

전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램이 무릎뼈 관절염 환자의 무릎관절 통증과 기능장애 수준, 심리사회적 수준 그리고 균형능력에 미치는 효과

윤상우 · 김선엽^{1†}

대전대학교 일반대학원 물리치료학과, ¹대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과

Effects of Progressive Balance Training Exercise Programs with Whole Body Vibration on Pain, Function, Psychosocial Status, and Balance in Patients with Knee Osteoarthritis

Sang-woo Yoon, PT · Suhn-yeop Kim, PT, PhD^{1†}

Department of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University

¹Department of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Received: November 10 2023 / Revised: November 29 2023 / Accepted: January 15 2024

© 2024 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study aimed to investigate the effect of a progressive balance training program with whole-body vibration stimulation on knee joint pain, dysfunction, psychosocial status, and balance ability in individuals aged ≥ 65 years with knee osteoarthritis.

METHODS: A total of 40 individuals aged ≥ 65 years with osteoarthritis of the knees participated in the study. Using a randomization program, participants were assigned to an experimental group (n = 20) or a control group (n = 20). Both groups were assigned a knee strength training program, and

a progressive balance training program with whole-body vibration stimulation was assigned to the experimental group. All interventions were conducted three times a week for four weeks. Participants were evaluated for the following: pain (numeric rating scale, NRS), knee dysfunction (Korean version of the Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index, K-WOMAC), fall efficacy (Korean Version Falls Efficacy Scale, K-FES), quality of life (Euro Quality of life 5 Dimension, EQ-5D), and advanced balance scale score (Fullerton advanced balance scale, FAB) before and after the intervention, and the effects of the intervention were compared accordingly between groups.

RESULTS: Both groups showed significant differences in the results of the NRS, K-WOMAC, K-FES, and EQ-5D assessments before and after the intervention, and there was a significant difference in the amount of change between the two groups ($p < .05$). There was a significant improvement in FAB in all but items FAB 8 and FAB 9 after the intervention

†Corresponding Author : Suhn-yeop Kim
kimsy@dju.kr, <http://orcid.org/0000-0002-0558-7125>

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.

in the experimental group. In the control group, there was a significant improvement in FAB 1, FAB 2, FAB 7, and FAB total after the intervention ($p < .05$). In addition, there was a significant difference in the amount of change between the two groups in all items except FAB 8 and FAB 9 ($p < .05$).

CONCLUSION: The progressive balance training program with whole body vibration stimulation is an effective intervention method with clinical significance in improving knee joint pain, knee disability index, psychosocial level, and balance ability in adults aged ≥ 65 with osteoarthritis of the knees.

Key Words: Balance training, Muscle strength training program, Older adults, Osteoarthritis of the knees, Whole body vibration stimulation

I. 서론

뼈 관절염은 65세 이상 노인인구에서 발생하는 만성 질환 중 하나이고, 근골격계 질환 중에서 상대적으로 유병율이 높은 질환에 속하며 추후에는 인구 고령화로 인하여 발생률이 더욱 증가할 전망이다[1]. 뼈 관절염은 노화와 근력약화, 관절의 과다사용 등 위험요인들이 복합적으로 작용하여 발생하게 된다. 또한 연골의 퇴행으로 염증이 진행되면서, 통증, 뻣뻣함, 활동제한 등이 나타난다[2]. 신체 모든 관절에서 뼈 관절염이 발생할 수 있으며, 이 중 체중부하 영향에 가장 민감한 무릎관절에서 가장 많은 발생율을 보인다[3].

무릎관절은 연골의 손상과 퇴행성으로 인한 마모로 통증과 더불어 균형감각 저하, 보행 장애 등이 발생하게 된다[4]. 만성 무릎뼈 관절염의 경우 연골의 손상이 심해져 극심한 통증을 유발하고, 관절에 대한 구조가 변형되어 보행의 불안정성이 발생되고 이로 인해 활동제한이 나타나게 된다[5]. 또한 통증으로 인해 관절가동범위와 균형능력의 감소가 나타나며, 이는 기능저하로 이어지게 된다[2]. 이러한 무릎뼈 관절염 환자들의 기능장애는

근력 및 관절가동범위 감소와 밀접한 관련이 있으며, 이는 무릎관절 기능에 매우 중요한 요인이다[6].

무릎뼈 관절염 환자는 무릎관절의 기계적 변화로 인해 지속적인 통증과 더불어 신체적 기능장애가 나타나게 되고, 이로 인한 사회적 활동참여가 제한되어 불안감과 우울증상이 높다고 하였다[7]. 이러한 무릎뼈 관절염은 통증, 부종, 관절 강직의 증상으로 인해 신체적 기능제한을 동반하고, 이로 인해 환자는 자기 건강상태에 대해 부정적으로 평가하게 되어 삶의 질에 영향을 주게 된다[8]. 이에 따라 건강에 관련된 삶의 질 평가 척도는 노인에 대한 모든 건강상태와 관련된 요소를 포함하는 중요한 개념으로써 노인의 질병에 대한 인식을 확인하는 중요한 척도이다[9].

무릎뼈 관절염 환자들은 하지 근력의 저하와 더불어 보행능력의 손실이라는 신체적 특성이 나타난다[10]. 이러한 신체적 특성 때문에 무릎뼈 관절염 환자들은 전반적인 균형능력에 있어 부정적인 영향을 받게 된다[11]. 무릎뼈 관절염 환자에게 균형능력의 감소는 더 나아가 균형장애를 야기하며, 이로 인해 낙상의 위험이 증가하게 된다[10]. 낙상을 경험한 무릎뼈 관절염 환자들은 낙상으로 인한 신체적 기능이 저하가 없더라도 낙상에 대한 불안감과 두려움을 가지게 되며, 이러한 두려움이 낙상의 위험도를 더욱 증가시키게 된다[12].

무릎뼈 관절염은 노화에 따라 퇴행성으로 나타나는 것이 매우 일반적인 형태이다[13]. 무릎뼈 관절염이 발생할 경우 넵다리네갈래근의 약화와 더불어 뒤넵다리근의 단축, 그리고 관절주머니의 비후로 인해 근력과 관절가동범위가 감소된다[14]. 또한 감소된 관절가동범위는 무릎관절에 더 많은 손상을 초래한다[15]. 다수의 선행연구에서 무릎뼈 관절염 통증의 개선을 위해 넵다리네갈래근의 근력강화운동이 효과적이라는 것이 보고되고 있다[16,17]. 무릎뼈 관절염 환자들의 증상 개선을 위한 접근방법으로 근력강화 운동의 중요성이 강조되어 왔으며, 규칙적인 근력강화운동은 만성질환의 위험 감소의 효과가 있음이 보고된 바 있다[18]. 이와 더불어 균형능력과 고유수용 감각을 동시에 향상시키는 안전하고 효과적인 증재방법으로는 전신진동자극(whole body vibration)을 통한 운동방법이 관심을 받고

있다[19],[20]. 전신진동자극을 통한 운동은 진동판 위에서 운동에 관한 동작을 수행 시 좌, 우 또는 수직 진동으로 인해 자기체중만을 사용해 기계에서 발생하는 가속도를 받아 근육의 수축이 연속적으로 빠르게 일어나게 된다[21]. 또한 무릎뼈 관절염 환자의 통증조절과 더불어 균형능력, 고유수용감각의 향상과 같은 기능향상에 효과적이며, 이로 인해 사회적 복귀와 더 나아가 삶의 질 향상에 도움을 주는 운동프로그램이다[22].

증상 개선과 사회적 복귀를 통한 삶의 질 향상을 위해 무릎뼈 관절염 환자들의 관심은 증가하고 있으며, 이에 관련된 연구도 활발하게 이루어지고 있다[19],[23]. 그러나 무릎뼈 관절염을 가지고 있는 노인의 삶의 질 향상과 일상생활로의 복귀를 돕기 위해 근력강화 운동과 더불어 전신진동자극 운동을 통한 증상개선의 효과를 입증하는 연구는 부족한 실정이다.

이에 따라 본 연구의 목적은 무릎뼈 관절염을 가지고 있는 65세 이상의 노인 환자를 대상으로 무릎 근력강화 운동과 더불어 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램이 무릎관절 통증과 기능장애 수준, 심리사회적 수준, 균형능력에 미치는 효과를 알아보고 임상적 의의가 있는 자료로 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 S시에 소재한 Y병원에 무릎통증으로 인해 외래로 치료중인 환자 50명을 대상으로 연구의 목적과 절차에 대하여 자세하게 설명을 들은 후 자발적으로 참여할 것을 동의한 자로 하였다. 선정조건으로는 1) 65세 이상인 자, 2) 무릎관절 통증(숫자등급척도, Numeric rating scale, NRS)이 3점 이상인 자, 3) 전문의로부터 무릎뼈 관절염으로 진단을 받은 자로 하였다. 제외조건은 1) 3주 이내에 하지에 외상 경험이 있는 자, 2) 하지에 신경학적 증상과 손상이 있는 자, 3) 심혈관계의 의학적으로 문제가 있는 자로 하였다. 본 연구는 대전대학교 생명윤리위원회 승인을 받은 뒤 진행하였다(No. 1040647-202310-HR-007-03).

2. 연구의 절차

본 연구의 설계는 사전-사후 무작위 대조군 연구설계(pre-test post-test control group design)이다. 대상자 선정을 위해 G*power 프로그램(G-power, University of Kiel, Kiel, Germany)을 사용하였다. Oh 등[24]의 연구를 기초로 효과크기(d)를 .89로 가정하였고, 유의수준(α)는 .05, 파워값($1-\beta$) = .80으로 하여 군 간 총 21명의 대상자가 필요하였으며, 중도 탈락률 10%를 고려하여 군 간 최소 23명을 대상으로 하였다[25]. 모집된 대상자 총 50명 중 참여 거부(n = 4)로 인하여 총 4명이 선정 과정에서 탈락하였다. 총 46명의 대상으로 사전검사를 실시 후, 실험군과 대조군으로 무작위 배정하였다. 무작위 배정은 무작위로 번호를 생성하는 인터넷 프로그램을 이용하여 배정 프로그램(<http://www.randomizer.org>)을 이용하여, 실험군(n = 23), 대조군(n = 23)으로 배정하였다.

두 군 모두 기본물리치료와 더불어 무릎 근력강화 운동프로그램을 실시하였다. 이에 더하여 실험군에서는 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램을 추가적으로 실시하였다. 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램에 효과를 알아보기 위하여 숫자등급척도(NRS), 한국판 무릎장애지수(Korean version of the Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index, K-WOMAC), Fullerton 상급 균형 검사(Fullerton advanced balance scale, FAB), 한국판 낙상효능감 척도(Korean Version Falls Efficacy Scale, K-FES), 건강관련 삶의 질 평가(Euro Quality of life 5 Dimension, EQ-5D)를 사전과 사후 측정하였다. 본 연구의 설계는 다음과 같다(Fig. 1).

3. 중재방법

1) 기본물리치료

두 군 모두에게 적용한 기본물리치료로 온습포(Sambu Illite, Sambu Medical, Korea)와 간섭파 전류치료기(ProMed III, StraTek, Korea)를 무릎 부위에 적용하였다. 온습포 치료는 근육의 경직을 완화시키고 혈액순환을 촉진하여 조직의 유연성 증가와 통증 감소의 효과를

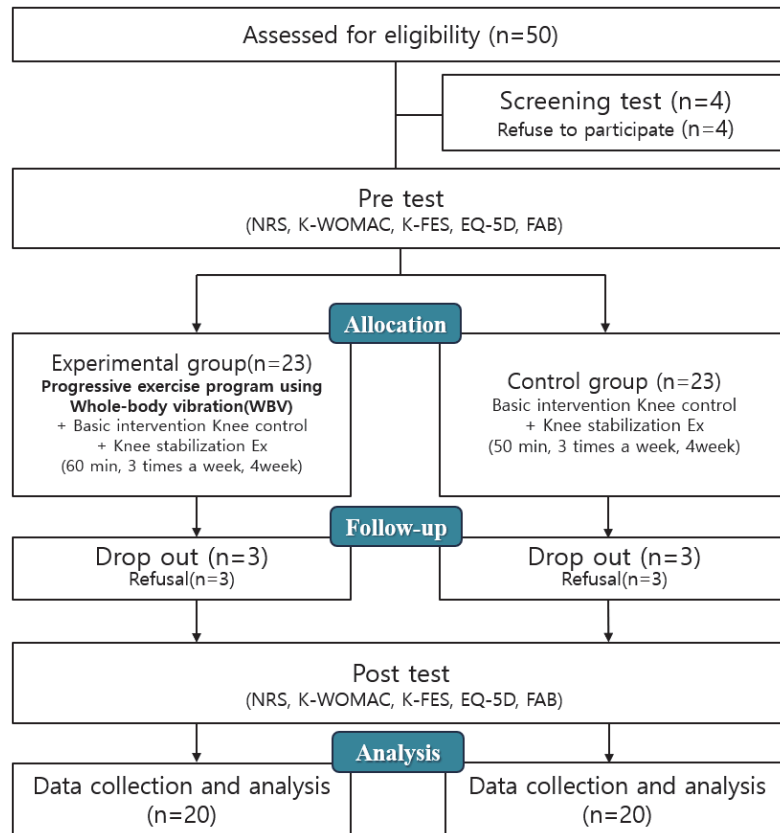


Fig. 1. Flow diagram of the study, NRS; Numeric rating scale, K-WOMAC: Korean version of the Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index, K-FES: Korean version falls efficacy scale, EQ-5D: Euro quality of life 5 dimension, FAB: Fullerton advanced balance scale.

위해 적용하였으며, 간섭과 전류치료는 통증 경감의 효과를 위해 적용하였다. 온습포와 간섭파 전류치료는 운동시작 전 각 10분/회, 주 3회 총 4주간 실시하였다.

2) 무릎 근력강화 운동프로그램

두 군 모두에게 적용한 무릎 근력강화 운동프로그램은 Park 등[26]의 연구에서 실시한 무릎 근력강화 운동 프로그램을 수정 및 보완하여 적용하였다. 이 운동프로그램은 넙다리네갈래근 및 하지 근육의 강화를 통하여 무릎 주변부에 안정성을 유도하며, 1) 폼롤러를 이용한 무릎 펴(knee extension) 운동, 2) 바로 누운 자세에 서 교각(bridge) 운동, 3) 고관절 모음의 근력과 조절을 발달시키는 동작(side lying to adductor exercise), 4) 부분적

쪼그려 앉기(partial squat), 5) 런지(lunge)로 총 5가지 동작으로 구성되었다. 중재 전과 후 준비운동과 마무리 운동의 목적으로 각각 5분간의 스트레칭이 제공되었고, 각 훈련프로그램마다 20초씩 3회 3세트 실시하였다. 세트 간 30초의 휴식시간을 제공하였으며, 약 30분/회, 주 3회, 총 4주 동안 중재를 적용하였다.

3) 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램

실험군에서 추가적으로 실시한 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램은 진동운동기(SW-VH11, Sonic World, Korea)를 이용하였다. 진동형태는 진동판(plate)에서 수직 진동을 인체에 전달하는 형태로 주파



Fig. 2. Progressive balance training program with whole body vibration, A-1: weight bearing to anterior, A-2: weight bearing to posterior, A-3: weight bearing to left, A-4: weight bearing to right, B-1: calf raise, B-2: tiptop raise, B-3: tandem standing, B-4: semi-squat at 45 degrees, C-1: lift one leg forward at 30 degrees, C-2: lift one leg backward at 30 degrees, C-3: lift one leg sideward at 30 degrees, C-4: semi-squat at 60 degrees, D-1: lift one leg forward at 45 degrees, D-2: lift one leg backward at 45 degrees, D-3: lift one leg sideward at 45 degrees, D-4: squat at 90 degrees.

수는 4-30 Hz까지 8단계로 조절이 가능하며, 음파강도는 0-99까지 8단계로 제공된다. 진동운동기의 주파수와 음파강도 설정은 선행연구에서 근활성도가 가장 높았던 주파수인 30 Hz와 음파 강도는 30으로 설정하였다[27].

전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램은 대상자의 나이와 운동기능수준을 고려하여 주차 별 쉬운 동작에서 난이도 있는 동작으로 점진적으로 강도를 올려 실시하였다. 각 주차별 운동동작을 수행하지 못한 경우 다음주차의 운동을 진행하지 않고 해당 주차 과정의 운동을 진행하도록 하였다. 먼저 1주차에서는 앞, 뒤, 좌, 우(anterior, posterior, left, right)로 체중지지(weight bearing), 2주차에서는 뒤꿈치 올리기(calf raise), 앞꿈치 올리기(tiptop raise), 발뒤꿈치-발끝서기(tandem standing), 45도 무릎 구부리기(semi-squat), 3주차에서는 30도 앞으로 들어올리기(lift one leg forward), 30도 다리 뒤로 들어올리기(lift one leg backward), 30도 다리 옆으로 들어올리기(lift one leg sideward), 60도 무릎 구부리기, 그리고 마지막 4주차에서는 45도 앞으로 들어올리기, 40도 다리 뒤로 들어올리기, 45도 다리 옆으로 들어올리기, 90도 무릎 구부리기(full-squat)로 구성하였다. 각 주차 별 운동마다 10초씩 3회 3세트 실시하였으며, 세트간 30초의 휴식시간을 제공하였다. 전신진동을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램은 약 10분/회, 주 3회, 총 4주 동안 실시하였다. 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램은 다음과 같다(Fig. 2).

4. 측정방법 및 도구

1) 통증수준

대상자들의 통증수준을 알아보기 위하여 NRS를 사용하였다. 이 평가도구는 자기기입식 설문지로 0점은 통증이 없음을 나타내며, 5점은 중등도의 통증, 그리고 10점은 참을 수 없는 통증수준을 의미한다. 측정 당시의 무릎통증의 정도를 측정하였으며, NRS의 타당도는 .86이고, 재검사 신뢰도는 $r = .95-.96$ 수준으로 두 개의 항목 모두 높은 수준에 속한다[28].

2) 기능장애 수준

대상자들의 기능장애 수준을 평가하기 위하여

K-WOMAC 지수를 측정하였다. 이 평가도구는 엉덩관절, 무릎관절 관절염이 있는 환자의 통증과 기능수준을 평가하도록 고안된 자기기입식 설문지이다. 총 24개의 항목으로 구성되어 있으며, 세부항목으로는 통증(5개 항목), 관절의 뻣뻣함(2개 항목), 신체적 기능(17개 항목) 총 세 가지 분야의 상태를 평가하는 항목으로 구성되어 있다. 통증항목은 휴식 또는 신체활동 동안의 상태를 평가하도록 구성되어 있다[29]. 각 질문은 리커트 척도(likert scale)로 0은 없음, 1은 약간, 2는 보통, 3은 심함, 4는 매우 심함으로 구성되어 있다. 각 세부 항목의 점수 범위는 통증항목은 0점부터 20점까지이며, 관절의 뻣뻣함 항목은 0점에서 8점까지이고, 신체적 기능항목은 0점에서 68점까지 총 96점으로 구성되어 있다. 이 평가도구의 급간내 상관계수(ICC)는 .79-.89이며, 내적 합치도인 크롬바흐 알파(Cronbach's α)값은 .97로 높은 수준의 신뢰도를 보인다[30].

3) 심리사회적 수준

대상자들의 낙상에 대한 두려움 수준을 평가하기 위하여 한국판 낙상효능감(K-FES)을 사용하였다. 이 평가도구는 낙상에 대한 두려움을 평가하는 설문지로 일상생활에 필요한 10가지 동작을 평가하는 항목으로 구성되어 있으며, 각 항목마다 낙상에 대한 두려움과 불안감을 느끼면 1점, 매우 자신이 있으면 10점으로 총 10개의 문항으로 구성되어 있다. 최저점수 10점에서 최고점수 100점까지이며, 점수가 낮을수록 낙상에 대한 두려움과 불안감이 많다는 것을 의미한다. 이 평가도구의 내적 합치도(internal consistency)는 크롬바흐 알파는 .75로 보고되었다[31].

4) 삶의 질

대상자들의 삶의 질의 정도를 알아보기 위하여 건강관련 삶의 질(EQ-5D)평가 도구를 사용하였다. 이 평가도구는 건강에 관련된 삶의 질을 측정 및 평가하기 위한 도구로 보건의료분야에 매우 많이 사용되고 있다[35]. EQ-5D는 불안과 우울(anxiety/depression), 자기관리(self-care), 통증과 불편감(pain/discomfort), 일상활동(usual activities), 이동성(mobility)의 총 5개의 영역으로 나뉘어져 있으며, 각 영역의 문항은 객관식으로 구성되어 있다. 각

영역마다 현재 대상자의 건강상태를 세 개의 수준으로 나누어 기입하는 설문지이며, 이 평가도구의 신뢰도는 $r = .87$ 로 높은 신뢰도를 보였다[32].

5) 균형능력

대상자들의 균형에 대한 능력을 측정하기 위해 Fullerton 상급 균형검사(FAB)를 사용하였다. 이 평가도구는 독립보행이 가능한 노인들에게 균형능력을 측정하는 측정도구로서 두 눈 감고 양 발 모아 서기(close your eyes and stand with your feet together), 몸을 앞으로 기울여 손 뻗기(lean forward and reach your hands), 제자리에서 좌, 우로 돌기(turning left and right in place), 15cm 장애물 넘어가기(jump over 15cm stumbling block), 양 발을 일자로 하여 걷기(walking with both feet straight), 눈 뜨고 한 발 서기(standing on one leg with eyes open), 눈 감고 불안정한 폼 위에 서기(close your eyes and stand on the unstable foam), 양 발 모아 멀리뛰기(postural control response), 머리 돌리면서 걷기(walking with head turned), 자세 제어 반응(postural control response)로 총 10개의 항목으로 구성되어 있다. 각 항목마다 0점에서 4점으로 최저점수 0점에서 최고점수 40점으로 점수가 높을수록 균형능력이 높은 것을 의미한다. 이 평가도구의 측정자 간 신뢰도는 $r = .95$ 이며, 측정자 내 신뢰도는 $r = .96$ 으로 높은 신뢰도를 보인다[33].

6) 자료분석

자료 분석은 SPSS 소프트웨어(version 25.0, IBM, USA)를 이용하여 통계처리 하였다. 대상자의 일반적 특성은 분석하기 위해 기술통계를 이용하였고, 측정된

변수들은 평균과 표준편차로 제시하였다. 정규성 검정의 통계처리를 위해 Shapiro-Wilk 검사를 사용하였으며, 대상자의 성별 통계처리는 카이제곱 검정(Chi-square test)을 사용하였다. 대응표본 t-검정을 사용하여 각 군의 중재 전과 후를 비교하였다. 이를 제외한 일반적 특성 및 사전검사 값의 동질성의 통계처리를 위해 t-검정을 이용하였다. 군간 중재 전과 후의 평균을 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 사용하였으며, 통계학적 유의수준(α)은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자 총 46명 중 참여거부($n = 6$)로 인해 중도 탈락되어 실험군 20명과 대조군 20명의 데이터가 수집되었다. 연구에 참여한 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 중재 전후에 무릎 통증과 기능, 심리사회적 수준 변화비교

NRS, K-WOMAC, K-FES, EQ-5D는 두 군 모두 사전 검사에서 유의한 차이가 없었으며, 두 군 모두 중재 전과 후 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 또한 NRS, K-WOMAC, K-FES, EQ-5D 두 군간 변화의 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Table 2).

3. 중재 전후에 균형능력 변화비교

FAB는 두 군 모두 사전검사서 유의한 차이가 없었

Table 1. General characteristics

Variables (units)	Experimental group (n = 20)	Control group (n = 20)	t/χ^2	p
Gender (Male/Female)	3/17 ^a	2/18	-.467	.643
Age (year)	70.10 ± 4.14 ^b	69.45 ± 3.79	.518	.608
Height (cm)	158.71 ± 5.74	159.07 ± 6.84	-.180	.858
Weight (kg)	61.67 ± 7.46	60.99 ± 8.99	.258	.798
BMI (score)	24.48 ± 2.62	24.16 ± 3.68	.314	.755

^aNumbers, ^bMean ± Standard deviation, BMI: body mass index

Table 2. Comparison of NRS, K-WOMAC, K-FES, and EQ-5D score before and after intervention between the groups

Variables (units)		Experimental group (n = 20)	Control group (n = 20)	t(p)
NRS (score)	Pre	6.75 ± 1.48	6.65 ± 1.50	.212(.833)
	Post	4.95 ± 1.19	5.65 ± 1.31	-1.769(.085)
	Post-pre	-1.80 ± 1.15	-1.00 ± .79	2.707(.014)
	t(p)	-6.990(.000)	-5.627(.000)	
K-WOMAC pain (score)	Pre	16.35 ± 3.72	15.75 ± 3.75	.508(.614)
	Post	13.55 ± 3.24	14.35 ± 3.33	-.771(.446)
	Post-pre	-2.80 ± 1.32	-1.40 ± .68	4.381(.000)
	t(p)	-9.473(.000)	-9.200(.000)	
K-WOMAC stiffness (score)	Pre	6.40 ± 1.93	6.25 ± 1.89	.248(.805)
	Post	4.75 ± 1.37	5.70 ± 1.59	-2.021(.050)
	Post-pre	-1.65 ± .75	-.55 ± .60	5.395(.000)
	t(p)	-9.073(.000)	-4.067(.001)	
K-WOMAC function (score)	Pre	61.25 ± 10.48	59.15 ± 11.14	.614(.543)
	Post	47.35 ± 9.16	54.50 ± 10.16	-2.337(.025)
	Post-pre	-13.90 ± 6.85	-4.65 ± 1.95	5.493(.000)
	t(p)	-9.073(.000)	-10.642(.000)	
K-WOMAC total (score)	Pre	84.00 ± 13.55	81.15 ± 11.73	.711(.481)
	Post	65.65 ± 10.59	74.55 ± 10.68	-2.646(.012)
	Post-pre	-18.35 ± 7.69	-6.60 ± 2.14	6.049(.000)
	t(p)	-10.676(.000)	-13.809(.000)	
K-FES (score)	Pre	67.85 ± 5.14	67.15 ± 5.43	.419(.678)
	Post	77.20 ± 4.84	70.50 ± 4.88	4.358(.000)
	Post-pre	9.35 ± 7.36	3.35 ± 7.01	-2.760(.012)
	t(p)	5.683(.000)	2.138(.046)	
EQ-5D (score)	Pre	.68 ± .14	.71 ± .16	-.503(.618)
	Post	.83 ± .07	.74 ± .12	2.820(.008)
	Post-pre	.15 ± .10	.04 ± .06	-3.943(.001)
	t(p)	6.486(.000)	2.554(.019)	

^aMean ± Standard deviation, NRS: numeric rating scale for pain, K-WOMAC: Korean version of the Western Ontario and McMaster universities arthritis index, K-FES: Korean version falls efficacy scale, EQ-5D: Euro quality of life 5 dimension

Table 3. Comparison of balance level before and after intervention between the groups

Variables		Experimental group (n = 20)	Control group (n = 20)	t(p)
FAB 1	Pre	2.35 ± .88	2.45 ± .83	-.372(.712)
	Post	3.65 ± .59	3.10 ± .72	2.652(.012)
	Post-pre	1.30 ± .98	.65 ± 1.04	-2.221(.039)
	t(p)	5.940(.000)	2.795(.012)	
FAB 2	Pre	1.85 ± .81	2.00 ± .92	-.547(.587)
	Post	3.20 ± .77	2.60 ± .88	2.294(.027)
	Post-pre	1.35 ± 1.18	.60 ± 1.27	-2.116(.048)
	t(p)	5.107(.000)	2.108(.049)	
FAB 3	Pre	1.95 ± .94	2.00 ± .97	-.165(.870)
	Post	2.80 ± 1.01	2.15 ± .93	2.119(.041)
	Post-pre	.85 ± 1.39	.15 ± .81	-2.896(.009)
	t(p)	2.741(.013)	.825(.419)	
FAB 4	Pre	2.70 ± .98	2.75 ± .97	-.163(.872)
	Post	3.60 ± .50	2.90 ± .72	3.571(.001)
	Post-pre	.90 ± 1.07	.15 ± 1.18	-2.210(.040)
	t(p)	3.758(.001)	.567(.577)	
FAB 5	Pre	1.85 ± .99	1.95 ± 1.00	-.318(.752)
	Post	3.10 ± .72	2.30 ± .92	3.058(.004)
	Post-pre	1.25 ± 1.16	.35 ± 1.42	-2.349(.030)
	t(p)	4.802(.000)	1.099(.286)	
FAB 6	Pre	1.55 ± .69	1.60 ± .60	-.246(.807)
	Post	2.80 ± .62	2.15 ± .81	2.851(.007)
	Post-pre	1.25 ± .91	.55 ± 1.05	-2.333(.031)
	t(p)	6.140(.000)	2.342(.030)	
FAB 7	Pre	2.15 ± .99	2.20 ± .95	-.163(.871)
	Post	3.35 ± .67	2.75 ± .85	2.477(.018)
	Post-pre	1.20 ± 1.20	.55 ± 1.00	-2.156(.044)
	t(p)	4.485(.000)	2.463(.024)	
FAB 8	Pre	2.15 ± 1.09	2.10 ± .91	.157(.876)
	Post	2.25 ± .97	1.95 ± 1.15	.895(.377)
	Post-pre	.10 ± 1.68	.15 ± 1.23	-.546(.592)
	t(p)	.266(.793)	-.547(.591)	
FAB 9	Pre	1.90 ± 1.07	2.15 ± 1.14	-.716(.478)
	Post	2.35 ± .88	2.25 ± 1.07	.324(.748)
	Post-pre	.45 ± 1.47	-.15 ± 1.41	-.760(.456)
	t(p)	1.371(.186)	.317(.755)	

Table 3. (Continued)

Variables		Experimental group (n = 20)	Control group (n = 20)	t(p)
FAB 10	Pre	1.75 ± .79	1.70 ± .66	.218(.828)
	Post	2.55 ± .69	1.80 ± .83	3.106(.004)
	Post-pre	.80 ± .83	.10 ± 1.07	-2.268(.035)
	t(p)	4.292(.000)	.418(.681)	
FAB total	Pre	20.20 ± 2.17	20.90 ± 2.90	-.865(.393)
	Post	29.65 ± 2.92	23.95 ± 3.09	5.995(.000)
	Post-pre	9.45 ± 3.76	3.05 ± 3.91	-6.568(.000)
	t(p)	11.233(.000)	3.486(.002)	

^aMean (score) ± Standard deviation, FAB: Fullerton advanced balance scale, FAB 1: stand with feet together, eyes closed, FAB 2: lean forward and reach hands, FAB 3: turning in a full circle to right and left direction, FAB 4: stepping up onto and over a 6 inch bench, FAB 5: walk with feet in tandem walk, FAB 6: stand on one leg, eyes opened, FAB 7: standing on foam eyes close, FAB 8: jump with both feet for distance, FAB 9: walk while turning head, FAB 10: restore balance after backward disturbance

으며, 실험군에서는 증재 전과 후 FAB 8, FAB 9 항목을 제외한 모든 항목에서 유의한 향상이 있었다($p < .05$). 대조군에서는 증재 전과 후 FAB 1, FAB 2, FAB 6, FAB 7, FAB total 항목에서 유의한 향상이 있었다($p < .05$). 또한 FAB 8, FAB 9 항목을 제외한 모든 항목에서 두 군간 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Table 3).

IV. 고 찰

본 연구는 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램이 65세 이상 무릎뼈 관절염 환자에게 미치는 효과를 알아보기 위해 실시하였다. 그 결과로는 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램을 실시한 실험군에서 무릎관절 통증, 기능장애 수준, 심리사회적 수준에서 유의한 차이를 보였으며($p < .05$), 균형검사에서는 FAB 8번, 9번 항목을 제외한 모든 항목에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

무릎뼈 관절염은 관절 부위의 동통, 부종 등의 증상을 동반한 전형적인 만성질환을 말하며, 이로 인해 통증과 기능저하, 관절의 뻣뻣함 등을 초래하게 된다. Kim과 Cho[34]는 무릎뼈 관절염 환자를 대상으로 6주

간 모션 테이핑을 적용한 재활운동프로그램을 실시한 결과, 통증의 유의한 감소를 보고하였다($p < .05$). 또한 Kim 등[35]의 연구에서도 무릎뼈 관절염 환자를 대상으로 8주간 원격재활 운동프로그램을 적용한 결과, K-WOMAC에 유의한 감소를 보고하였다($p < .05$). 이에 본 연구에서도 참가한 대상자들 모두 증재 전, 후 통증과 더불어 K-WOMAC의 유의하게 감소하여 선행연구를 뒷받침하는 연구결과가 나타났다($p < .05$). 또한 추가적으로 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램을 실시한 실험군에서 대조군과의 군 간차이를 보였다($p < .05$). 이는 실험군이 실시한 전신진동자극은 하지근육의 근활성도를 증가에 영향을 주었다고 사료되며, 이로 인해 통증과 감소와 더불어 뻣뻣함이 감소하여 무릎뼈 관절에 대한 기능향상이 있었다고 사료된다.

노인에게 있어 근육의 감소는 연령이 증가할 수록 신체에 전반적으로 영향을 미치게 된다. 특히 근육량과 근력의 감소가 복합적으로 일어나게 되어 노인의 근지구력, 유연성, 순발력 등의 근골격계 기능저하를 일으켜 낙상의 위험성을 증가시킨다. Kim 등[36]은 65세이상 노인을 대상으로 낙상 예방 운동프로그램을 10주간 적용하여 낙상효능감이 유의하게 향상되었다는 연구결과를 보고하였으며($p < .05$), Kim 등[37]의 연구에서도 여성

노인에게 “GO stepping” 운동을 16주간 제공하여 낙상효능감이 유의하게 향상되었다는 연구결과를 보고하였다($p < .05$). 이에 본 연구에서도 실험에 참가한 대상자들 모두 중재 전과 후 낙상효능감의 유의한 향상으로 선행 연구의 결과와 같은 연구결과를 얻었다($p < .05$). 또한 추가적으로 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램을 실시한 실험군에서 대조군과의 군 간 차이를 보였다($p < .05$). 이는 실험군에서 실시한 전신진동자극은 근활성도에 가장 효과적이라는 30 Hz라는 주파수를 적용하여 근육의 반사적 수축을 유도하고 이를 통해 고유수용기를 활성화시켜 근력의 강화와 안정성 증가에 긍정적인 영향을 주었다고 사료된다. 이러한 고유수용기의 활성화와 더불어 근력의 강화로 인해 대상자로 하여금 낙상에 대한 두려움을 감소시켰다고 사료된다.

무릎 관절염을 가지고 있는 노인은 질화로 인한 통증, 강직 등의 증상으로 인하여 사회적 참여가 저하되고 이로 인해 삶의 질의 감소를 초래하게 된다. Park 등[38]은 노인복지관이 제공하는 프로그램에 참여하는 노인을 대상으로 복합적인 비대면 운동프로그램을 6주간 적용하여 삶의 질이 유의하게 향상되었다는 연구결과를 보고하였다($p < .05$). 또한, Kim과 Kim[39]의 연구에서도 무릎 관절염을 가진 비만노인에게 신체증진 프로그램을 12주간 적용하여 삶의 질이 유의한 향상을 보고하였다($p < .05$). 본 연구에서도 실험에 참가한 대상자들 모두 중재 전과 후 삶의 질 지표가 유의한 향상으로 선행연구와 같은 연구결과가 나타났다($p < .05$). 또한 추가적으로 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램을 실시한 실험군에서 대조군과의 군 간 차이를 보였다($p < .05$). 이는 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램을 통해 무릎 관절의 기능향상을 보였고, 이로 인해 자존감의 향상과 우울감, 불안감 등의 해소로 사회적 활동 참여가 활발하게 이루어져 삶의 질 척도가 향상되었다고 사료된다.

노인에게 균형은 수의적인 자세조절을 하며 변화하는 환경에 평형상태를 제어할 수 있는 능력을 말하며, 균형의 손상은 무릎 관절염을 가지고 있는 노인에게 낙상 등 부정적인 영향을 끼치게 된다. Park과 Lee[40]는 만성적인 무릎 관절염을 가지고 있는 65세이상 여성

노인환자에게 기능성 보행운동 프로그램을 12주간 실시하여 균형능력에 유의한 향상을 보고하였고($p < .05$), Oh 등[24]의 연구에서도 무릎 관절염을 가진 여성 노인에게 12주간 노르딕 워킹을 제공하여 균형능력의 유의한 향상을 보고 하였다($p < .05$). 본 연구에서도 추가적으로 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램을 실시한 실험군에서는 FAB 8, FAB 9 항목을 제외한 모든 항목에서 유의한 향상이 있었으며($p < .05$), FAB 8, FAB 9 항목을 제외한 모든 항목에서 실험군과 대조군의 군 간 차이가 있었다($p < .05$). FAB의 항목 중 8번 양 발 멀리뛰기 항목은 무릎 관절염을 가지고 있는 노인환자에게 플라이오메트릭 운동(plyometric exercise)과 같은 고강도의 운동을 수행하기에는 적합하지 않아 긍정적인 영향을 주기에는 부족했다고 사료된다. 또한 9번 머리 돌리며 걷기 항목은 무릎 관절염을 가지고 있는 노인 환자뿐만 아니라 평균 70세의 노인들에게는 다소 부담스러운 고강도의 과제라 생각되며, 이 항목에 대한 효과를 보기 위해서는 선행학습과 더불어 운동프로그램에 대한 난이도 조절이 필수적이라고 생각된다.

본 연구 중재방법으로 선택한 전신진동자극과 유사하게 Bae 등[41]의 연구에서 무릎관절 앞십자인대 재건술 후 진동자극을 이용한 저항운동을 시행하였을 때 무릎관절 근력과 균형에 유의한 향상이 있다고 보고되었고($p < .05$), 또한 Park과 Kim[42]의 연구에서 진동자극이 노인의 균형, 보행속도, 근력 및 낙상효능감에 유의한 향상이 있다고 보고되었다($p < .05$). 이러한 진동자극을 적용한 선행연구들과 같이 본 연구도 무릎 관절염을 가지고 있는 환자에게 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램을 제시하여 이에 따른 중재 방법의 효과를 살펴본 연구이다. 그러나 본 연구를 실시함에 있어 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 평균연령 70세의 남성 환자에 비해 여성 환자들이 상대적으로 많기 때문에 운동효과를 일반화하기 한계가 있다. 둘째, 중재기간이 4주로 한정되어 있어 상급균형검사에 대한 고강도 과제에 대한 운동 수행능력이 어렵다. 셋째, 근활성도에 효과적인 30 Hz로 설정하였으나 간혹 실험 중 어지러움 증상을 호소하는 대상자가 있어 중재를 중단하는 상황이 발생하였다. 넷째, 현재 본 연구와

동일한 무릎뼈 관절염을 가진 대상자와 결과를 비교할 유사한 사전연구가 부족하여 무릎뼈 관절염 환자들에게 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램을 적용한 비슷한 연구결과와 비교를 일반화하기 한계가 있다. 추후 연구에서는 이러한 제한점을 보완하여 노인들에게 삶의 질을 향상시킬 수 있는 중재방법에 대한 제시가 필요하다.

V. 결론

본 연구는 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램이 무릎뼈 관절염을 가지고 있는 65세이상 노인 환자의 무릎관절 통증, 기능장애수준, 심리사회적 수준 그리고 균형능력에 미치는 효과에 대해 알아보기 위하여 실시하였다. 그 결과는 전신진동자극을 동반한 점진적 균형훈련 프로그램을 실시한 실험군에 무릎관절 통증, 기능장애수준, 심리사회적 수준 그리고 균형능력이 점진적 균형훈련 만을 실시한 대조군에 비교해 유의한 개선을 보였다. 이러한 결과를 토대로 무릎뼈 관절염을 가지고 있는 65세이상 노인 환자에게 점진적 균형훈련 프로그램을 적용 시 전신진동자극을 동반하는 것이 더 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

References

- [1] Kim JY, Lee SH, Ha SM, et al. The effect of standing posture of taekwondo and step-box exercise on physical fitness, pain and growth hormone in arthritis old adults women. *Korean J Converg Sci.* 2022;11(10):167-83.
- [2] Alves JC, Bassitt DP. Quality of life and functional capacity of elderly women with knee osteoarthritis. *Einstein (Sao Paulo).* 2013;11(2):209-15.
- [3] Kim SY. Muscle strength ratio and q-angle in patients with osteoarthritis of the knee: A comparative study with healthy persons. *Phys Ther Korea.* 2005;12(1):45-54.
- [4] Park HO, Kim EK. The effect of exercise program on pain and quality of life for patients with knee osteoarthritis: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Glob Heal Nurs.* 2014;10(2):141-52.
- [5] Yoon CH. Osteoarthritis update. *The Korean J Med.* 2012;82(2):170-4.
- [6] Park SJ, Kim DD. The impact of joint mobilization with an elastic taping on immediate standing balance in patients with knee osteoarthritis. *J Korea Converg Soc.* 2017;8(7):295-304.
- [7] Kontis V, Bennett JE, Mathers CD, et al. Future life expectancy in 35 industrialised countries: projections with a Bayesian model ensemble. *Lancet.* 2017;389(10076):1323-35.
- [8] Oh JH, Yi M. Structural equation modeling on quality of life in older adults with osteoarthritis. *J Korean Acad Nurs.* 2014;44(1):75-85.
- [9] Choi HY. Factors influencing health-related quality of life among Korean seniors with osteoarthritis: focusing on 10-year duration with osteoarthritis disease. *Korean J Adult Nurs.* 2020;32(5):526.
- [10] Martínez-López EJ, 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. *J Sport Sci Med.* 2014;13(2):349-57.
- [11] Godziuk K, Prado CM, Woodhouse LJ, et al. The impact of sarcopenic obesity on knee and hip osteoarthritis: a scoping review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1).
- [12] Yoo IY. Effects of fall prevention program applying hsep on physical balance and gait, Leg strength, fear of falling and falls efficacy of community-dwelling elderly. *J Korean Gerontol Soc.* 2009;29(1):259-73.
- [13] Choi JH. Effect of taping on a home program of hip abductor exercise on pain and quadriceps muscle strength in elderly women with knee osteoarthritis. *J Korean Soc Phys Med.* 2018;13(3):61-6.
- [14] Holla JFM, Steultjens MPM, van der Leeden M, et al. Determinants of range of joint motion in patients with early symptomatic osteoarthritis of the hip and/or knee:

- an exploratory study in the CHECK cohort. *Osteoarthritis Cartil.* 2011;19(4):411-9.
- [15] Roos EM, Arden NK. Strategies for the prevention of knee osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol.* 2016;12(2):92-101.
- [16] Loew L, Brosseau L, Wells GA, et al. Ottawa panel evidence-based clinical practice guidelines for aerobic walking programs in the management of osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(7):1269-85.
- [17] Hochberg MC, Altman RD, April KT, et al. American college of rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee. *Arthritis Care Res.* 2012;64(4):465-74.
- [18] Song MS, Yoo YK, Kim NC. Effects of aquatic exercise on joint angle, pain, stiffness, and physical function in elderly women with osteoarthritis. *J Korean Gerontol Nurs.* 2015;17(2):89-97.
- [19] Park SH, Oh YJ, Seo JH, et al. Effect of stabilization exercise combined with respiratory resistance and whole body vibration on patients with lumbar instability: a randomized controlled trial. *Med (United States).* 2022;101(46):E31843.
- [20] Jeong DK, Yoon JH, Park SH. The effect of whole-body vibration on pulmonary function and cerebral cortical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Appl Sport Sci.* 2023;11(1).
- [21] Shim CS, Lee YB, Lee DG, et al. Effect of whole body vibration exercise in the horizontal direction on balance and fear of falling in elderly people: a pilot study. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(7):1083-6.
- [22] Seo JH. Effects of whole body vibration exercise on muscle strength, balance and falling efficacy of super-aged elderly women. *J Korean Soc Phys Med.* 2020;15(1):33-42.
- [23] Cuperus N, Vliet Vlieland TPM, Mahler EAM, et al. The clinical burden of generalized osteoarthritis represented by self-reported health-related quality of life and activity limitations: A cross-sectional study. *Rheumatol Int.* 2015;35(5):871-7.
- [24] Oh YS, Kim JS, Jang WS. Effects of nordic walking exercise on muscular strength, flexibility, balance and pain in older woman with knee osteoarthritis. *J Korean Appl Sci Technol.* 2019;36(4):1312-26.
- [25] El Maniani M, Rechchach M, El Mahfoudi A, et al. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *J Mater Environ Sci.* 2016;7(10):3759-66.
- [26] Park GH, Kim TW, Song HB. Effect of knee stabilization exercise on balance and walking ability in patients with total knee replacement. *J Korean Orthop Man Phys Ther.* 2021;27(2):69-76.
- [27] Di Giminiani R, Masedu F, Tihanyi J, et al. The interaction between body position and vibration frequency on acute response to whole body vibration. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23(1):245-51.
- [28] Schiavenato M, Craig KD. Pain assessment as a social transaction: Beyond the “gold standard.” *Clin J Pain.* 2010;26(8):667-76.
- [29] Jeon DH, Lee EJ, So HW, et al. Preliminary study to develop the instrument on pattern identifications knee osteoarthritis. *J Korean Med Rehabil.* 2017;27(2):77-91.
- [30] Ko TS, Kim SY, Lee JS. Reliability and validity of the Korean Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) Osteoarthritis Index in patients with osteoarthritis of the knee. *J Orient Rehab Med.* 2009;19(2):251-60.
- [31] Huang HC, Gau ML, Lin WC, et al. Assessing risk of falling in older adults. *Public Health Nurs.* 2003;20(5):399-411.
- [32] Bae E, Choi SE, Lee H, et al. Validity of EQ-5D utility index and minimal clinically important difference estimation among patients with chronic obstructive pulmonary disease. *BMC Pulm Med.* 2020;20(1):1-10.
- [33] Rose DJ, Lucchese N, Wiersma LD. Development of a multidimensional balance scale for use with functionally independent older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(11):1478-85.

- [34] Kim MK, Cho YH. Effect of rehabilitation exercise program with motion taping on Pain, muscle strength, and WOMAC index in 50s middle aged women with osteoarthritis of the knee joint. *J Korean Soc Phys Med.* 2022;17(4):85-92.
- [35] Kim JY, Lee DW, Jeong MB. Effect of a telerehabilitation exercise program on the gait, knee function and quality of life In patients with knee osteoarthritis. *J Korean Soc Phys Med.* 2020;15(1):143-52.
- [36] Kim EJ, 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. *J Muscle Jt Health.* 2021;28(2):102-10.
- [37] Kim KA, Lee JH, Kim MH, et al. Effects of 12-week GO stepping exercise on cognitive function, fall efficacy and longevity fitness age of older women participating in the elderly welfare center. *J Converging Sport Exerc Sci.* 2020;18(1):83-92.
- [38] Park SH, Oh YJ, Lee MM. Effects of non-contact complex exercise program on the older over 65 years of age on muscle strength, falling efficacy and balance ability. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2023;12(2):167-76.
- [39] Kim JS, Kim CJ. Effect of a physical activity promoting program based on the imb model on obese-metabolic health outcomes among obese older adults with knee osteoarthritis. *J Korean Acad Nurs.* 2020;50(2):271-85.
- [40] Song MS, Kim BR. Effects of functional gait exercise on balance ability and gait ability in female elderly with chronic arthritis. *J Spec Educ Rehabil Sci.* 2019;58(1):461-71.
- [41] Bae CH, Lee JH, Kim JC, et al. Effects of resistance exercise using vibration stimulation on knee muscle strength and balance after anterior cruciate ligament reconstruction. 2017;23(2):17-25.
- [42] Park JH, Kim YM. Effect of exercise with vertical vibration on the balance, walking speed, muscle strength and falls efficacy in the elderly. *J Korean Soc Phys Med.* 2020;15(4):131-43.