

# The Effect of Video Game-Based Home Exercise on Balance and Muscle Strength in the Elderly in the COVID-19 Era

Myung Joon Kim<sup>a</sup> 

<sup>a</sup>Department of Physical Therapy, College of Health Science, Kyungdong University, Wonju, Republic of Korea

**Objective:** This study investigated the effect of a video game-based home exercise program on the improvement of balance and muscle strength in the elderly.

**Design:** Randomized controlled trial

**Methods:** Participants were randomly assigned to two groups: a video game-based home exercise training group (experimental group, n = 16) and a control group (n = 17). The experimental group trained three times a week for 50 minutes per session for six weeks, and the control group did not perform any exercise. To evaluate postural balance, one leg standing test, Berg balance scale, functional reach test, and timed up and go test were performed, and five times sit-to-stand was performed to evaluate lower extremity muscle strength.

**Results:** In the experimental group, there were statistically significant improvements ( $p < 0.05$ ) in one leg standing test, Berg balance scale, functional reach test, and timed up and go test, and five times sit-to-stand after the intervention, but in the control group, the difference before and after the intervention was not significant. The difference between the groups according to the experimental method showed a significant increase in the experimental group ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** These results suggest that a video game-based home exercise program effectively improves balance and muscle strength in the elderly. A video game-based exercise program can contribute to the rehabilitation of the elderly as a method of home remote rehabilitation.

**Key Words:** Elderly, Balance, Muscle strength, Exercise, Video games

## 서론

최근 기대 수명이 증가하면서 노인의 건강은 주요 관심사가 되었다[1]. 고령화 정책으로 노인들을 건강하고 신체기능을 유지할 수 있는 방법이 모색되고 있다[2]. 노인들에게 운동은 신체 기능, 자기효능감을 높이고 퇴행성 과정을 늦추는데 중요한 역할을 하여 기능적 독립성에 긍정적이기 영향을 미치기 때문에 신체 활동을 장려하고 있다[3, 4].

SARS-CoV-2로 인한 COVID-19로 예상치 못한 어려움이 발생하였다. 현재의 팬데믹은 전 세계적으로 우리 삶의 모든 측면에 전례 없는 혼란을 야기했다[5]. 정부는 스포츠 및 레저 활동을 포함하여 사회 활동을 절대

적으로 최소로 줄이는 대규모 폐쇄를 포함하여 COVID-19 완화 정책의 일환으로 수많은 조치를 시행되었다[6]. 이로 인해 신체 활동이 줄어들어 들었으며, 특히 65세 이상 노인의 53%는 신체 활동을 줄였다[7]. 또한 공공장소에서 마스크 착용을 해야 하는 조치는 신체 활동을 저하시키는 원인이 되었다[8]. 마스크를 착용한 상태에서 신체 활동을 하면 신체의 생리적 부하가 증가하여 심박수가 증가되기 때문에 질환이 있거나 노인에서 특히 고려해야 할 사항이다[9].

COVID-19 감염 예방을 위한 것뿐만 아니라 신체활동의 부족을 완화하기 위해 운동을 장려하고 개인의 신체 활동을 유지하도록 동기를 부여하는 다양한 방법이 제시되고 있다[10]. 비디오 기반의 피트니스게임은 신체의 움

Received: Dec 6, 2022 Revised: Dec 22, 2022 Accepted: Dec 22, 2022

Corresponding author: Myung Joon Kim (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3101-7230>)

Department of Physical Therapy, College of Health Science, Kyungdong University

815, Gyeonhwon-ro, Munmak-eup, Wonju-si, Gangwon-do, Republic of Korea

Tel: +82-33-738-1381 E-mail: kykys@kduniv.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2022 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

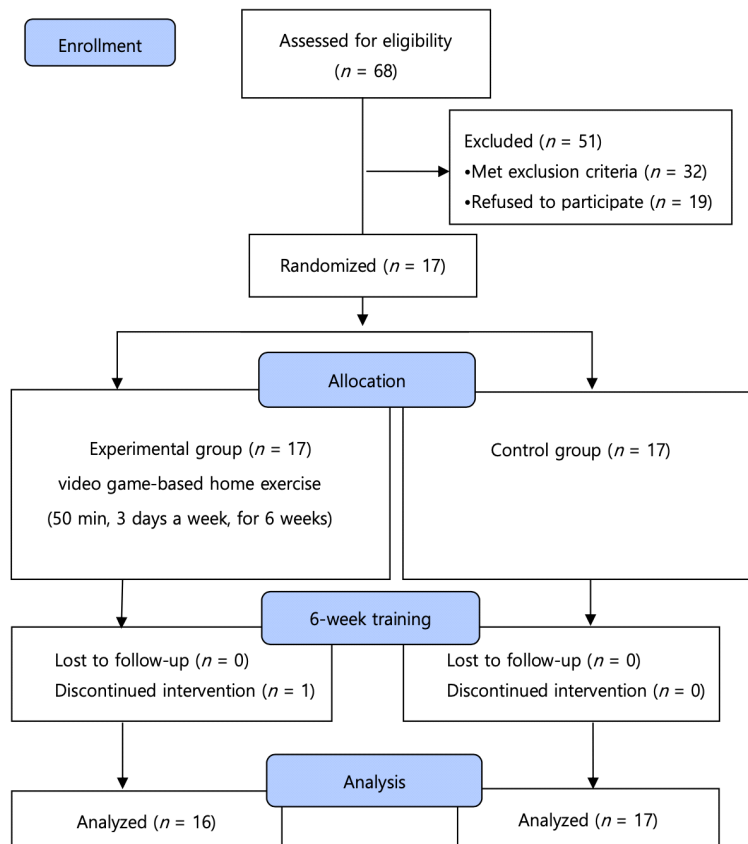
직업이 필요한 디지털 게임으로 집에서 운동할 수 있는 재활프로그램의 대안방법으로 주목받고 있다[11]. 비디오 기반의 피트니스게임은 능동적으로 게임에 참여하여 신체활동을 경험하게 하고, 가벼운 움직임에서 중간 강도의 움직임을 유도하는 것으로 입증되었다[12]. 비디오 기반의 피트니스게임은 가정에서 쉽게 피트니스를 할 수 있어 COVID-19 팬데믹 기간 동안 트렌드로 부각되고 있다. 또한 경제적으로 용이하고 배포가 쉽기 때문에 접근성이 쉽다는 장점이 있으며, 물리치료사의 감독 없이도 환자의 체력에 따라 운동 강도를 조정할 수 있으며 자체적으로 신체 기능에 효과적인 운동을 제공할 수 있다. 비디오 기반의 피트니스게임의 게임적 요소는 동기부여를 할 수 있어 운동을 지속적으로 흥미있게 즐길 수 있다. Nintendo Wii 또는 Xbox Kinect으로 다양한 게임과 운동을 시행하여 노인의 균형 및 인지기능, 일상생활 활동의 개선에 효과가 증명되었다[13, 14]. 선행연구에서는 비디오기반의 운동이 파킨슨병, 뇌졸중과 같은 신경질환으로 인한 인지 장애가 있는 사람, 만성 요통이 있는 환자를 대상으로 평가 또는 재활도구로 많이 사용되었으나 [15-17], 노인들이 장비를 조작하고 기술을 사용하는 것에 대한 어려움이 있다고 하였다[18]. 본 연구의 목적은

비디오게임기반 가정 운동프로그램이 노인의 균형 및 근력 향상에 미치는 영향을 조사하는 것이다.

**연구 방법**

**연구 대상**

본 연구의 참가한 연구대상은 경기도에 거주하는 65세 이상의 남녀 노인으로 지역사회 노인 복지관에 등록되어 있는 노인 68명에게 운동프로그램에 참여하도록 모집하였다. 선별 기준은 자발적으로 복지관에 올 수 있는 보행 능력과 균형능력이 있어야 하며 운동을 이해하고 비디오 게임을 조작할 수 있는 인지능력(mini mental state examination-Korean 21점 이상)인 자로 하였다. 가정에서 비디오게임을 할 수 있는 환경이 가능한 자로 하였다. 제외기준은 운동프로그램에 참여할 수 없는 인지 및 정신 질환의 병력이 있는 자, 근골격계의 염증이거나 통증이 있어 운동의 참여에 제한이 있는 자, 청력이나 전정기관의 문제 및 어지럼증이 있는 자, 기타 신경계 질환 파킨슨증후군 혹은 뇌졸중을 겪고 있는 자였다. 대상자는 연구의 목적과 절차에 대해 자세한 설명을 들었으며 자발



**Figure 1.** Flow diagram of the study.

적으로 동의서에 동의한 자로 하였다.

### 표본의 크기

본 연구는 단일 맹검 무작위 대조 시험 설계로 샘플 크기를 결정하기 위해 G-Power (version 3.19, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Germany) 소프트웨어가 사용되었다. 표본 크기를 계산하기 위해 알파 오류 확률과 검정력을 각각 0.05와 0.95로 설정했다. 또한, 효과 크기는 비디오게임을 이용한 노인의 균형효과에 관한 이전 연구에서 일어나 걸어가기 검사 결과를 기반으로 1.42로 설정하였다[19]. 따라서 그룹 당 14명의 대상자의 표본 크기가 필요하였다. 탈락자를 고려하여 각 그룹에 17명이 대상자를 할당하여 총 표본의 크기는 34명이었다(Figure 1).

### 무작위화

연구에 지원한 참가자 중 선정조건에 부합한 34명을 대상으로 무작위 할당을 통해 실험군과 대조군으로 나누었다. 무작위 할당을 위해 Random Allocation Software (version 1.0)를 사용하였다[20].

### 비디오게임기반 가정 운동프로그램

대상자들은 인구통계학적 설문과 사전평가를 받았다. 사전평가는 한 다리 서기 검사, 버그 균형 검사, 일어나 걸어가기 검사, 기능적 팔뻗기 검사, 5회 앉고 일어서기 검사를 하였다. 검사 후 실험군은 비디오 기반의 가정 운동프로그램을 시행하였고 대조군은 중재는 받지 않았다. 6주 후 사전평가에서 실시한 평가와 같은 방법으로 사후평가를 실시하였다. 사전평가 후 운동프로그램 방법과 절차를 설명하였고 비디오 게임 사용방법을 교육하였다. 사용방법 안내문을 제작하여 나누어 주었고 보호자가 함께 할 수 있도록 보호자를 초기교육에 참여하도록 하였다. 초기교육에 참여하지 못한 사람은 도우미가 게임이 익숙해질 수 있도록 몇 주간 방문교육을 하였다. 비디오게임기반 가정 운동프로그램은 참여자 가정에서 실시하였고, 6주 동안 주당 3회 1회 50분씩 시행하였다. 비디오 게임을 위해 닌텐도사의 게임기(Switch, Nintendo, Japan)를 사용하였고 링피트 어드벤처 프로그램을 이용하였다. 링피트 어드벤처는 링콘과 조이콘을 사용하였다. 링콘은 탄성이 있는 소재로 되어있는 직경 30cm 정도의 원형 컨트롤러로, 여기에 조이콘(R)을 장착해서 팔 센서로 활용한다. 정밀한 힘 센서가 탑재되어 있어 조이고 당기는 움직임을 인식할 수 있다. 또한, 링콘과 레그 스트랩에 장착된 조이콘의 가속도 센서와 자이로 센서를

이용해 각 신체 부위의 움직임을 게임에 반영할 수 있다. 링피트의 게임 중 하지근력향상에 필요한 게임과 균형 향상에 도움이 되는 게임을 선정하였고 노인 운동전문가들의 의견을 수렴하여 최종 결정하였다. 운동프로그램은 준비운동 10분, 본 운동 20-30분 정리운동 10분으로 구성하였고 준비운동은 링피트 프로그램에 있는 스트레칭과 마사지 볼로 하는 다리 마사지로 구성하였다. 본 운동은 어드벤처 모드를 사용하였고 균형증가를 위해서 요가운동, 하지근력 강화를 위해 다리운동, 복부운동을 시행하였다. 정리운동은 스트레칭과 호흡운동으로 구성하였다. 운동에 앞서 가정의 환경을 조사하였고 TV와의 거리를 선정하고 운동할 수 있는 공간을 확보하였다. 바닥은 미끄러지지 않은 매트를 깔고 운동 방법을 설명하였다. 피로감이나 통증, 호흡곤란, 어지럼증이 발생할 경우 운동을 중단하고 연구자에게 연락하도록 하였다. 운동 후 전화 혹은 문자로 운동 여부를 확인하도록 하였다.

대조군에서 노인들은 6주 동안 특별한 운동은 제공하지 않았으며 사후결과에 영향을 줄 수 있는 운동프로그램은 시행하지 않도록 하였다.

### 측정 도구와 자료 수집

노인들의 균형 평가를 위해 한 다리 서기 검사, 버그 균형 검사, 일어나 걸어가기 검사, 기능적 팔뻗기 검사를 시행하였고, 하지근력 평가를 위해 5회 앉고 일어서기 검사를 시행하였다.

정적 자세 균형을 평가하기 위해 한 다리 서기 검사를 사용하였다[21]. 각 대상자는 눈을 뜨고 팔을 가능한 벌린 상태에서 가능한 오랫동안 유지하도록 하였고 우세측 다리를 사용하였다. 반대쪽 발이 지면에 닿는 시간은 스톱워치(HS-70W-1DF, Casio, Japan)를 사용하여 초 단위로 측정하였다. 이 테스트는 3회 수행되었으며 가장 높은 점수를 기록하였다[22].

동적 자세 균형을 평가하기 위해 노인의 균형을 측정하기 위해 개발된 버그 균형 검사를 사용하였다. 56점 만점이며 14개의 항목으로 이루어져 있고 항목 당 4점이 만점이다[23, 24].

움직임의 한계를 평가하기 위해 기능적 팔뻗기 검사를 사용하였다. 이 검사는 물리적 안정성의 한계를 평가하고 기능적 작업을 수행하는 동안 동적 균형과 유연성을 측정하는 데 사용한다[23]. 대상자들은 발을 어깨 너비로 벌리고 서서 가능한 한 팔을 쪽 뻗은 상태에서 어깨 높이와 평행하게 팔을 들어 올리도록 하였다. 손끝의 끝단이 움직이는 거리를 측정하였다. 결과는 3회 연속 측정의 평균으로 하였다.

기능적 움직임과 이동성을 평가하기 위해 일어나 걸

어가기 검사를 사용하였다. 이 검사는 개인이 표준 팔걸 의자(좌석 높이 약 46cm)에서 일어서서 3m 거리를 걷고, 회전하고, 의자로 되돌아가서 일반 신발을 신고 앉는 데 걸리는 시간을 측정한다[25]. 보조도구 없이 시행하였으며 측정은 스톱워치로 하였고 3회 측정 후 평균으로 하였다.

하지 근력을 평가하기 위해 5회 앉고 일어서기 검사를 사용하였다. 검사를 위해 대상자는 팔걸이가 없는 의자에 앉고 팔을 가슴 위로 교차시킨 다음 가능한 한 빨리 5회 동안 앉고 일어서기를 반복하도록 지시했다. 대상자들은 2번의 검사를 수행했습니다. 측정은 스톱워치로 하였고 3회 측정 후 평균으로 하였다.

## 통계 분석

데이터의 정규성은 Shapiro-Wilks 검사를 이용하여 평가하였고, 그 결과 모든 인구통계학적 데이터 및 기타 연구변수가 정규분포 하였다. 인구통계학적 데이터는 기술통계를 사용하였고 변수는 평균, 표준편차로 보고 하였다. 두 집단의 인구통계학적 변수를 비교하기 위해 독립표본 t-검정과 카이제곱 검정을 적용하였다. 또한, 대응표본 t-검정을 통해 중재 전후 점수를 두 그룹에서 비교하였다. 두 그룹의 점수 차이를 비교하기 위해 독립 t-검정을 사용하였다. 통계적 결정을 위해 유의수준은 p는 0.05이하로 하였다. 통계 프로그램은 SPSS를 사용하였다.

**Table 1.** General Characteristics of Subject

(N=33)

	Experimental group (n = 16)	Control group (n = 17)	$\chi^2/t$	p
Age (year)	82.72±6.57	79.86±5.86	1.321	0.196
Height (cm)	168.06±6.27	164.24±8.38	1.479	0.149
Weight (kg)	63.25±5.79	62.29±8.72	0.370	0.714
BMI(point)	22.43±2.18	23.08±2.57	0.781	0.441
MMSE-K	25.81±1.38	25.82±0.88	0.028	0.978
Gender (male/female)	10/6	10/7	0.829	0.047

Note. BMI=body mass index; MMSE-K=mini mental state examination-Korean. Values are expressed as mean ± standard deviation.

**Table 2.** The changes of balance ability

(N=33)

		Experimental group (n = 16)	Control group (n = 17)	t	p
OLST (sec)	Pre	27.66±4.76	27.79±7.18	0.060	0.953
	Post	35.94±6.21	28.70±8.25		
	Pre-Post	8.28±2.21	0.91±4.83	5.578	0.000
	t	15.019	0.781		
	p	0.000	0.447		
BBS (point)	Pre	46.44±4.29	44.71±4.79	1.091	0.284
	Post	48.25±3.64	44.76±4.71		
	Pre-Post	1.81±1.52	0.06±0.90	4.073	0.000
	t	4.785	0.270		
	p	0.000	0.791		
FRT (cm)	Pre	23.46±4.77	25.47±2.95	1.467	0.152
	Post	26.46±3.61	24.76±2.52		
	Pre-Post	3.01±4.55	-0.71±4.05	2.484	0.019
	t	2.647	0.723		
	p	0.018	0.481		
TUGT (sec)	Pre	12.03±4.18	12.61±4.67	0.375	0.710
	Post	10.50±4.14	12.52±5.14		
	Pre-Post	-1.52±1.13	-0.09±0.95	3.956	0.000
	t	5.407	0.403		
	p	0.000	0.693		

Note. OLST=one leg standing test; BBS=Berg balance scale; FRT=functional reach test; TUGT=timed up and go test. Values are expressed as mean ± standard deviation (SD).

## 연구 결과

### 연구 대상자의 일반적 특성

실험군과 대조군에서는 사전 검사에서 두 군 간의 모든 데이터에서 통계적으로 유의한 차이가 없어 동질함이 나타났다. 사후 검사에 두 그룹 모두 참가하였으며, 실험군에서는 1명이 탈락하였고 대조군은 중도탈락 없이 통계분석을 수행하였다(Table 1).

### 비디오게임기반 가정 운동프로그램 여부에 따른 균형 능력의 변화

본 연구에서 비디오게임기반 가정 운동프로그램 여부에 따른 노인들의 균형에 대한 결과는 Table 2와 같다. 실험군에서 중재 후 한 다리 서기 검사, 버그 균형 검사, 일어나 걸어가기 검사, 기능적 팔뚝기 검사에서 통계적으로 유의하게 증가하였으나( $p < 0.05$ ), 대조군에서는 실험 전후의 차이가 유의하지 않았다. 실험 방법에 따른 그룹간의 차이는 실험군이 유의한 증가를 나타냈다( $p < 0.05$ ).

### 비디오게임기반 가정 운동프로그램 여부에 따른 근력의 변화

본 연구에서 비디오게임기반 가정 운동프로그램 여부에 따른 노인들의 근력에 대한 결과는 Table 3과 같다. 실험군에서 중재 후 5회 앉고 일어서기 검사에서 통계적으로 유의하게 증가하였으나( $p < 0.05$ ), 대조군에서는 실험 전후의 차이가 유의하지 않았다. 실험 방법에 따른 그룹간의 차이는 실험군이 유의한 증가를 나타냈다( $p < 0.05$ ).

## 고찰

본 연구는 COVID-19로 인한 신체활동이 감소한 현

시기에 특히 노인들의 신체적 퇴행을 예방하기 위한 노력이 중요하다. 본 연구의 목적은 6주간의 비디오게임기반 가정 운동프로그램을 시행하여 노인들의 균형과 근력 향상에 긍정적인 영향을 미치는지 확인하는 것이었다. 본 연구 결과 비디오게임기반 가정 운동프로그램이 노인의 균형과 근력을 개선시켜 안정하고 효과적인 운동 방법임을 입증하였다.

본 연구에서는 실험군에서는 위해 한 다리 서기 검사, 버그 균형 검사, 일어나 걸어가기 검사, 기능적 팔뚝기 검사의 유의한 향상으로 균형능력을 개선시킨 것으로 나타났다. 균형을 측정하는 표준화된 검사인 한 다리 서기 검사의 경우[21], 본 연구 결과 실험군에서 29.9% 향상되어 균형능력이 개선된 것으로 나타났다. 비디오게임기반 가정 운동프로그램 중 한발로 서기와 양 발의 체중 이동이 반복해야하는 동작들이 균형을 개선시키는데 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

버그 균형 검사는 일상생활의 움직임에 필요한 과제로 구성되어 균형능력을 평가하고 낙상을 예견하는 평가도구로 활용되어왔다[24, 26]. 본 연구의 버그 균형 검사는 실험군에서 46.44점에서 48.25점으로 3.9%의 유의한 향상이 나타났다. 이는 노인을 대상으로 비디오게임기반의 가정 운동훈련을 실시한 후 버그 균형 검사 점수가 43.3점에서 45.3점으로 유의한 향상을 보인 선행연구와 일치한다[27]. Katajapuu와 Luimulad 연구에서도[28] 게임기반의 운동훈련을 실시한 후 버그 균형 검사가 유의하게 향상되었음을 보고하여서 본 연구의 비디오게임기반 가정 운동프로그램이 균형 증진에 효과적임을 알 수 있다.

기능적 팔뚝기 검사는 선 자세에서 고정된 지지 기반을 유지하면서 앞으로 도달할 수 있는 최대 거리를 평가하는 단일 과제 균형 검사이다[29]. 본 연구 결과 실험군에서 12.8% 개선되어 균형능력의 향상을 확인하였으며, 비디오게임기반 운동은 균형능력의 향상에 효과적이라는 선행연구의 결과와 일치하였다[30, 31]. 본 연

**Table 3.** The changes of muscle strength

(N=33)

	Experimental group (n=16)	Control group (n=17)	t	p	
FTSTS (sec)	Pre	16.52±4.97	15.56±4.31	0.594	0.557
	Post	13.37±3.99	15.77±4.35		
	Pre-Post	-3.15±2.45	0.20±2.30	4.056	0.000
	t	5.149	0.365		
	p	0.000	0.720		

Note. FTSTS=five times sit to stand.

Values are expressed as mean ± standard deviation (SD).

구에서의 비디오게임기반 가정 운동프로그램은 자세 조절을 필요로 하고 다양한 방향으로의 체중 이동을 요구하여 균형 능력 향상에 기여한 것으로 생각된다. 또한 시각적 피드백을 제공하기 때문에 보다 효율적이고 올바른 움직임을 할 수 있도록 한 것이 자세조절에 중요한 요소로 작용한 것으로 보인다[32-34].

일어나 걸어가기 검사는 민첩성, 하지 근력, 균형 능력 및 보행 속도와 같은 여러 요소가 포함된다. 일어나 걸어가기 검사는 앉은 자세에서 일어서기, 걷기, 방향 전환 등 일상에서 흔히 볼 수 있는 동작으로 구성되었기 때문에 균형 뿐 아니라 이동성에 예측 인자를 제공한다[35]. 본 연구에서 일어나 걸어가기 검사는 실험군에서만 12.7% 향상되었다. 비디오게임기반 가정 운동프로그램이 노인들을 흥미를 유도하여 신체 활동에 참여하고 자세 제어를 유지함으로써 기능적 활동 수행을 증가시키는 데 도움이 되었기 때문이라 생각된다. 운동에 대한 동기와 관심이 균형 조절에 대한 인식으로 이어졌다는 선행 연구의 결과와 일치한다[30].

60세가 되면 낙상 횟수가 35~40% 증가하는데, 주로 근력과 균형감각 저하로 인해 발생하게 된다 [36, 37]. 또한 신체 활동 부족이 하지 약화 및 균형 장애를 초래할 수 있으며, 이는 노인의 낙상을 예측하는 중요한 요인으로 밝혀졌다[38]. 본 연구에서는 5회 앉고 일어서기 검사로 하지의 근력 평가를 하였으며, 실험군에서 하지 근력이 19.1% 향상되었다. Maillotet 등[39]은 12주 동안 비디오기반의 운동훈련을 노인에게 시행하여 30초간의 앉고 일어서기 횟수가 21% 향상되었으며, Orsega-Smith 등[40]은 4주간의 비디오기반의 운동 훈련을 과체중 노인에게 시행하여 30초 동안의 앉고 일어서기 검사 결과 16% 향상되었음을 보고하였다. 선행 연구에서 비디오기반의 운동프로그램으로 골격근의 개선을 촉진한다는 사실이 확인되어[39-41], 본 연구의 결과를 뒷받침해준다.

본 연구에서는 비디오게임기반 가정 운동프로그램이 균형과 근력을 개선한 결과를 보여주었다. 따라서 비디오게임기반 운동프로그램이 가정 원격 재활의 방법으로 노인들의 재활에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## 결론

비디오게임기반 가정 운동프로그램은 노인의 균형과 근력 향상에 유용한 재활 프로그램인 것으로 확인되었다. 비디오게임기반 운동프로그램이 노인들을 위한 가정 원격 재활의 방법으로 운동 동기를 높이고, 안전하고 효과적인 훈련 중재가 될 수 있음을 제안한다.

## Acknowledgement

이 논문은 2022년도 경동대학교 교비연구비로 연구되었다.

## 참고문헌

1. Zunzunegui MV, Béland F. Políticas intersectoriales para abordar el reto del envejecimiento activo. Informe SESPAS 2010. Gaceta Sanitaria. 2010;24:68-73.
2. Menéndez C, Brochier Kist R. Physical activity and motor skills in the elderly: Their contributions to active, healthy and satisfactory aging. *Textos Contextos (Porto Alegre)*. 2011;10:179-92.
3. Chase JD, Phillips LJ, Brown M. Physical Activity Intervention Effects on Physical Function Among Community-Dwelling Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Aging Phys Act*. 2017;25:149-70.
4. Bherer L, Erickson KI, Liu-Ambrose T. A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *J Aging Res*. 2013;2013:657508.
5. Mi Y, Liang L, Xu K, Li Q, Wang W, Dang W, et al. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 virus-like particles induce dendritic cell maturation and modulate T cell immunity. *Front Cell Infect Microbiol*. 2022;12:986350.
6. Rippon D, Hand A, Dismore L, Caiazza R. The Impact of the COVID-19 Pandemic on Informal Caregivers of People With Parkinson's Disease Residing in the UK: A Qualitative Study. *J Geriatr Psychiatry Neurol*. 2022;8919887221135555.
7. Mutz M, Gerke M. Sport and exercise in times of self-quarantine: How Germans changed their behaviour at the beginning of the Covid-19 pandemic. *International Review for the Sociology of Sport*. 2021;56:305-16.
8. Prem K, Liu Y, Russell TW, Kucharski AJ, Eggo RM, Davies N, et al. The effect of control strategies to reduce social mixing on outcomes of the COVID-19 epidemic in Wuhan, China: a modelling study. *Lancet Public Health*. 2020;5:e261-e70.
9. Wong AY, Ling SK, Louie LH, Law GY, So RC,

- Lee DC, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on sports and exercise. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol.* 2020;22:39-44.
10. Rodriguez MA, Crespo I, Olmedillas H. Exercising in times of COVID-19: what do experts recommend doing within four walls? *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2020;73:527-9.
  11. Yang YC, Chou CL, Kao CL. Exercise, nutrition, and medication considerations in the light of the COVID pandemic, with specific focus on geriatric population: A literature review. *J Chin Med Assoc.* 2020;83:977-80.
  12. Peng W, Crouse JC, Lin J-H. Using active video games for physical activity promotion: a systematic review of the current state of research. *Health education & behavior.* 2013;40:171-92.
  13. Sato T, Shimizu K, Shiko Y, Kawasaki Y, Orita S, Inage K, et al. Effects of Nintendo Ring Fit Adventure Exergame on Pain and Psychological Factors in Patients with Chronic Low Back Pain. *Games Health J.* 2021;10:158-64.
  14. Mat Rosly M, Mat Rosly H, Davis OAM GM, Husain R, Hasnan N. Exergaming for individuals with neurological disability: a systematic review. *Disability and rehabilitation.* 2017;39:727-35.
  15. Lee Y, Choi W, Lee K, Song C, Lee S. Virtual Reality Training With Three-Dimensional Video Games Improves Postural Balance and Lower Extremity Strength in Community-Dwelling Older Adults. *J Aging Phys Act.* 2017;25:621-7.
  16. Lee K. Speed-Interactive Pedaling Training Using Smartphone Virtual Reality Application for Stroke Patients: Single-Blinded, Randomized Clinical Trial. *Brain Sci.* 2019;9.
  17. Navarro-Lozano F, Kiper P, Carmona-Perez C, Rutkowski S, Pinero-Pinto E, Luque-Moreno C. Effects of Non-Immersive Virtual Reality and Video Games on Walking Speed in Parkinson Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2022;11.
  18. Campo-Prieto P, Cancela JM, Rodríguez-Fuentes G. Immersive virtual reality as physical therapy in older adults: Present or future (systematic review). *Virtual Reality.* 2021;25:801-17.
  19. Zahedian-Nasab N, Jaber A, Shirazi F, Kavousipor S. Effect of virtual reality exercises on balance and fall in elderly people with fall risk: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr.* 2021;21:509.
  20. Saghaei M. Random allocation software for parallel group randomized trials. *BMC Med Res Methodol.* 2004;4:26.
  21. Milanović Z, Pantelić S, Trajković N, Sporiš G, Kostić R, James N. Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clin Interv Aging.* 2013;8:549-56.
  22. Resnick B, Jenkins LS. Testing the reliability and validity of the Self-Efficacy for Exercise scale. *Nurs Res.* 2000;49:154-9.
  23. Downs S, Marquez J, Chiarelli P. The Berg Balance Scale has high intra- and inter-rater reliability but absolute reliability varies across the scale: a systematic review. *J Physiother.* 2013;59:93-9.
  24. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI. The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med.* 1995;27:27-36.
  25. Ng SS, Hui-Chan CW. The timed up & go test: its reliability and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:1641-7.
  26. Persad CC, Cook S, Giordani B. Assessing falls in the elderly: should we use simple screening tests or a comprehensive fall risk evaluation? *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010;46:249-59.
  27. Tange H, van GENDEREN S, van der WEEGEN S, Moser A, Plasqui G. A pilot with Exergames in Elderly Homes. 23rd International Conference of the European Federation for Medical Informatics: User Centred Networked Health Care; 2012.
  28. Katajapuu N, Luimula M, Theng YL, Pham TP, Li J, Pyae A, et al., Benefits of exergame exercise on physical functioning of elderly people. 2017 8th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom); 2017.
  29. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol.* 1990;45:M192-7.
  30. Chow DH, Mann SK. Effect of cyber-golfing on balance amongst the elderly in Hong Kong: a pilot randomised trial. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy.* 2015;26:9-13.

31. Sato K, Kuroki K, Saiki S, Nagatomi R. Improving Walking, Muscle Strength, and Balance in the Elderly with an Exergame Using Kinect: A Randomized Controlled Trial. *Games Health J.* 2015;4:161-7.
32. van Diest M, Stegenga J, Wortche HJ, Postema K, Verkerke GJ, Lamoth CJ. Suitability of Kinect for measuring whole body movement patterns during exergaming. *J Biomech.* 2014;47:2925-32.
33. Decaestecker TN, Coopman EM, Van Peteghem CH, Van Bocxlaer JF. Suitability testing of commercial solid-phase extraction sorbents for sample clean-up in systematic toxicological analysis using liquid chromatography-(tandem) mass spectrometry. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci.* 2003;789:19-25.
34. Clark RA, Pua YH, Fortin K, Ritchie C, Webster KE, Denehy L, et al. Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. *Gait Posture.* 2012;36:372-7.
35. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther.* 2000;80:896-903.
36. Milanovic Z, Pantelic S, Trajkovic N, Sporis G, Kostic R, James N. Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clin Interv Aging.* 2013;8:549-56.
37. Quail GG. An approach to the assessment of falls in the elderly. *Aust Fam Physician.* 1994;23:873, 6-82.
38. Chu LW, Chi I, Chiu AY. Incidence and predictors of falls in the chinese elderly. *Ann Acad Med Singap.* 2005;34:60-72.
39. Maillot P, Perrot A, Hartley A. Effects of interactive physical-activity video-game training on physical and cognitive function in older adults. *Psychol Aging.* 2012;27:589-600.
40. Orsega-Smith E, Davis J, Slavish K, Gimbutas L. Wii Fit Balance Intervention in Community-Dwelling Older Adults. *Games Health J.* 2012;1:431-5.
41. Hruda KV, Hicks AL, McCartney N. Training for muscle power in older adults: effects on functional abilities. *Can J Appl Physiol.* 2003;28:178-89.