

Original Article

Open Access

진동운동이 노인의 균형 조절 능력과 보행 능력 및 우울에 미치는 효과

박재철 · 이동규[†]

전남과학대학교 물리치료과

Effects of Vibration Exercise on the Balance Control Ability, Gait Ability, and Depression in the Elderly

Jae-Cheol Park, PT, PhD. · Dong-Kyu Lee, PT, PhD.[†]

Department of Physical Therapy, Chumnam Techno University

Received: January 13, 2022 / Revised: February 6, 2022 / Accepted: February 7, 2022

© 2022 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Purpose: The aim of this study was to examine the effects of vibration exercise on balance control ability, gait ability, and depression in the elderly.

Methods: A total of 24 elderly subjects were recruited and randomized into an experimental (n = 12) or a control (n = 12) group. The experimental group performed both a vibration and a stabilization exercise, and the control group performed a stabilization exercise alone. Balance ability was measured using the functional reach test (FRT), gait ability was measured using the timed up and go test (TUGT), and depression was measured using the Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D).

Results: The experimental and control groups showed significant differences for all pre- and post-experiment FRT, TUGT, and CES-D measurements (p < 0.05). In a comparison between the two groups, the experimental group in which vibration exercise was applied showed more significant difference in FRT, TUGT, and CES-D than the control group (p < 0.05).

Conclusion: This study showed vibration exercise to be effective in balance control ability, gait ability, and depression in the elderly.

Key Words: Balance, Gait, Depression, Vibration exercise

[†]Corresponding Author : Dong-Kyu Lee (ehck@cntu.ac.kr)

I. 서론

최근 들어 현대 의학의 발달은 인간의 기대수명을 증가시키고 노인 인구의 증가로 이어져 노인의 건강 관련 정책 등이 요구되고 있는 실정이다(Kim et al., 2021). 노인의 건강상 문제는 근육량의 감소로 인하여 기능적 움직임과 같은 생리적인 능력의 부재가 가장 크며(Park & Song, 2020) 보행과 균형 장애와 같은 신체의 기능 이상으로 이어진다(Emilio et al., 2014). 보행 능력 감소는(Voukelatos et al., 2011) 낙상 위험성을 증가시키며 골절과 같은 손상을 유발하여 노인의 삶의 질을 감소시킨다(Chen et al., 2014). 이러한 신체적 변화는 우울증과 같은 심리적 변화에도 영향을 미치고 있어(Rubenstein & Josephson, 2006) 깊은 관심이 필요하다. 노인들의 낙상 이유로는 근.뼈대계와 신경계 기능 감소와 관련되어 있으며(Clark et al., 2010) 노인들의 근력 강화와 같은 건강상 문제에 대한 적극적인 중재와 인식이 필요하다(Morley 2008).

임상에서 노인의 근력을 증진하고 신체기능 향상을 위한 중재를 살펴보면 혈류제한과 함께 적용한 복합운동(Kim et al., 2021), 가상현실을 이용한 보행 운동(Lee 2020), 뉴로피드백 훈련(Shahrbani et al., 2021), 고유수용성신경근촉진법 패튼을 이용한 몸통 안정화 운동(Lee & Cho, 2021) 등이 사용되고 있다. 이중 몸통 안정화 운동은 몸통의 안정성을 증가시켜 노인의 기능적 활동에 영향을 주는 방법으로 알려져 있다. 이와 함께 진동을 이용한 방법이 보고되고 있는데 진동운동은(vibration exercise) 노인들의 신경근 반응을 촉진하여 노인에게 저비용으로 중재할 수 있는 효과적인 방법이다(Monteiro-Oliveira et al., 2021). 진동운동은 기계적으로 발생하는 진동 자극 3.5~15g에 해당하는 과중력 상태를 만들어 신경근에 더 큰 중력을 적용하게 하여 플라이오메트릭 운동과 비슷한 환경을 조성하고(Kim & Kim, 2020) 근육방추(muscle spindle)와 골지힘줄기관(golgi tendon organ)에 있는 II형 섬유를 자극하여 반사적 근수축을 유도하여 긴장성 진동 반사를 유도하게 된다(Krause et al., 2016). 또한 다수의

운동단위가 동시에 활성화되어 근육과 신경계의 반응을 끌어내 근육을 강화하는 효과가 있으며(Kim & Rhim, 2007) 근력이 약해 운동이 쉽지 않은 노인에게 진동 운동 적용은 근력을 향상하여 보행과 균형 능력을 개선할 수 있는 운동 방법의 대안이 될 수 있다.

진동운동의 효과는 근력을 개선하고(Chung et al., 2017) 이동성과 균형 능력을 증가시키며 골다공증 개선과 통증 감소에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Remaud et al., 2009; Gomes-Neto et al., 2019). 근래에 진동운동과 관련된 연구를 살펴보면 Coulondre 등(2022)은 진동운동 적용은 전방십자인대 재건술을 실시한 대상자들의 넵다리네갈래근의 근력이 향상되었다고 보고되고 있다. Ayvat 등(2021)은 운동실조증 환자에게 진동운동 적용이 자세조절의 요소를 개선한다고 보고하였고 Wunram 등(2018)는 우울증이 있는 청소년을 대상에게 전신 진동 훈련은 우울증을 효과적으로 개선한다고 하여 진동운동의 긍정적인 부분을 확인할 수 있었다.

하지만 지금까지의 선행연구들은 건강한 성인 또는 근.뼈대계와 내과적 질환 및 운동실조 환자에게 적용한 연구가 대부분 차지하고 있으며 본 연구처럼 노인을 대상으로 진동운동 적용이 노인들의 균형과 보행 및 우울에 대한 효과성이 확인된 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 진동운동이 노인들의 균형 조절 능력과 보행 능력 및 우울에 미치는 효과에 대해 알아보고 노인의 삶의 질 향상을 위한 효과적인 중재 방법을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 G 시에 거주하고 있는 65세 이상 75세 미만 노인을 대상으로 실시하였다. 연구 대상자 수는 선행연구(Moon et al., 2014)를 근거로 G*Power(Faul et al., 2007) 프로그램을 이용하여 Cohen의 표본 추출

공식에 의해 유의수준, 효과크기($d=0.8$), 검정력($1-\beta=0.90$)으로 설정하여 각 그룹당 11명씩 산출되어 탈락률을 고려하여 24명의 표본 수를 산출하였다. 대상자 24명은 O, X가 적힌 종이를 뽑도록 하여 실험군과 대조군으로 각각 12명씩 무작위 배정하였다. 두 군의 대상자는 사전 평가를 한 후 6주간 운동 프로그램 중재 후 재평가를 실시하였다.

대상자에게 본 연구의 목적과 실험 절차 및 안정성에 대해 충분히 설명하고 자발적으로 연구 참여에 참여하도록 하였으며 헬싱키 선언의 윤리적인 원칙에 따라 동의를 받은 후 연구를 하였다. 대상자 선정 기준은 1) 의사소통에 문제가 없는 65세 이상 75세 미만 건강한 노인, 2) 보조도구 없이 보행이 가능한 노인, 3) 한국형 간이 정신 상태 검사 24점 이상인 노인으로 선정하였고 제외기준은 1) 어지러움증이 있는 노인, 2) 운동을 따라 할 수 없을 정도의 근감소증이 있는 노인으로 하였다.

2. 연구 방법

실험군의 운동프로그램은 준비운동으로 몸통 돌리기, 몸통 뒤로 기울리기, 몸통 앞으로 숙이기 등의 스트레칭을 5분간 실시하였다. 그리고 교각운동과 양쪽 다리 올리기 운동을 하였고 교각운동 자세로는 반드시 누운 자세에서 무릎관절과 엉덩관절 45°굽힘을 하여 엉덩관절을 펴고 교각운동을 하였고, 양쪽 다리 올리기 운동은 바로 누운 자세에서 양발을 모으고 엉덩관절 30°굽힘을 하여 운동을 하였다. 각 운동은 10초 적용한 후 20초 휴식을 취하였으며 총 15분간 실시한 후 추가적으로 진동장비(SW-VH16, SPNIX, KOREA)를 이용하여 진동 운동을 실시하였다. 운동 방법은 Park와 Kim (2021)의 운동 방법을 본 연구에 맞게 수정하여 적용하였다. 운동 자세는 진동운동 장비 위에서 양 발을 어깨너비 만큼 벌리고 서 있는 자세를 유지한 후 손잡이를 잡고 무릎관절과 엉덩관절을 45°굽힘을 하여 준비 자세를 취하였고 30Hz 주파수와 20mm의 강도를 이용하여 총 15분간 진동운동을 하였

다. 진동운동은 4분 적용 후 1분 휴식이 주어졌으며 총 3회, 15분간 적용하였고 마무리 운동으로 스트레칭을 5분간 실시하였다. 운동 기간으로는 주 3회 하루 40분씩 총 6주 중재하였다.

대조군은 실험군의 운동프로그램에서 추가적으로 실시한 진동운동 15분을 제외한 운동프로그램과 동일하게 적용하였고 주 3회 하루 25분씩 총 6주 중재하였다.

3. 측정 방법

1) 균형

균형 능력의 변화를 확인하기 위해 기능적 뻗기 검사(functional reach test, FRT)를 적용하였다. 한 명의 보조자가 옆에서 대기한 후 대상자는 몸통의 균형을 유지하면서 편안하게 서 있는 자세에서 팔을 수평으로 뻗어 최대한 닿을 수 있는 거리를 측정하였다. 기능적 뻗기 검사의 재검사 신뢰도는 $ICC=.92$ 이고, 측정자간 신뢰도는 $ICC=.98$ 이다(Duncan et al. 1990).

2) 보행

보행 능력의 변화를 확인하기 위해 앉은 자세에서 일어서서 걷기 검사(timed up & go test, TUGT)를 적용하였다. 대상자는 팔걸이가 없는 의자에서 등받이에 엉덩이가 닿도록 바른 자세로 앉은 상태에서 물리치료사가 “가세요”라는 지시를 하면 앉은 자세에서 일어서서 3m 거리를 걸어간 뒤 다시 되돌아와 의자에 앉는 동안 소요된 시간을 시계를 이용하여 측정하였다. 일어서서 걷기 검사의 측정자간 신뢰도는 $r=.99$ 이고 측정자 내 신뢰도는 $r=.98$ 이다(Podsiadlo & Richardson, 1991).

3) 우울

우울을 측정하기 위하여 우울증 간이 선별 검사(center for epidemiologic studies depression scale,

CES-D)를 적용하였다(CHO et al., 1999). 우울 정서(7 문항), 대인관계(6문항), 긍정적 정서(4문항), 신체적 측면(3문항) 등 총 20문항으로 구성되어 있으며 환자 직접 작성한 CES-D는 4점 척도로 ‘극히 드물다’ 0점, ‘가끔 있었다 1점, ‘종종 있었다’ 2점, ‘대부분 그렇다’ 3점으로 구성되었으며 총점은 0점에서 60점까지로 점수가 높을수록 우울이 높음을 의미한다.

4. 자료 분석

통계 분석을 위해 SPSS 19.0(SPSS, IBM, USA) 프로그램을 이용하였다. 대상자의 일반적인 특성은 기술 통계 방법을 이용하였다. 샤피로-윌크(Shapiro-Wilk test) 검정 방법을 이용하여 정규성 검정을 하였으며 모든 변수가 정규 분포하였다. 집단 내 실험 전과 6주 후의 차이 비교하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였다. 집단 간 실험 전과 6주 후 변화량 차이를 비교하기 위하여 독립표본 t-검정(independent t-test)을 사용하였다. 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구 대상자는 총 24명으로 실험군은 총 12명으로 남자 6명, 여자 6명으로 구성되었고, 평균 연령은 69.75 ± 2.92 세, 평균 신장은 165.16 ± 6.96 cm, 평균 체중은 57.14 ± 9.70 kg이었다. 대조군은 총 12명으로 남자

6명, 여자 6명으로 구성되었다. 평균 연령은 68.83 ± 2.65 세, 평균 신장은 163.33 ± 9.25 cm, 평균 체중은 59.63 ± 4.79 kg이었다. 연구 대상자의 일반적인 특성에 대한 각 집단 간 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Table 1).

2. 균형 비교

균형 변화는 실험 전과 후에 실험군은 12.08 ± 0.99 에서 15.08 ± 0.90 으로, 대조군은 11.91 ± 1.08 에서 13.91 ± 0.90 으로 유의한 향상을 보였다($p<0.05$). 집단 간 비교에서 균형 변화는 대조군 보다 실험군에서 유의한 향상을 보였다($p<0.05$).

3. 보행 비교

보행 변화는 실험 전과 후에 실험군은 19.66 ± 2.01 에서 15.25 ± 0.75 으로, 대조군은 20.33 ± 1.55 에서 17.58 ± 0.99 으로 유의한 감소를 보였다($p<0.05$). 집단 간 비교에서 보행 변화는 대조군 보다 실험군에서 유의한 감소를 보였다($p<0.05$).

4. 우울 비교

우울 변화는 실험 전과 후에 실험군은 20.08 ± 1.62 에서 16.08 ± 0.66 으로, 대조군은 19.75 ± 1.60 에서 17.33 ± 1.30 으로 유의한 감소를 보였다($p<0.05$). 집단 간 비교에서 우울 변화는 대조군 보다 실험군에서 유의한 감소를 보였다($p<0.05$).

Table 1. General characteristics of subjects (n=24)

	EG (n=12)	CG (n=12)	p
Gender (M/F)	6/6	6/6	
Age (years)	69.75 ± 2.92	68.83 ± 2.65	0.43
Height (cm)	165.16 ± 6.96	163.33 ± 9.25	0.58
Weight (kg)	57.14 ± 9.70	59.63 ± 4.79	0.43

Values are presented as mean±standard deviation, EG: experimental group, CG: control group

IV. 고찰

본 연구는 교각운동과 양쪽 다리 들어올리기 운동 후 추가적으로 실시한 진동운동이 노인의 균형과 보행 능력 및 우울에 미치는 효과를 확인하고자 하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 균형과 보행 능력 및 우울은 집단 내 변화에서 실험군과 대조군에서 6주 후에

유의한 차이가 있었고, 6주 후에 집단 간 차이에서도 유의한 차이가 있음을 확인하였다.

균형 능력은 고유수용성감각의 기능과 함께 근육의 활동량과 전정기관의 능력으로 이뤄진다. 이중 근육량은 균형과 높은 상관관계가 있는 것은 알려져 있다(Woo 2019). 근육량이 적은 노인에게서 발생하는 신체적 능력 부재로는 보행과 균형 능력 감소로 알려져 있으며 균형 능력의 감소는 낙상과 밀접한 관련성이 있다(Park & Lee, 2005). 다리 근력과 균형과 관계에 관한 연구를 보면 노인들에게 한쪽 다리 서기 동작에서 발뒤꿈치 들어 올리기 운동을 16주간 적용 후에 균형 능력 개선을 확인하여(Gu et al., 2006) 다리 근력이 균형과 관련이 있는 것을 알 수 있어 낙상을 예방하기 위해서는 다리 근육 강화가 필요하다.

노인들에게 안전하면서 훈련 효과가 큰 운동 방법은 낮은 강도를 이용하여 운동을 하는 진동운동이 있으며 움직임에 제약이 있는 환자에게 적용 가능한 운동 방법이다(Mikhael et al., 2010). 근육 강화를 위해

이용되는 진동운동은 기계적 진동에 의해 발생하는 여러 주파수와 낮은 진폭은 신경근 강화에 긍정적인 영향을 미치며(Wilcock et al., 2009) 자발적인 근수축이 발생하지 않은 상태에서도 진동자극에 의해 긴장성 진동반사가 발생하여 근육을 강화하는 운동으로 알려져 있다(Krause et al., 2016). 또한 진동운동은 체성감각에 영향을 주며 발바닥 기계적 수용기나 관절 수용기를 통해 운동감각을 제공하고(Kandel et al., 2000) 감각 자극 유입은 대뇌피질을 활성화하여(Bae, 2005) 균형 능력을 개선하며(Priplata et al., 2006) 전정 장애(vestibular dysfunction)가 있는 노인의 자세 조절에 긍정적으로 작용하여(Kristinsdottir et al. 2001) 이러한 결과를 보인 것으로 생각된다.

진동운동 적용 후 근육과 관련된 연구를 살펴보면 Rittweger (2022)은 진동운동 중재가 근육량과 신경근의 기능을 증가시켜 노인의 삶의 질을 향상시키는데 긍정적인 도움을 준다고 보고하였다. Sitjà-Rabert 등 (2012)의 문헌 고찰에서 전신 진동운동이 무릎 근육의

Table 2. A comparison of between pre-post

		EG	CG	t	p ³⁾
FRT (inch)	Pre	12.08±0.99	11.91±1.08		
	Post	15.08±0.90	13.91±0.90		
	Difference ¹⁾	3.00±1.12	2.00±1.20	2.10	0.05*
	t	-9.21	-5.75		
	p ²⁾	0.000*	0.000*		
TUGT (sec)	Pre	19.66±2.01	20.33±1.55		
	Post	15.25±0.75	17.58±0.99		
	Difference ¹⁾	-4.41±2.35	-2.75±1.28	-2.15	0.04*
	t	6.50	7.40		
	p ²⁾	0.000*	0.000*		
CES-D (score)	Pre	20.08±1.62	19.75±1.60		
	Post	16.08±0.66	17.33±1.30		
	Difference ¹⁾	-4.00±1.53	-2.41±1.97	-2.19	0.04*
	t	9.01	4.24		
	p ²⁾	0.000*	0.001*		

Values are presented as mean±standard deviation, EG: experimental group, CG: control group, FRT: functional reach test, TUGT: timed up & go test, CES-D: center for epidemiologic studies depression scale, ¹⁾Difference: post-pre, ²⁾paired t-test, ³⁾independent t-test, *p<0.05

등척성 강도와 근력 및 균형 조절 능력을 향상한다고 하였으며 진동 적용이 뇌졸중 환자의 균형 능력에 미치는 영향의 메타분석 결과 효과 크기가 $g=0.44$ 로 나타나 균형에 영향을 준다고 하여(Cho et al., 2021) 본 연구 결과와 유사한 결과를 보였다. 이처럼 본 연구의 균형 능력 변화는 진동으로 인해 근력이 약한 노인들의 다리 근육을 강화하고 체성감각 활성화 결과로 본 연구에서 노인들의 균형 능력을 증가시켜 이러한 결과가 발생한 것으로 보인다.

본 연구에서 균형과 함께 확인한 보행 변화도 긍정적인 변화를 보였다. 노인들의 독립적인 기능 활동을 증가하기 위해서는 보행 기능 회복이 가장 중요하며 외부로부터 받은 감각 자극 증가는 보행 능력을 향상시킨다(Kim et al., 2010). 외부로 안전한 감각 자극을 적용하기에 진동운동이 적합하며 다양한 주파수와 강도 조절을 통해 흔들리는 바닥에서부터 전신으로 전달되는 진동 자극을 줄 수 있는 방법이다. 이러한 진동 자극을 뇌졸중 환자에게 일회성 적용만으로도 보행의 속도를 개선한다고 하였다(Chan et al., 2012). Kawanabe 등(2007)은 진동운동과 함께 다양한 운동 방법 적용은 근력을 강화하고 보행능력을 향상시킨다고 보고하였으며, Kang 등(2021)은 만성폐쇄성 폐 질환 환자에게 진동운동 적용은 6분 보행거리 변화에서 긍정적으로 작용한다고 하여 본 연구와 같은 대상자는 아니지만 유사한 결과를 확인할 수 있었다.

보행을 위해서는 체성감각 유입과 함께 적절한 다리 근육의 활성화가 필요하다. 진동운동 적용 시 특정 근육을 강화시킬 수 있는 방법으로 무릎 굽힘 각도가 중요하며 무릎의 굽힘 각도가 증가하면 무릎 펴 근육이 더욱 활성화되고(Ritzmann et al., 2013) 앞정강근의 두께를 증가시킨다(Lee & Chon, 2013). 앞정강근은 발목 처짐과 관련되며 발목 처짐이 있는 뇌졸중 환자에게 키네시오테이핑 적용 후 10m 보행 검사에서 유의한 차이를 보인 연구와(Sheng et al., 2019) 후방보행 훈련을 통하여 넙다리내갈래근과 앞정강근의 강화로(Masumoto et al., 2007) 균형 능력을 증가시켜 보행능력을 증가시킨다고(Grasso et al., 1998) 하여 본 연구에

서 45° 무릎 굽힘을 한 자세에서 진동운동을 적용하여 보행 능력의 개선이 발생한 것으로 생각된다.

노인의 우울에 영향을 미치는 요소는 다양하다. 보행과 균형 같은 기능적 능력의 감소는 일상생활활동에 밀접하게 영향을 미쳐 우울 정도가 증가하게 된다. 치매 노인을 대상으로 규칙적인 운동은 우울증을 감소시키는 효과를 가져오고(Teri et al., 2003) 보행과 균형 능력의 향상은 우울 감소에 효과가 있다(Lee et al., 2011). 우울과 관련된 선행연구를 보면 Wunram 등(2018)는 13~18세 우울증 환자를 대상으로 6주간 진동운동 적용이 우울증을 감소시킨다고 보고하였고, 쥐를 이용한 실험에서는 진동운동이 우울증을 개선한다고 보고하여(Peng et al., 2021) 노인과 인간을 대상으로 한 연구는 아니지만 본 연구 결과와 유사한 결과를 확인하여 진동운동 적용이 균형과 보행 능력을 개선시켰고 그 결과 우울이 감소되었다고 해석할 수 있다.

본 연구는 특정 지역에 거주하는 노인을 대상으로 다양한 주파수를 이용하지 않고 특정 주파수와 강도를 이용하여 증재하였고 균형과 보행과 관련된 근육의 두께나 활성화는 확인하지 못하였다. 하지만 본 연구를 통해 확인한 균형과 보행 및 우울 변화는 긍정적으로 생각된다. 향후 본 연구에서 확인하지 못한 다리 근육의 변화에 대한 확인과 다양한 자극을 통해 질적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 진동운동이 노인의 균형 조절 능력과 보행 능력 및 우울에 미치는 효과를 알아보고자 하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

진동운동을 적용한 실험군에서 균형과 보행 및 우울에 효과가 있음을 확인하였다. 이상의 결과를 종합해 보면 임상에서 진동운동 적용은 균형과 보행 및 우울에 긍정적인 도움을 줄 수 있는 증재로 유용하다고 할 수 있다. 추후에 노인을 대상으로 한 진동운동이 학술적 기초자료로 활용 가능성을 제시할 수 있다.

References

- Ayvat E, Kılınç M, Ayvat F, et al. The Effect of whole body vibration on postural control of ataxic patients: a randomized controlled cross-over study. *The Cerebellum*. 2021;20(4):533-541.
- Bae S. Gait training strategy by CPG in PNF with brain injured patients. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2005;17(1):108-122.
- Chan KS, Liu CW, Chen TW, et al. Effects of a single session of whole body vibration on ankle plantarflexion spasticity and gait performance in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2012;26(12):1087-1095.
- Chen LK, Liu LK, Woo J, et al. Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian working group for sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2014;15(2):95-101.
- CHO MJ, BAE JN, SUH GH, et al. Validation of geriatric depression scale, Korean version (GDS) in the assessment of DSM-III-R major depression. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association*. 1999;38(1):48-63.
- Cho WS, Park SJ, Hyun JW. The Effects of Whole body vibration exercise on balance and gait ability in stroke patients: a meta-analysis. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2021; 22(5):171-179.
- Chung P, Liu C, Wang H, et al. Various performance-enhancing effects from the same intensity of whole-body vibration training. *Journal of Sport and Health Science*. 2017;6(3):333-339.
- Clark DJ, Patten C, Reid KF, et al. Impaired voluntary neuromuscular activation limits muscle power in mobility-limited older adults. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*. 2010;65(5):495-502.
- Coulondre C, Souron R, Rambaud A, et al. Local vibration training improves the recovery of quadriceps strength in early rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: A feasibility randomised controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2022;65(4):101441.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J et al. Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*. 1990;45(6):M192-M197.
- Emilio EJM-L, Hita-Contreras F, Jiménez-Lara PM, et al. The association of flexibility, balance, and lumbar strength with balance ability: risk of falls in older adults. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2014;13(2): 349-357.
- Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, et al. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*. 2007;39(2):175-191.
- Gomes-Neto M, de Sá-Caputo DdC, Paineiras-Domingos LL, et al. Effects of whole-body vibration in older adult patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Canadian Journal of Diabetes*. 2019;43(7):524-529.
- Grasso R, Bianchi L, Lacquaniti F. Motor patterns for human gait: backward versus forward locomotion. *Journal of Neurophysiology*. 1998;80(4):1868-1885.
- Gu MO, Jeon MY, Eun Y. The development & effect of an tailored falls prevention exercise for older adults. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2006;36(2): 341-352.
- Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, et al. Principles of neural science. New York. McGraw-hill. 2000.
- Kang JI, Jeong DK, Park JS. Effects of whole body vibration exercise on the pulmonary function, gait ability and quality of life of patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2021;16(3):99-106.

- Kawanabe K, Kawashima A, Sashimoto I, et al. Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly. *The Keio Journal of Medicine*. 2007;56(1):28-33.
- Kim E, Lee H, Lee SH. The effects of community-based fall prevention exercise program on lower extremity muscle strength, balance ability and fall efficacy in older adults. *Journal of Muscle and Joint Health*. 2021;28(2):102-110.
- Kim EJ, Lee WJ, Hwang BG. The effects of lower extremity muscular activity on gait training way in stroke patients. *The Korean Journal of Growth and Development*. 2010;18(2):125-130.
- Kim KT, Kim JH. The effects of whole-body vibration training on the flexibility and agility of professional soccer players. *PNF and Movement*. 2020;18(1):87-95.
- Kim S, Rhim Y. Effect of whole body vibration on enhancing neuromuscular performance: a quantitative review. *Korea Coaching Development*. 2007;9(3):115-126.
- Krause A, Gollhofer A, Freyler K, et al. Acute corticospinal and spinal modulation after whole body vibration. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*. 2016;16(4):327-338.
- Kristindottir PA, Fransson M, Magnusson EK. Changes in postural control in healthy elderly subjects are related to vibration sensation, vision and vestibular asymmetry. *Acta Oto-Laryngologica*. 2001;121(6):799-706.
- Lee BK, Chon SC. Effect of whole body vibration training on mobility in children with cerebral palsy: a randomized controlled experimenter-blinded study. *Clinical Rehabilitation*. 2013;27(7):599-607.
- Lee B, Park J, Kim N. The effect of physical activity program on cognitive function, physical performance, gait, quality of life and depression in the elderly with dementia. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*. 2011;50(2):307-328.
- Lee K. Virtual reality gait training to promote balance and gait among older people: a randomized clinical trial. *Geriatrics*. 2020;6(1):1.
- Lee YH, Cho YH. The effects of trunk stability exercise using stabilizing reversal and rhythmic stabilization techniques of PNF on trunk strength and respiratory ability in the elderly after stroke. *PNF and Movement*. 2021;19(1):105-113.
- Masumoto K, Takasugi SI, Hotta N, et al. A comparison of muscle activity and heart rate response during backward and forward walking on an underwater treadmill. *Gait & Posture*. 2007;25(2):222-228.
- Mikhael M, Orr R, Singh MAF. 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):150-157.
- Monteiro-Oliveira BB, Coelho-Oliveira AC, Paineiras-Domingos LL, et al. Use of surface electromyography to evaluate effects of whole-body vibration exercises on neuromuscular activation and muscle strength in the elderly: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*. 2021;26:1-10.
- Moon HI, Choi YR, Lee SK. Effects of virtual reality cognitive rehabilitation program on cognitive function, physical function and depression in the elders with dementia. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*. 2014;5(2):730-737.
- Morley J. Sarcopenia: diagnosis and treatment. *The Journal of Nutrition Health and Aging*. 2008;12(7):452-456.
- Park EY, Lee JH. The effect of complex exercise program for prevention of falls on fitness in elderly. *Exercise Science*. 2005;14(2):181-192.
- Park JC, Kim YN. The effect of 30Hz whole body vibration exercise on the thickness and mechanical properties of the erector spinae. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2021;22

- (1):45-51.
- Park JY, Song YJ. Effects of 15-week complex exercise program of sarcopenia elderly women on body composition, IGF-1 and hip muscle strength. *The Korean Journal of Sport*. 2020;18(2):621-633.
- Peng G, Yang L, Wu CY, et al. Whole body vibration training improves depression-like behaviors in a rat chronic restraint stress model. *Neurochemistry International*. 2021;142(104926):1-13.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of The Americal Geriatrics Society*. 1991;39(2):142-148.
- Priplata AA, Patritti BL, Niemi JB, et al. Noise-enhanced balance control in patients with diabetes and patients with stroke. *Annals of Neurology*. 2006;59(1):4-12.
- Remaud A, Cornu C, Guével A. Agonist muscle activity and antagonist muscle co-activity levels during standardized isotonic and isokinetic knee extensions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2009;19(3):449-458.
- Rittweger J. Whole body vibration as an exercise modality to prevent sarcopenia and osteoporosis. *Osteoporotic Fracture and Systemic Skeletal Disorders*. Springer. 2022;459-472.
- Ritzmann R, Gollhofer A, Kramer A. The influence of vibration type, frequency, body position and additional load on the neuromuscular activity during whole body vibration. *European Journal of Applied Physiology*. 2013;113(1):1-11.
- Rubenstein LZ, Josephson KR. Falls and their prevention in elderly people: What does the evidence show? *The Medical Clinics of North America*. 2006;90(5):807-824.
- Shahrbanian S, Hashemi A, Hemayattalab R. The comparison of the effects of physical activity and neurofeedback training on postural stability and risk of fall in elderly women: A single-blind randomized controlled trial. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2021;37(2):271-278.
- Sheng Y, Kan S, Wen Z, et al. Effect of kinesio taping on the walking ability of patients with foot drop after stroke. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2019;15:1-7.
- Sitja-Rabert M, Rigau D, Fort Vanneerghaeghe A, et al. Efficacy of whole body vibration exercise in older people: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*. 2012;34(11):883-893.
- Teri L, Gibbons LE, McCurry SM, et al. Exercise plus behavioral management in patients with Alzheimer disease: a randomized controlled trial. *JAMA Network*. 2003;290(15):2015-2022.
- Voukelatos A, Merom D, Rissel C, et al. The effect of walking on falls in older people: the 'Easy Steps to Health' randomized controlled trial study protocol. *BMC Public Health*. 2011;11(1):1-9.
- Wilcock IM, Whatman C, Harris N, et al. Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes? *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(2):593-603.
- Woo SK. Association of bone mineral density and sarcopenia component with balance confidence in elderly. *The Korean Journal of Sport*. 2019;17(1):377-385.
- Wunram HL, Hamacher S, Hellmich M, et al. Whole body vibration added to treatment as usual is effective in adolescents with depression: a partly randomized, three-armed clinical trial in inpatients. *European Child & Adolescent Psychiatry*. 2018;27(5):645-662.