

## 전신진동운동이 노인의 균형, 근력 및 낙상효능감에 미치는 영향

김영민 · 박진환<sup>†</sup>

한국교통대학교 물리치료학과, <sup>1</sup>한국교통대학교 대학원 물리치료학과

### The Effect of Whole-Body Vibration Exercise on Balance, Muscle Strength and Falls Efficacy in the Elderly

Young-Min Kim, PT, PhD · Jin-Hwan Park, PT<sup>†</sup>

Dept. of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Korea National University of Transportation

Received: July 2, 2017 / Revised: July 13, 2017 / Accepted: August 7, 2017

© 2017 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** The purpose of the present study was to investigate the effects of whole body vibration exercise on balance, muscle strength and falls efficacy in the elderly.

**METHODS:** In this blinded randomized allocation study, 27 elderly were assigned to a whole-body vibration exercise group (n=14), consisting of 25 min structured exercises for 2 days per week for 6 weeks and a control group (n=13) performing the same program without vibration. At baseline and after the 6-week intervention, balance was measured using the Korean version of the Berg balance scale (K-BBS), timed up and go (TUG) test and functional reach test (FRT). Muscle strength was determined using the 30-s chair stand test (CST). Fear of falling was assessed using the Korean version of falls efficacy scale (K-FES). Paired t-test and independent

t-test were used for within and between group comparisons, respectively.

**RESULTS:** After the intervention, the experimental group showed significantly higher changes in all the parameters (K-BBS score, TUG test, CST, K-FES score) ( $p<.05$ ) compared with the control group. However, there was no significant change in all parameters in the control group ( $p>.05$ ).

**CONCLUSION:** The whole-body vibration exercise program may be helpful to improve balance, mobility, muscle performance and fear of falling in the elderly.

**Key Words:** Fall, Older, Whole body vibration

#### I. 서론

낙상은 노인에 있어 건강을 위협하는 심각한 문제 중의 하나이다(Miller, 2002). 노인의 경우 연령이 증가할수록 근육의 면적과 크기가 감소하여 근력 및 근지구력의 약화와 근위축 및 근수축력을 저하시켜 균형 감각에 영향을 주게 되고(Spirduso 등, 2005), 고유수용성 감

<sup>†</sup>Corresponding Author : pjh3513@hanmail.net

This is an Open Access article distributed 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.

각으로 대표되는 운동감각의 저하가 나타나며(Warnes 등, 1995), 이러한 고유수용성 감각 기능의 저하는 균형 능력의 감소로 이어져 노인들의 운동조절의 어려움을 야기 시킨다(Verschueren 등, 2004). 또한 중추신경계의 노화는 자세조절 기능, 전정감각, 시각, 반응시간을 감소시켜 신체 불안정성을 증가시키며, 이러한 내부적인 요인의 변화는 노인의 균형능력의 감소와 보행의 불안정성으로 이어져 노인들의 낙상의 위험성을 증가시킨다(Sturmieks 등, 2008).

최근 고령 사회에서 노인 인구가 증가함에 따라 낙상 위험의 빈도는 더욱 증가되고 있으며, 낙상은 65세 이상 노인의 가장 흔한 사망 원인 중 하나이다(Dehail 등, 2011). Sijà-Rabert 등(2012)은 지역사회에서 65세 이상 노인 중 매년 한번 이상 낙상을 경험한 노인이 30%, 80세 이상의 노인에서는 40%를 넘으며, 이들 중 50% 이상이 재발을 경험하고 있다고 하였다.

낙상은 노인들에 있어 골절 및 외상 등을 일으켜 삶의 질을 저하시키기도 하며, 신체적 손상을 입지 않았다 하더라도 사회적 고립으로 이어질 수 있다(Scheffer 등, 2008). 이러한 낙상은 신체적 손상뿐만 아니라 낙상 후 겪게 되는 낙상에 대한 두려움으로 인해 정상적인 활동의 제한과 더 나아가 신체의 기능을 감퇴시켜 낙상의 위험을 더욱 증가시키게 된다(Denkinger 등, 2010).

Tinetti 등(1990)은 낙상 발생을 통해 나타나는 문제들을 해결하는 것도 중요하지만, 많은 경우 예측과 예방이 가능한 상황에서 발생하는 안전사고이기 때문에 낙상 발생 전 예방을 통해서 낙상 발생률의 2/3은 예방이 가능하며, 낙상의 위험인자를 찾아내고 이에 대한 적절한 교정을 통해 고위험군의 낙상을 예방함으로써 노인의 기능장애 및 낙상으로 인한 사회적 비용 절감 효과도 가져올 수 있다고 하였다.

노인에게 낙상을 예방하기 위한 가장 중요한 프로그램은 하지의 근력 및 근지구력 향상과 균형증진이라고 볼 수 있으며(Runge 등, 2000), 노인의 균형, 근력 및 보행능력의 향상은 노인들의 삶의 질에 있어 유의한 상관관계가 있음을 보고하였다(Kim 등, 2010).

따라서 최근에는 이러한 활동의 대안으로 인체에 별다른 부담을 주지 않으면서 인위적으로, 그리고 정량

적으로 중력을 조절하여 근육에 새로운 자극을 가함으로써 근기능을 향상시키는 전신진동운동이 유럽과 미국을 중심으로 급속도로 퍼져 나가고 있다(Rittweger 등, 2003). 전신 진동 운동(Whole-body vibration Exercise)은 기계적 진동이 있는 플랫폼 위에서 외부적인 저항 없이 자신의 체중만으로 정적, 동적인 여러 자세를 취하며 운동을 할 수 있는 방법으로, 다양한 진폭과 진동수(Frequency) 자극을 통해 근방추(Muscle Spindle)와 같은 감각수용기(Receptor)에 기계적인 자극을 줌으로써 근신경계의 반응과 적응을 이끌어 근력과 근 지구력을 증진시키는 방법이다(Torvinen 등, 2002). 전신 진동 운동의 효과로는 남녀 학생을 대상으로 8주간의 전신진동운동 결과 하지근력 및 균형 능력향상에 효과가 있었으며(Ha 등, 2015), 만성뇌졸중 환자를 대상으로 6주간 주 5회 전신진동운동을 적용한 결과 환측 하지의 무릎 신전 근력, 균형능력 및 보행능력 향상을 보고하였다(In과 Song, 2010). 노인을 대상으로 한 연구에서 자세적 안정성 증진(Bosco 등, 1999), 낙상 위험을 감소시키는 효과(Bruyere 등, 2005), 그리고 골밀도와 하지의 근력, 기능적 이동성 등 운동 능력을 향상시키는 효과(Bautmans 등, 2005)가 보고되어 있다.

국내의 전신진동운동을 이용한 대상자를 살펴보면 운동선수(Kim, 2015; Lee, 2017), 뇌졸중 환자(In과 Song, 2010), 비만 여성(Ryu, 2007), 뇌성마비아동(Jung, 2017), 척수손상 환자(Ahn과 Song, 2016)을 대상으로 한 연구가 이루어졌으나 노인을 대상으로 낙상예방활동을 위한 전신진동운동의 효과에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전신 진동 운동이 노인의 균형, 근력 및 낙상효능감에 미치는 효과를 확인하여 향후 노인의 균형 및 근력을 향상시켜 낙상예방을 위한 중재방법을 제시하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 J시에 소재한 M병원의 간병인 또는 보호자들 중 65세 이상의 대상자 28명을 선정하였고, 선정

된 대상자 28명에 대하여 제비뽑기를 통해 전신진동운동그룹과 대조군으로 각각 14명씩 무작위 배정한 후 2017년 5월 15일부터 6월 23일까지 총 6주간 주 2회, 1일 1회 25분간 수행하였다. 두 집단에게 동일한 측정 도구로 본 연구자가 직접 사전 및 사후 검사를 실시하였다. 본 연구는 한국교통대학교 기관생명윤리심의의 승인을 받은 후 진행되었으며, 두 집단 모두에게 본 연구에 대하여 설명하고 연구 참여에 대한 서면 동의를 얻은 후 실험에 참여하였다.

연구대상자의 선정기준은 1) 65세 이상의 건강한 노인, 2) Squat 자세를 취할 수 있는 자, 3) 보조도구 없이 보행이 가능한자, 4) 한국형 간이정신 상태 검사(Mini-Mental State Examination, MMSE-K) 점수가 24점 이상인 자로 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 수행할 수 있는 자로 하였다. 제외기준으로는 1) 심혈관 질환, 신장, 간질환, 인지적 문제를 가진 자, 2) 심박조절기(Artificial Pace Maker)를 착용중인 자, 3) 균형능력 및 보행 능력에 영향을 줄 수 있는 전정계, 시각 손상 및 마비가 있는 자, 4) 무릎 및 고관절에 인공조형물 수술 및 통증이 있는 자, 5) 전신진동운동에 영향을 줄 수 있는 골절과 같은 정형외과적 문제가 있는 자, 6) 규칙적인 운동이나 다른 운동 프로그램에 참여중인 자, 7) 본 연구 기간 중 포기의사를 밝힌 자이며, 연구 기간 중 참여율이 80% 미만인 자의 경우 연구에서 제외하였다.

## 2. 중재 방법

### 1) 전신진동운동

전신진동기를 이용한 운동 프로그램의 구성은

Bautmans 등(2005)의 선행 연구를 수정보완 하여 6주간 주 2회, 1일 1회 25분간 실시하였다. 운동은 5분간의 가벼운 스트레칭을 통해 근육, 관절의 가동범위를 넓혀 본격적인 운동을 하기 위한 준비운동을 실시하였으며, 그 후 본 운동 15분, 준비운동과 동일한 가벼운 스트레칭으로 이루어진 정리운동 5분으로 마무리 하였다.

연구에 사용된 진동 장치는 수직 전신진동운동기(VM-10, Sonic world, Korea)로써 진동판 위에 서서 어떤 외부적인 부하 없이 자신의 체중만으로 Weight Bearing (ant-post/right-left), Tandem Standing, Calf Raise, Tiptop Raise, Deep-Squat (90°), Semi-Squat (45°) + Calf Raise, Front Lunge 각각의 7가지 훈련 동작을 실시하였다.

초기 1주에는 적응기간으로 Weight Bearing (ant-post/right-left), Tandem Standing, Calf Raise, Tiptop Raise를 적용하였고, 2주에는 Deep-Squat (90°)를, 3주와 4주에는 Semi-Squat (45°) + Calf Raise, Front Lunge 훈련 동작을 추가하였다. 주파수의 설정은 Di Giminiani 등(2013)의 선행연구와 같이 근활성도에 가장 적합한 주파수인 30 Hz, 진폭은 3 mm 설정하였으며, 주차 별로 휴식시간은 초기 90초에서 점진적으로 감소하였다. 각 훈련 동작에 대한 반복횟수는 10초씩 10회 반복 수행하였고 구체적인 전신 진동운동 프로그램은 Table 1과 같다.

### 2) 진동이 없는 운동 프로그램

대조군은 운동의 빈도, 기간, 휴식 시간, 운동자세 등을 전신진동운동그룹과 모두 동일하게 하였으나 진동의 유무가 달랐다. 대조군은 진동이 없는 진동판 위에서 전신진동운동그룹과 동일한 7가지 동작을 실시하였으며, 구체적인 대조군의 운동프로그램은 Table 2와 같다.

Table 1. Experiment group: Whole body vibration exercise program

week	Exercise position	frequency (Hz)	duration (min)	rest time (sec)	Repetitions
1	①②③④	30	15	90	10
2	①②③④⑤	30	15	60	10
3-4	①②③④⑤⑥⑦	30	15	30	10
5-6	①②③④⑤⑥⑦	30	15	20	10

① Weight bearing (ant-post/right-left) ② Tandem standing ③ Calf raise  
④ Tiptop raise ⑤ Deep-squat (90°) ⑥ Semi-squat (45°) + Calf raise ⑦ Front lunge

Table 2. Control group: Exercise program without vibration

week	Exercise position	frequency (Hz)	duration (min)	rest time (sec)	Repetitions
1	①②③④	No vibration	15	90	10
2	①②③④⑤	No vibration	15	60	10
3-4	①②③④⑤⑥⑦	No vibration	15	30	10
5-6	①②③④⑤⑥⑦	No vibration	15	20	10

① Weight bearing (ant-post/right-left) ② Tandem standing ③ Calf raise  
④ Tiptop raise ⑤ Deep-squat (90°) ⑥ Semi-squat (45°) + Calf raise ⑦ Front lunge

### 3. 평가도구와 측정방법

#### 1) 균형능력의 평가

(1) 한국판 버그 균형 척도(Korean version of Berg Balance Scale: K-BBS)

균형을 평가하기 위해 한국판 버그 균형 척도(K-BBS)를 사용하였다. K-BBS는 기립 상태에서 눈 감기, 발목으로 서기, 물건 집어 올리기 같은 과제가 포함된 균형 능력을 정량화하여 측정할 수 있는 도구이다. 버그균형척도는 캐나다인으로 물리치료사인 Katherine Berg에 의해서 개발되었으며 신경학적 병변이 없는 지역사회 거주 고령자가 넘어지는 상황을 가장 잘 예측하는 검사라고 보고하였다(Berg 등, 1992). 이 검사는 1-4점으로 등급을 매기는 14종류의 항목을 사용하고 있다. 이 검사는 양호한 검사-재검사와 평가자간 신뢰도(등급 내 상관계수 ICC=0.98)와 양호한 내적 합치도(internal consistency)(Cronbach의  $\alpha=0.96$ )가 보고되어 있다(Berg 등, 1992).

(2) 일어나 걷기 검사(Timed up and Go Test: TUG)

일어나 걷기 검사는 노인 환자의 일상의 이동성 숙련성에 영향을 주는 균형 문제를 찾아낼 수 있는 빠른 선별검사 방법으로 대상자에게 50 cm의 높이 의자에서부터 일어나서 3m를 걸어가서 방향을 전환하여 돌아와 독립적으로 앉을 때까지의 시간을 초시계를 이용하여 3회 측정 후 그 평균값으로 하였다. 일어나 걷기 검사는 순발력, 속도, 민첩성, 동적균형을 빠르게 측정할 수 있는 검사방법으로 측정자내 신뢰도  $r=0.99$ 이고, 측정자간 신뢰도  $r=0.98$ 이다(Morris 등, 2001).

(3) 기능적 팔 뻗기 검사(Functional Reach Test: FRT)  
기능적 팔 뻗기 검사는 노인의 균형에 대한 여러 문제와 낙상 위험성을 빠르게 선별하는 방법으로 개발된 단일항목의 검사이다(Duncan 등, 1990). 실험대상자는 양 발을 어깨 폭으로 벌려서 선 자세를 취하고 주먹을 왼 상태에서 어깨를 90도 굽혀서 올린다. 그 후 발을 움직이지 않고 균형을 유지한 채로 가능한 앞쪽으로 멀리 팔을 뻗기를 하여 주먹의 끝의 거리 차이를 cm 단위로 기록하고 3회 측정 후 그 평균값으로 하였다. 기능적 팔 뻗기 검사는 측정자 내 신뢰도  $r=0.98$ 이고, 측정자간 신뢰도  $r=0.92$ 이다(Duncan 등, 1990).

#### 2) 근력의 평가

근력의 평가는 앉은 자세에서 일어서기 검사(30-second Chair Stand Test: CST)로 수행하였다. 앉은 자세에서 일어서기 검사는 대상자가 양 팔을 가슴에 교차시킨 자세에서 30초간 의자에 앉았다 일어난 횟수를 측정하였으며, 3회 측정 후 평균으로 하였다(Bohannon, 1995).

#### 3) 낙상효능감 평가

낙상효능감은 Tinetti 등(1990)이 개발한 낙상효능감 척도(Falls Efficacy Scale, K-FES)를 한국어로 번역한 한국판 낙상효능감 척도(Korean Version Falls Efficacy Scale, K-FES)를 이용하여 측정하였다. 환자와 1:1 인터뷰를 통해서 일상생활에 필요한 10가지 행동을 수행하는데 따르는 두려움을 1부터 10까지 숫자로 나타내며, 과제를 수행하는 동안 넘어지는 것에 전혀 자신감이 없어 두려움을 느끼면 1점, 매우 자신이 있음을 10점으로, 측정 점수 범위는 최저 10점, 최고 100점까지이고,

점수가 낮을수록 낙상에 대하여 두려움을 많이 느낌을 의미한다. 이 척도 문항의 내적 합치도는 Cronbach's  $\alpha=.75$ 로 나타났다(Huang 등, 2003).

4. 자료 처리

수집된 자료의 통계처리는 SPSS Ver. 18.0 통계 프로그램을 사용하였다(SPSS Inc., Chicago, IL, USA). 모든 변수의 자료는 Shapiro-Wilk 검정으로 정규성이 확인되어, 대상자의 일반적인 특성을 비교하기 위하여 카이제곱 검정(Chi-squared test) 및 독립 t 검정(independent t-test)을 실시하였고, 각 군의 사전 종속변수의 동질성 검정을 위해 독립 t 검정(independent t-test)을 이용한 결과 유의한 차이를 보이지 않아( $p>.05$ ) 동질성을 확인하였다. 대조군과 실험군의 중재 전후 차이 비교는 대응 t-검정(paired t-test)을 두 군간 차이 비교는 독립 t-검정(independent t-test)을 이용해 분석하였다. 통계학적 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

전체 연구대상자중 전신진동운동그룹에서는 남자가 5명, 여자는 9명이었고, 대조군에서는 남자가 4명, 여자는 10명으로 총 28명이었으며, 대조군에서 연구도중 1명의 참가자가 실험을 거절하였다. 본 연구에 참여한 전신진동운동그룹과 대조군의 일반적 특성 및 초기 평가에 대한 사전 동질성 검정을 실시한 결과, 일반적인 특성의 변수 및 초기 평가에 대한 변수에서 유의한

차이가 없었다( $p>.05$ ). 대상자들의 일반적인 특성은 Table 3과 같다.

2. 균형능력의 전·후 변화

균형능력의 변화를 알아보기 위하여 K-BBS를 측정하였다. 전신진동운동그룹에서 운동 전과 후의 K-BBS를 비교하면 운동 전  $45.79\pm 4.40$ 에서 운동 후  $46.86\pm 4.13$ 으로 증가하였으며 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.01$ ). 대조군에서 운동 전  $46.54\pm 3.59$ 에서 운동 후  $47.20\pm 3.51$ 로 증가는 하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ). 전신진동그룹과 대조군의 그룹간 비교에서 통계적으로 유의한 차이가 없게 나타났다( $p>.05$ ).

TUG 측정에 있어서 전신진동운동그룹의 운동 전  $12.84\pm 1.07$ 에서 운동 후  $12.25\pm 1.20$ 로 감소하였으며 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.01$ ). 대조군에서 운동 전  $12.77\pm 1.21$ 에서 운동 후  $12.76\pm 1.16$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ). 전신진동운동그룹의 FRT는 운동 전  $28.68\pm 1.89$ 에서 운동 후  $29.83\pm 1.93$ 로 증가하였으며 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.01$ ). 대조군에서 운동 전  $28.71\pm 2.26$ 에서 운동 후  $28.84\pm 2.32$ 로 근소하게 증가는 하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ). 대조군에서는 K-BBS TUG, FRT 점수는 운동 후 향상은 있었으나 통계학적으로 유의한 차이가 발견되지 않았으며( $p>.05$ ), 중재 후 그룹간 비교에서 TUG, FRT는 전신진동운동그룹에서 대조군에 비해 훈련 전보다 훈련 후 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<.05$ )(Table 4).

Table 3. General characteristics of all the subjects

Variables	Whole Body Vibration Group (n=14)	Control group (n=14)	$\chi^2/t$	p
Sex (male/female)	5/9	4/10	.686	.500
Age (years)	73.64±3.90	76.14±3.70	-1.742	.093
Height (cm)	153.03±9.08	151.93±9.40	.317	.754
Weight (kg)	56.20±8.86	60.24±9.00	-1.196	.243
MMSE-K (scores)	26.50±1.02	26.29±.83	.611	.546

MMSE-K: Mini-Mental Status Examination-Korean version

Table 4. Changes in balance following intervention

(N=27)

		Whole Body Vibration Group (n=14)	Control group (n=13)	t	p
		Mean±SD	Mean±SD		
K-BBS	Pre	45.79±4.40	46.54±3.59	-1.742	.93
	Post	46.86±4.13	47.20±3.51		
	change	1.07±1.14	.66±.77	1.757	.09
	t	-3.513	-2.190		
	p	.00	.05		
TUG	Pre	12.84±1.07	12.77±1.21	-.191	.85
	Post	12.25±1.20	12.76±1.16		
	change	-.59±.626	-.01±.18	-2.655	.01
	t	3.500	.154		
	p	.00	.88		
FRT	Pre	28.68±1.89	28.71±2.26	.328	.74
	Post	29.83±1.93	28.84±2.32		
	change	1.15±.712	.13±.44	3.388	.00
	t	-6.041	-1.080		
	p	.00	.30		

K-BBS=Korean version of Berg Balance Scale, TUG=Timed Up and Go Test, FRT: Functional Reach Test

### 3. 하지근력의 변화

전신진동운동그룹에서 CST는 운동 전 9.50±1.28에서 운동 후 10.57±1.01로 증가하였으며 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.01$ ). 대조군에서 CST는 운동 전 9.69±1.18에서 운동 후 10.00±1.08으로 향상은 있었으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ). 전신진동운동그룹에서 CST의 변화량 차이는 대조군 보다

향상 정도가 유의하게 큰 것으로 나타났다( $p<.05$ ) (Table 5).

### 4. 낙상효능감의 전·후 변화

전신진동그룹의 운동 전과 후에 K-FES를 비교해보면 운동 전 68.43±6.30에서 운동 후 70.00±4.13으로 증가하였으며 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.01$ ).

Table 5. Changes in CST following intervention

(N=27)

		Whole Body Vibration Group (n=14)	Control group (n=13)	t	p
		Mean±SD	Mean±SD		
CST	Pre	9.50±1.28	9.69±1.18	-.310	.75
	Post	10.57±1.01	10.00±1.08		
	change	1.07±.83	.31±.63	2.382	.02
	t	-4.837	-1.760		
	p	.00	.10		

CST: Chair Stand Test

Table 6. Changes in K-FES following intervention (N=27)

	Whole Body Vibration Group (n=14)	Control group (n=13)	t	p
	Mean±SD	Mean±SD		
K-FES	Pre	68.43±6.30	-0.343	.73
	Post	70.00±5.97		
	change	1.57±1.01	2.691	.01
	t	-5.785	-1.477	
	p	.00	.16	

K-FES: Korean Version Falls Efficacy Scale

대조군에서는 운동 전 69.46±5.96에서 운동 후 69.46±5.96으로 증가는 하였으나 통계학적으로 유의하지는 않았다( $p>.05$ ). 전신진동운동그룹에서 K-FES의 변화량 차이는 대조군 보다 항상 정도가 유의하게 큰 것으로 나타났다( $p<.01$ )(Table 6).

#### IV. 고 찰

본 연구는 노인대상자 27명을 대상으로 전신진동운동이 노인의 동적균형 및 하지의 근력, 낙상효능감에 미치는 효과를 규명하기 위해 진행된 대조 실험 연구이다.

전신진동운동은 최근 몇 년간 스포츠 분야와 물리치료 분야에서 꾸준한 관심을 받고 있는 훈련 방법 중 하나로 긴장성진동반사(Tonic Vibration Reflect, TVR)의 기전을 바탕으로 진동이 척수 반사를 통해 근육을 자극하는 새로운 운동방법이다(Cochrane, 2011). 이러한 전신진동운동은 최근 스포츠분야의 운동선수 훈련(Bosco 등, 1999)에서부터 뇌졸중환자의 재활(In과 Song, 2010) 및 척수손상 환자(Ahn과 Song, 2016)의 재활에 이르기까지 다양한 범위에서 진동의 효과에 대한 유용성이 긍정적으로 평가되고 있다.

전신진동운동 적용 시 효과를 결정짓는 요인으로는 진동수, 진폭, 가속도 등이 있는데, 이중 가장 중요한 요인은 주파수라 할 수 있다. Rittweger (2010)의 연구에서 20 Hz 이하의 진동은 근육의 과도한 이완을 유발하

고, 50 Hz 이상의 진동은 근육통 및 근육 손상을 유발하기 때문에 20~50 Hz 사이의 진동 주파수를 사용할 것을 제안하였다. Di Giminiani 등(2013)의 선행연구에서 30 Hz의 주파수가 근활성도가 가장 높게 나타났으며, 안전한 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 선행 연구를 바탕으로 안전하면서도 근활성도가 가장 높게 나타났던 30 Hz를 사용하였다.

본 연구에서는 전신진동운동의 효과로 낙상의 위험이 감소되었는지를 평가하기 위하여 균형과 보행능력의 척도로 K-BBS, TUG, FRT를, 하지의 근력을 평가하기 위해 CST를 평가하였으며, 낙상 위험도의 변화를 확인하기 위해 낙상효능감(K-FES)을 측정하였다.

노인의 경우 전정계, 시각계, 체성감각계, 고유수용감각의 퇴화로 인해 균형능력이 약화됨으로 노인의 낙상률을 높게 된다(Lach 등, 1991). 본 연구에서는 전신진동운동을 통해 노인의 균형능력의 개선을 확인하고자 하였다. 균형능력을 측정하는 도구로서 K-BBS, TUG, FRT를 측정된 결과, 6주간의 훈련에 대한 K-BBS의 평가에서 운동 전 45.79점에서 운동 후 46.86점으로 유의하게 증가하였으며( $p<.01$ ), 대조군에서 운동 전 46.54점에서 운동 후 47.20으로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ). 그룹간 비교에서는 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ). 이는 80세 이상 노인을 대상으로 8주간의 전신진동운동을 실행한 후 K-BBS가 운동 전 37.93점에서 운동 후 48.5점으로 향상되었다는 Pollock 등(2012)의 연구와 일치하였으며, Legters 등(2006)의 연구와도 마찬가지로 60세 이상의 여성 21명을

대상으로 12주간의 전신진동운동과 squatting exercise를 병행한 결과 운동 전 BBS점수는 48.3점에서 운동 후 53.1점으로 유의하게 증가하였다는 연구결과와 일치하였다.

또 다른 균형능력을 평가하기 위해 이동성과 균형을 평가하기 위하여 널리 사용되고 있는 TUG를 측정하였다. 6주간의 훈련 후 TUG는 운동 전 12.84초에서 운동 후 12.25초로 단축되어 통계적으로 유의한 향상을 나타냄으로써 동적균형을 포함한 이동능력에도 효과가 있었음을 보여주었으며( $p < .01$ ), 대조군에서는 통계적으로 유의한 차이가 발견되지 않았다( $p > .05$ ). 이러한 연구 결과는 Bautmans 등(2005)의 연구와 동일하게 70세 이상의 노인을 대상으로 6주간 전신진동운동을 적용한 결과 TUG의 평가에서 대조군에 비해 13.8초 빠른 것으로 나타났으며, Bruyere 등(2005)의 연구에서 요양원의 42명의 노인을 대상으로 6주간 전신진동운동을 적용한 결과 6주 후 전신진동그룹에서는 TUG는 11초 감소한 반면 대조군에서는 2.6초 증가한 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 이전의 선행 연구와 일치하였으며 전신진동운동을 통해 이동성 및 균형능력을 향상시킬 수 있음을 입증하였다.

FRT는 앞쪽으로의 안정성 한계를 측정하는 균형 능력측정도구이다. 본 연구의 결과 운동 전과 후 FRT의 변화는 28.68 cm에서 29.83 cm으로 향상됨으로써 균형능력의 향상을 보였으며( $p < .01$ ), 대조군에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ ). Cheung 등(2007)의 연구에서는 69명의 지역사회 노인을 대상으로 12주간 주 3회, 1일 3분씩 전신진동운동을 실시한 결과 운동 후 FRT는 21.39 cm에서 23.77 cm으로 증가는 하였으나 통계학적으로 유의하지는 않았다( $p > .05$ ). Cheung 등(2007)의 연구 결과가 본 연구 결과와 다른 이유는 본 연구의 운동방법 중 Calf raise과 Tiptop raise를 통해 족관절의 배측 굴곡근과 저측 굴곡근의 근력 강화로 인해 기능적 팔 뻗기 범위의 변화가 더욱 증가한 것이라 추측된다.

하지의 근력을 측정하기 위해 30-second chair stand를 측정한 결과 운동 전 9.50회에서 운동 후 10.57회로 증가하였다( $p < .01$ ). 대조군에서는 조금의 향상은 있었으나

통계적으로 유의한 결과는 발견되지 않았다( $p > .05$ ). Bautmans 등(2005)의 연구에서는 34명의 요양원 노인을 대상으로 6주간 전신진동운동을 실행한 결과 30-second chair stand평가에서 운동 전 6.3회에서 운동 후 7.0회로 증가는 하였으나 운동 전과 후 유의한 차이가 없었다고 하였다. 본 연구에서는 하지의 근력과 균형훈련에 충분한 비중을 두어 운동을 하였으며, Bautmans 등(2005)의 연구에서는 1회의 운동시간이 최대 8분이었으나 본 연구에서는 준비운동 및 정리운동 포함 25분을 시행하였기 때문에 운동시간의 차이가 결과의 차이를 나타내었을 것으로 생각된다. 따라서 운동시간이 중요한 변수로 작용하였을 것으로 추측할 수 있다. 또한 진동자극을 통한 근력의 증가는 전신진동자극이 근방추를 자극하고 근육의 반사적인 수축을 유도하여 무자극 상태보다 진동자극을 제공하였을 때 전체적인 하지 근 활성화 증가에 영향을 미쳤을 것이라 사료된다.

본 연구에서 K-BBS, TUG, FRT, CST의 모든 항목에서 통계적으로 유의한 효과를 나타냄으로써 진동을 이용한 운동프로그램은 균형능력과 근력 향상에 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다.

마지막으로 노인의 낙상효능감(K-FES)을 평가한 결과 전신진동그룹에서 68.43점에서 70.00점으로 통계적으로 유의한 향상을 나타냈으며( $p < .01$ ), 대조군에서도 운동 전·후 향상은 있었으나 통계적으로 유의하지는 않았다( $p > .05$ ). 본 연구와 유사하게 Bruyere 등(2005)의 연구에서는 63세 이상 노인 42명을 대상으로 6주간 주 3회 전신진동운동을 실시한 결과 낙상위험이 유의하게 감소하였으며, Bogaerts 등(2007)의 연구에서는 94명의 노인을 대상으로 1년간 전신진동운동을 실시한 결과 자세 제어 능력과 낙상빈도가 유의하게 감소되었다고 하였다. Pollock 등(2012)의 연구에서는 낙상을 경험한 80세 노인 77명을 대상으로 전신진동운동군 38명과 진동이 없는 운동군 39명을 8주간 주 3회 실시한 결과 두 그룹 모두에서 낙상효능감에 유의하게 향상되어 본 연구와 일치한 결과를 보였다. 본 연구에서 K-BBS, TUG, FRT, CST의 유의한 향상으로 실제적인 균형능력 및 하지근력 등의 신체적 변화로 인해 심리적인 요인에

도 영향을 미친 결과라고 생각된다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째는 적은 수의 대상자를 포함했기 때문에 모든 노인대상자에게 낙상예방 중재활동을 위해 일반화시키기는 어렵다는 제한점이 있었다. 둘째는 대상자들의 일상생활에서의 환경적인 요인, 생활습관요인 및 영양 상태에 대해 통제하지 못했다는 제한점 있어 결과에 변수로 작용했을 가능성이 있을 것이라 사료된다. 셋째는 중재활동 기간 중 대조군의 실험참여율이 전신진동그룹보다 낮아 대조군에서 유의한 차이를 발견하지 못했을 것이라 판단된다. 넷째는 노인대상자들은 일상생활이 가능한 건강한 노인만을 대상으로 했다는 제한점이 있었다. 연령이 높은 노인대상자들과 기능상태가 보다 중한 노인들에게도 균형능력과 근력 및 낙상효능감에 대한 전신진동운동이 영향을 미치는 지를 규명하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구에서는 전신진동운동이 노인의 균형능력과 근력, 낙상효능감에 어떤 영향을 미치는지를 알아보고자 하였다. 연구결과에서 전신진동운동그룹에서 운동 전과 후의 균형능력 및 근력, 낙상효능감의 모든 항목에서 통계적으로 유의한 향상이 있었다. 대조군에서는 모든 변수에서 근소한 향상은 있었으나 통계적으로 유의한 차이를 발견하지 못했다.

본 연구를 통하여 알 수 있는 것은 전신진동운동이 노인들의 낙상예방활동에 효과적인 것으로 나타났다. 앞으로 노인의 균형능력, 보행능력, 하지근력 향상을 위한 연구에서 유용한 자료가 될 뿐만 아니라 노인의 근력, 균형 및 보행 능력 및 낙상예방을 위한 중재 방법에 활용가치가 크다고 생각한다.

## References

Ahn MC, Song CH. Immediate effects of local vibration on ankle plantarflexion spasticity and clonus of both

the gastrocnemius and soleus in patients with spinal cord injury. *J Korean Soc Phys Med.* 2016;11(2):1-11.

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. *BMC Geriatr.* 2005;5(1):5-17.

Berg KO, Maki BE, Williams JI, et al. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(11):1073-80.

Bogaerts A, Verschueren S, Delecluse C, et al. Effect of whole body vibration training on postural control in older individuals; A 1 year randomized controlled trial. *Gait Posture.* 2007;26(2):309-16.

Bohannon RW. Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles. *Percept Mot Skills.* 1995;80(1):163-6.

Bosco C, Colli R, Introini E, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol.* 1999;19(2):183-7.

Bruyere O, Wuidart MA, Di Palma E, et al. Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(2):303-7.

Cheung WH, Mok HW, Qin L, et al. High-frequency whole-body vibration improves balancing ability in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(7):852-7.

Cochrane DJ. The potential neural mechanisms of acute indirect vibration. *J Sports Sci Med.* 2011;10(1):19-30.

Dehail P, Cressot V, Delleci C, et al. Gait and balance disorders. Falls in the elderly. *Rev Prat.* 2011;61(4):575-80.

Denkinger MD, Igl W, Lukas A, et al. Relationship between fear of falling and outcomes of an inpatient geriatric rehabilitation population-fear of the fear of falling. *J Am Geriatr Soc.* 2010;58(4):664-73.

Di Giminiani R, Masedu F, Tihanyi J, et al. The interaction between body position and vibration frequency on acuteresponse to whole body vibration. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23(1):245-51.

- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. Functional reach: A new clinical measure of balance. *J Gerontol.* 1990;45(6):192-7.
- Ha KJ, Lee SY, Choi SJ. Effects of an 8-week vibration exercise program on quadriceps and hamstring maximum strength and balance in male and female college students. *J Korean Soc Phys Med.* 2015;10(4):101-6.
- Huang HC, Gau ML, Lin WC, et al. Assessing risk of falling in older adult. *Public Health Nurs.* 2003;20(5):399-411.
- In TS, Song CH. The effects of whole body vibration on knee extensor strength, and balance and walking ability with chronic stroke. *J Korean Soc Phys Med.* 2010;5(4):675-83.
- Jung YM. The effects of whole body vibration combined with action observation on gross motor function, balance and gait in children spastic with cerebral palsy. Master's Degree. Sahmyook University. 2017.
- Kim MC, Ahn CS, Kim YS. The effect of exercise program for falls prevention on balance and quality of life in the elderly women. *J Korean Soc Phys Med.* 2010;5(2):245-54.
- Kim YY. The effects of whole body vibration on the improvement of lower extremity function and isokinetic muscular strength on Korean male volleyball players. Doctor's Degree. Yongin University. 2015.
- Lach HW, Reed AT, Arfken CI, et al. Falls in the elderly: reliability of a classification system. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):197-202.
- Lee SW. The effect of whole body vibration exercise on lower-limb strength, fitness variables and fatigue stuff in male adolescents. Doctor's Degree. KyungHee University. 2017.
- Legters K, Verbus NB, Kitchen S, et al. Fear of falling, balance confidence and health-related quality of life in individuals with postpolio syndrome. *Physiother Theory Pract.* 2006;22(3):127-35.
- Miller CA. The connection between drugs and falls in elders. *Geriatr Nurs.* 2002;23(2):109-10.
- Morris S, Morris ME, Ianssek R. Reliability of measurements obtained with the Timed "Up & Go" test in people with Parkinson disease. *Phys Ther.* 2001;81(2):810-8.
- Pollock RD, Martin FC, Newham DJ. Whole-body vibration in addition to strength and balance exercise for falls-related functional mobility of frail older adults: a single-blind randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2012;26(10):915-23.
- Rittweger J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(5):877-904.
- Rittweger J, Just K, Kautzsch K, et al. Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise. *Spine(Phila Pa 1976).* 2002;27(17):1829-34.
- Runge M, Rehfeld G, Resnick E. Balance training and exercise in geriatric patients. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2000;1(1):61-5.
- Ryu BS. A study on effects of walking exercise applying vibration movement on a body structure in the middle-aged obese female. Master's Degree. Yongin University. 2007.
- Scheffer AC, Schuurmans MJ, van Dijk N, et al. Fear of falling: measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older person. *Age Ageing.* 2008;37(1):19-24.
- Sitjà-Rabert M, Rigau D, Fort Vanmeergaeghe A, et al. Efficacy of whole body vibration exercise in older people. *Disabil Rehabil.* 2012;34(11):883-93.
- Spiriduso WW, Francis K, Eakin T, et al. Quantification of manual force control and tremor. *J Mot Behav.* 2005;37(3):197-210.
- Sturmieks DL, St George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin.* 2008;38(6):467-78.
- Tinetti ME, Richman D, Powell L. Fall efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol.* 1990;45(6):239-43.

Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, et al. Effect of four month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(9):1523-8.

Verschuere SM, Roelants M, Delecluse C, et al. Effect of 6-Month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmeno-

pausal women: a randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res.* 2004;19(3):352-9.

Warnes A, Fooks AR, Dowsett AB, et al. Expression of the measles virus nucleoprotein gene in *Escherichia coli* and assembly of nucleocapsid-like structures. *Gene.* 1995;160(2):173-8.