규명하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 본인 또는 보호자에게 연구의 내용과 목적을 충분히 설명하고 참여 동의서를 받은 후 진행하였다. 2013년 5월부터 7월까지 전남에 위치한 종합병원에 입원하여 뇌졸중 진단을 받고 물리치료를 시행하고 있는 환자 30명을 대상으로 하였고, 선발된 대상자는 무작위 추출하여 세그룹으로 나뉘어 중재 방법에 따라 10명씩 배치되었으며, 세부적인 선정 기준은 다음과 같다(Table 1).

- 1) 뇌졸중 진단을 받고 3개월을 초과하지 않은 자.
- 2) MMSE-K 에서 24점 이상으로 의사소통과 이해가 가능한 자.
- 3) 보행이 불가능하고 독립적으로 30초 정도 선 자세를 유지할 수 있는 자
- 4) 도수근력검사에서 전반적인 하지 근력이 평균 Fair 미만인 자.
- 5) 실험에 영향을 줄 수 있는 근골격계 질환이 없는 자.

2. 실험방법



Figure1. Whole body vibration

대상자들은 근력강화 훈련 및 균형훈련 등이 포함된 일반적인 신경계 물리치료를 30분씩 중재한 후 추가적으로 그룹 II, III은 전신진동운동기(Next, Seoul, Korea)를 이용하여 전신진동운동을 중재하였고, 대조군은 위약운동을 중재 하였다.

1) 전신진동운동

대상자는 발판 위에 양발 안쪽 뒷꿈치 사이의 거리가 8.4 cm, 엄지발가락의 외반 각도 9° 가 되도록 회전축으로부터 표준 거리에 맞게 두발을 대고 선다. 독립적으로 서 있는 환자에게 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절을 약간 구부리는 반응크리기 자세를 취한 후 운동을 중재하였다.

전신진동운동은 van Nes 등²²이 제시한 프로토콜을 이용하여 총 16분 주 5회 6 주간 실시하였다. 1세트 당 45초씩 4 번의 전신진동운동을 중재하였으며, 총 4세트를 중재하고 각 세트마다 1분간 휴식시간을 제공한다. 적용되는 주파수는 근피로를 유발하지 않은 범위에서 적용하였으며, 그룹 II는 10 Hz, 그룹 III은 30 Hz를 적용하였다(Figuer 1).

2) 위약운동

대조군은 진동을 제외한 모든 상황을 전신진동운동군과 동일하게 적용하였다.

3. 측정방법

1) 표면근전도 시스템

하지 근활성도를 측정하기 위해 MP100 표면 근전도 시

스템(Biopac System Inc., Santa Barbara, CA, USA)을 이용하였고, 여기에서 전환된 디지털 신호는 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.91 소프트웨어를 이용하여 자료 처리하였다. 표면 근전도의 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위하여 부착부위의 털을 제거하고 가는 사포로 3~4회 문질러 피부각질층을 제거한 후, 소독용 알코올로 피부를 깨끗이 하였다. 근전도 자료는 가쪽넓은근과 안쪽넓은근, 앞정강이근에서 수집하였고, 이극전극은 각 근육의 근 힘살(muscle belly)중앙에 근섬유 방향과 평행하게 부착하였다. 표본추출률(sampling rate)은 1,024 Hz로 설정하였고, 잡음을 최소화하기 위하여 대역 여과 필터(notch filter)는 60 Hz, 대역 통과 필터(band pass filter)는 30~450 Hz로 설정하였고, 수집된 신호는 실효치(RMS)로 변환하였다.

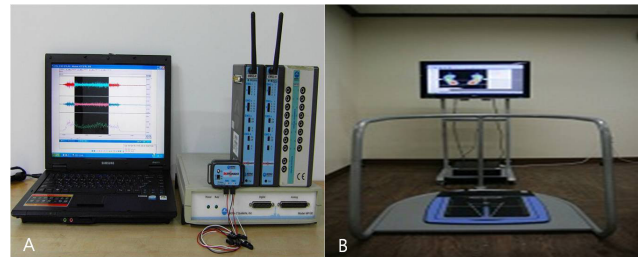


Figure2. A Surface EMG, B Biorescue

2) 근활성도의 표준화

본 연구에서 근활성도를 표준화하기 위해 특정 동작의 근 수축을 기준 수축(reference voluntary contraction, RVC)으로 하여 이를 표준화하는 %RVC방법을 이용하였다. 기준 수축은 반응크리기 자세를 5초 동안 유지하는 동안 마비측(non affected side)의 다리의 가쪽넓은근과 안쪽넓은근, 앞정강이근의 근활성도를 측정된 뒤 처음과 마지막 1초씩을 제외한 3초의 신호를 이용하여 자료를 분석하여 RVC값을 산출하였고, 5초 동안의 선자세에서 측정된 근활성도의 값과 비교하여 %RVC값을 산출하였다(Figure 2A).

3) 균형측정시스템

균형능력을 측정하기 위해 Biorescue (RM Ingenierie, Rodez, France)를 이용하였으며, 압력중심의 이동을 측정하기 위한 힘판(force plate)과 압력중심의 이동을 보여주는 모니터로 구성되어 있다. 동적균형능력을 측정하기 위해 안정성한계(limited of stability)를 측정하였다. 측정은 전·후·좌·우로 구성된 8개의 방향으로 이동 시 중심점에서의 거리를 측정하였고 총 3회 측정된 값의 평균값을 이용하였다(Figure 2B).

Table 2. Comparison of balance ability (LOS) between subject group (unit: cm²)

Variable	Pre	Post	F	p	post-hoc
Group I (n=10)	75.25 ± 4.37	132.16 ± 3.71			
Group II (n=10)	74.98 ± 3.98	140.87 ± 4.25	17.53	0.01†	I - II * I - III †
Group III (n=10)	75.09 ± 4.41	144.95 ± 3.56			

Values are presented as mean ± standard deviation

Group I :control

Group II :whole body vibration using 10 Hz

Group III :whole body vibration using 30 Hz

LOS: limited of stability.

* p<0.05, † p<0.01

Table 3. Comparison of muscle activity (%RVC) between subject group (unit: %)

	Group I (n=10)		Group II (n=10)		Group III (n=10)		F	p	post-hoc
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post			
VL	20.13	48.14	20.42	54.25	19.98	58.78			
	± 2.75	± 3.64	± 1.96	± 2.71	± 2.01	± 3.32			I-II † I-III † II-III *
VM	18.35	43.67	17.97	48.98	18.16	53.69	18.28	0.01†	
	± 2.08	± 2.87	± 2.11	± 3.79	± 1.86	± 2.64			
TA	10.94	36.34	11.12	41.56	10.88	47.24			
	± 1.85	± 3.04	± 2.04	± 3.41	± 2.13	± 2.15			

Values are presented as mean ± standard deviation

Group I :control

Group II :whole body vibration using 10 Hz

Group III :whole body vibration using 30 Hz

LOS: limited of stability.

* p<0.05, † p<0.01

3. 통계처리

측정된 자료는 IBM SPSS Statistics 19.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 통계처리 하였으며, 세 집단 간의 정규성 검증을 위해 일요인 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 운동방법에 따른 그룹 간 균형능력과 하지 근활성도의 차이를 검증하기 위해 공분산분석(ANCOVA)을 이용하여 분석하였으며, 사후검정으로 Bonferroni 검정을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 α=0.05로 하였다.

III. 결과

1. 균형능력 비교

그룹 간 중재 전, 후 하지 근활성도 비교에서 전신진동운동 그룹(II, III)이 대조군(I)과 비교하여 통계학적으로 유의한 차

이를 나타내었으며(p<0.01), Bonferroni 사후분석 결과 전신진동운동그룹(II, III)과 대조군(I)과 비교에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며(p<0.05, p<0.01), 전신진동운동그룹 II와 III의 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2).

2. 하지 근활성도 비교

그룹 간 중재 전, 후 하지 근활성도 비교에서 전신진동운동 그룹(II, III)이 대조군(I)과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며(p<0.01), Bonferroni 사후분석 결과 전신진동운동그룹(II, III)과 대조군(I)과 비교에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며(p<0.01), 전신진동운동 그룹 II와 III의 비교에서도 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(Table 3).

IV. 고찰

뇌졸중 환자에게 균형과 근력은 보행 등 삶의 질에 중요한 요소로, 이를 위한 다양한 운동방법들이 소개되고 있으며, 본 연구의 전신진동운동은 저항도의 안전한 운동방법으로 움직임의 제약이 있는 환자에게 효과적인 운동이라고 하였다.²³ 이에 본 연구는 뇌졸중 환자에게 반응크리기 자세에서 10, 30 Hz의 진동강도를 이용한 전신진동운동을 6주간 중재한 후 균형과 하지 근활성도에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. 연구결과 전신진동운동의 중재 전, 후 그룹 간 균형과 하지 근활성도의 비교에서 전신진동운동 그룹이 통계학적으로 유의한 증가를 보였으며, 사후검정 결과 하지 근활성도에서 10 Hz를 적용한 전신진동운동 그룹 II와 30 Hz를 적용한 전신진동운동 그룹 III과 비교에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. Jeong등²⁴은 24명의 노인들에게 감각운동훈련을 6주 동안 중재 한 그룹과 근력 강화운동을 중재한 그룹과의 균형능력 비교에서 감각운동훈련 그룹이 통계학적으로 유의한 증가를 보였으며, 이는 균형조절을 위해서는 체성 감각의 입력이 필수적이라고 하였다. Song은²⁵ 뇌졸중 환자 17명을 대상으로 6주 동안 체성 감각 자극을 통하여 대조군과 비교하여 체중심 이동 거리가 통계학적으로 유의한 증가를 보였다. 본 연구에서도 전신진동운동이라는 진동감각의 입력을 통하여 균형능력이 통계학적으로 유의한 증가를 보였다. 진동감각이라는 다른 체성 감각의 입력으로 선행 연구들과 차이를 보이거나 균형능력이 향상되는 동일한 결과를 얻어 체성 감각의 하나인 진동감각을 이용한 전신진동운동이 뇌졸중 환자에게 필요하다는 것을 뒷받침해줄 수 있었다. Turbanski등²⁶은 파킨슨 환자 52명을 대상으로 전신진동운동과 일반적인 물리치료를 중재한 대조군과의 비교에서 6 Hz로 6주 동안 중재하여 자세동요의 유의한 감소를 보였다. Schuhfried등²⁷은 다발성경화증 환자 12명을 대상으로 전신진동운동을 3 Hz로 6주 동안 중재하여 TUG 검사에서 유의한 감소를 보였고, van Nes등¹⁴은 만성 뇌졸중 환자 46명을 대상으로 전신진동운동을 30 Hz로 6주 동안 중재하여 눈을 감고 압력중심의 이동을 검사하는 자세동요에서 유의한 감소를 보였다. 본 연구에서도 전신진동운동을 10 Hz, 30 Hz로 중재한 실험군이 대조군에 비해 안정성 한계의 면적이 유의한 증가를 보였다. 하지만 사후검정 결과 10 Hz, 30 Hz를 중재한 실험군 그룹 II와 III 사이에 유의한 차이를 보이지 않아 균형의 향상에 진동의 강도는 영향을 주지 않는 것으로 사료되며, 진동과 같은 체성 감각의

입력은 공간 인지 능력의 향상과 감각-운동계를 활성화 하여 균형이 향상 된 것으로 생각된다.

뇌졸중 환자에게 균형은 하지의 근력과 유의한 상관관계가 있으며, 넙다리네갈래근과 앞정강이근은 자세 안정성유지에 중요한 근육으로 균형 향상을 위해 근력의 증가가 필수적인 근육이다.^{28,29} 근력 증가를 위한 많은 중재방법 중 최근 전신진동운동이 효율적인 방법으로 제시되고 있으며, Kim과 Lee는¹⁹ 노인을 대상으로 교각자세에서 매트운동, 전신진동운동, 스위스 볼 운동을 중재하여 체간과 하지 근활성도를 비교한 결과 전신진동운동이 다른 조건들과 비교하여 넙다리곧은근에 유의한 증가를 보였다. Ahlborg등³⁰은 뇌성마비 환자 14명을 대상으로 8주 동안 주 3회 전신진동운동과 점진적 저항운동을 중재한 후 그룹 간 근력의 비교에서 전신진동운동 그룹이 넙다리네갈래근의 근력과 일률에 유의한 향상을 보였다. Ebid AA등³¹은 31명의 화상 환자에게 전신진동운동을 8주 동안 주 3회 중재한 그룹이 일반적인 물리치료를 시행한 그룹과 비교하여 무릎 관절 펌 근력과 앞정강이근의 근력에 유의한 향상을 보였다. 본 연구에서도 뇌졸중 환자에게 전신진동운동을 6주 동안 주 5회 10 Hz, 30 Hz로 중재한 실험군이 대조군과 비교하여 가쪽, 안쪽넓은근과 앞정강이근의 근활성도의 유의한 증가를 보여 선행연구들과 동일한 결과를 보였다. 반응크리기와 같은 닫힌 운동 시술에서 전신진동운동의 중재는 관절 압박(joint approximation)에 의한 고유수용성 자극과 진동자극에 의한 척수반사의 활성화로 공간적 가중에 의해 더 큰 근활성을 일으킨 것으로 사료된다. 사후검정 결과 10 Hz, 30 Hz를 중재한 실험군 그룹 II과 III 사이에 유의한 차이를 보여 근활성도의 증가에 30 Hz를 이용한 전신진동운동이 효과적으로 사료되며, 30 Hz를 초과하는 진동강도는 정상인에서도 근 피로를 유발하며, 장시간 일정한 강도의 진동 운동은 주파수와 진폭에 대한 신경근의 적응으로 근력에 미치는 영향이 감소하므로,³² 적절한 진동강도와 혼합(mix)이 근활성도에 효율적인 것으로 사료된다.

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 전신진동운동을 6주간 중재한 후 균형과 하지 근활성도에 미치는 영향을 분석하여 전신진동운동의 효과를 알아보았다. 안정성 한계, 근활성도(%RVC)값의 분석을 통하여 전신진동운동이 대조군과 비교하여 균형능력과 근활성도를 증가하기 위해 더 효과적임을 증명하였다. 사후검정 결과 30 Hz를 이용한 전신진동운동이 10 Hz를 이용한 전신진동운동 그룹과 대조군에 비해 효율적임을 증명하였다. 그러므로 전신진동운동은 진동을

제공하지 않은 운동보다 균형 및 하지 근활성도를 향상시키는 것으로 결론을 얻었다.

본 연구의 제한점으로는 지역적 제한과 적은 대상자로 인해 모든 뇌졸중 환자에게 일반화 하기 어려웠고, 연구 대상자의 일상생활 통제에 어려움이 있었다. 향후 본 연구를 바탕으로 급성기 뇌졸중 환자에게 전신진동운동의 중재가 보행에 미치는 영향과 진동 강도의 혼합과 혼합하지 않은 진동 강도와의 비교 연구도 필요할 것이다.

참고문헌

- Belgen B, Beninato M, Sullivan PE et al. The association of balance capacity and fall self-efficacy with history of falling in community-dwelling people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(4):554-61.
- Harris JE, Eng JJ, Marigold DS et al. Relationship of balance and mobility to fall incidence in people with chronic stroke. *Phys Ther*. 2005;85(2):150-8.
- De Haart M, Geurts AC, Huidekoper SC et al. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: A rehabilitation cohort study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(6):886-95.
- Tyson SF, Hanley M, Chillala J et al. Balance disability after stroke. *Phys Ther*. 2006;86(1):30-8.
- Tyson SF, Desouza LH. Reliability and validity of functional balance tests post stroke. *Clin Rehabil*. 2004;18(8):916-23.
- Metoki N, Sato Y, Satoh K et al. Muscular atrophy in the hemiplegic thigh in patient after stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82(11):862-5.
- Kligyte I, Lundy-Ekman L, Medeiros JM. Relationship between lower extremity muscle strength and dynamic balance in people post-stroke. *Medicina*. 2003;39(2):122-8.
- Pollock C, Eng J, Garland S. Clinical measurement of walking balance in people post stroke: a systematic review. *Clin Rehabil*. 2011;25(8):693-708.
- Geurts AC, de Haart M, van Nes IJ et al. A review of standing balance recovery from stroke. *Gait Posture*. 2005;22(3):267-81.
- Marciniak C. Poststroke hypertonicity: upper limb assessment and treatment. *Top Stroke Rehabil*. 2011;18(3):179-94.
- Mikhael M, Orr R, Fiatarone Singh MA. The effect of whole body vibration exposure on muscle or bone morphology and function in older adults: A systematic review of the literature. *Maturitas*. 2010;66(2):150-7.
- Ushiyama J, Masani K, Kouzaki M et al. Difference in aftereffects following prolonged Achilles tendon vibration on muscle activity during maximal voluntary contraction among plantar flexor synergists. *J Appl Physiol*. 2005;98(4):1427-33.
- Shinohara M. Effects of prolonged vibration on motor unit activity and motor performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(12):2120-5.
- van Nes IJ, Geurts AC, 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 Rehabil*. 2004;83(11):867-73.
- Bautmans I, Van Hees E, Lemper JC et al. The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. *BMC Geriatr*. 2005;22:5-17.
- 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 Rehabil*. 2008;89(3):399-403.
- Bogaerts A, Verschueren S, Delecluse C et al. Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: a 1 year randomized controlled trial. *Gait Posture*. 2007;26(2):309-16.
- Turner AP, Sanderson MF, Attwood LA. The acute effect of different frequencies of whole body vibration on countermovement jump performance. *J Strength Cond Res*. 2011;25(6):1592-7.
- Kim TH, Lee KS. Electromyographic activities of trunk and lower extremity muscle during bridging exercise in whole body vibration and swiss ball condition in elderly women. *PTK*. 2010;17(4):26-34.
- Liao LR, Lam FM, Pang MY et al. Leg muscle activity during whole body vibration in individuals with chronic stroke. *Med Sci Sports Exerc*. 2013 Jul 29. [Epub ahead of print]
- Tihanyi TK, Horvath M, Fazekas G et al. One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke. *Clin Rehabil*. 2007;21(9):782-93.
- van Nes IJ, Latour H, Schils F et al. Long term effects of 6 week whole body vibration on balance recovery and activities of daily living in the postacute phase of stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke*. 2006;37(9):2331-5.
- Madou KH, Cronin JB. The effects of whole body vibration on physical and physiological capability in special populations. *Hong Kong Physiother J*. 2008;26(1):24-38.
- Jeong TG, Park JS, Choi JD et al. The effects of sensorimotor training on balance and muscle activation during gait in older adults. *J Kor Soc Phys Ther*. 2011;23(4):29-36.
- Song BK. Effect of somatosensory stimulation on upper limb in sensory, hand function, postural control and ADLs within sensorimotor deficits after stroke. *J Kor Soc Phys Ther*. 2012;24(5):291-9.
- Turbanski S, Haas CT, Schmidtbleicher D et al. Effects of random whole body vibration on postural control in parkinson's disease. *Res Sport Med*. 2005;13(3):243-56.

27. Schuhfried O, Mittermaier C, Jovanovic T et al. Effects of whole body vibration in patients with multiple sclerosis: a pilot study. *Clin Rehabil*, 2005;19(8):834-42.
28. Chang JS, Lee SY, Lee MH et al. The correlations between gait speed and muscle activation or foot pressure in stroke patients. *J Kor Soc Phys Ther*, 2009; 21(3):47-52.
29. Bae YS, Um KM, Kim NS et al. The effect of proprioceptive exercise of ankle joint on postural alignment in woman elderly person. *J Kor Soc Phys Ther*, 2009; 21(3):53-60.
30. Ahlborg L, Andersson C, Julin P. 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.
31. Ebid AA, Ahmed MT, Mahmoud Eid M et al. Effect of whole body vibration on leg muscle strength after healed burns: a randomized controlled trial. *Burns*, 2012;38(7):1019-26.
32. Torvinen S, Kannu P, Sievanen H et al. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance, randomized cross-over study. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2002;22(2):145-52.