

가상현실 운동프로그램이 파킨슨병 환자의 균형, 보행 및 낙상 효능감에 미치는 영향

김용균, 강순희[†]

본라인의원 도수물리치료센터, ¹한국교통대학교 물리치료학과

The Effect of Virtual Reality-Based Exercise Program on Balance, Gait, and Falls Efficacy in Patients with Parkinson's Disease

Yong-Gyun Kim, PT, MS · Soon-Hee Kang, PT, PhD[†]

Manual Physical Therapy Center, Boneline Clinic

¹Department of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

Received: July 30, 2019 / Revised: August 8, 2019 / Accepted: October 2, 2019

© 2019 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to determine if virtual reality-based exercise was effective in balance, gait, and falls efficacy in patients with Parkinson's disease (PD).

METHODS: Thirty patients with PD were assigned randomly to the experimental (n=15) or control groups (n=15). The experimental group performed virtual reality-based exercise and the control group underwent conventional physical therapy for 30minutes, five times per week for four weeks. A force platform system, the Korean version of the Berg Balance Scale (K-BBS), the six-minute walking test (6MWT), and the Korean Version of the Falls Efficacy Scale

(K-FES) were used to evaluate balance, gait, and falls efficacy. Wilcoxon signed-rank test and Mann-Whitney U test were used to examine the within- and between-group differences after training, respectively.

RESULTS: Changes in the K-BBS score ($p<.001$) and fall efficacy ($p<.01$), following the intervention were significantly greater in the experimental group than in the control group whereas significant group difference were not observed for the anterior-posterior and mediolateral postural sway lengths. The change in the ground reaction force ($p<.001$) and 6MWT values ($p<.05$) were significantly greater after intervention in patients in the experimental group than in the control group, whereas a significant group difference was not observed for the step and stride lengths.

CONCLUSION: This study indicates that virtual reality-based exercise is an effective intervention for improving balance, gait, and fall efficacy in patients with PD.

Key Words: Gait, Parkinson disease, Postural balance, Virtual reality exposure therapy

*본 논문은 김용균(2016)의 석사 학위 논문의 요약본 임

†Corresponding Author : Soon-Hee Kang
shkang@ut.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0003-3832-3940>

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.

I. 서 론

파킨슨병은 바닥핵의 기능 부전으로 도파민이 부족하여 생기는 병증으로 알려져 있다[1]. 4대 징후로는 떨림, 경직, 운동 느림, 불량한 자세 반사로 이와 같은 징후 때문에 자세 불안정을 흔하게 호소한다. 파킨슨병은 자세반사의 손상과 안정성 한계(limits of stability)의 감소로 외부 동요에 대해 적당한 반응과 타이밍에 어려움을 유발한다. 그래서 선 자세에서 균형을 방해하는 동요가 발생했을 때 적당한 대응을 하기 위해 운동 전략(movement strategies)이 이용되는 동안 나타나는 발목 관절과 엉덩관절의 구부정한 자세로 인하여 움직임이 제한된다. 이로 인해 균형을 방해하는 외부 자극에 적당한 대응을 하지 못하고 균형 및 보행능력이 감소되고 낙상을 유발하는 경우가 많다[2]. 최종적으로는 환자의 삶의 질이 감소되고 부양가족의 부담도 증가되게 된다[3, 4]. 적절한 학습 환경에서 기능적 동작을 더 효과적으로 수행하기 위해서 재활과정에서 운동학습의 패러다임이 중요하고[5], 운동능력의 향상에 효과적이며[6] 긍정적인 재활을 위해서는 파킨슨병 환자들이 새로운 기술을 익히고 기능적 과제를 재학습 하는 것과 같은 전략이 필요하다[5].

2000년대에 컴퓨터가 발달되면서 가상현실(virtual reality)이 환자의 재활에 사용되기 시작했다[7]. 가상현실은 비디오 캡처 시스템(video capture system)을 통하여 화면에 자신의 모습이 구현되고 화면에 보이는 과제와 상호작용하여 문제를 해결하는 방법이다[8]. 이러한 방법은 재미와 흥미를 유발하게 되어 과제 수행에 동기 부여와 집중력이 높아지는 효과가 있다[9]. 또한 파킨슨병 환자에게 시각적 외부 자극은 강하고 빠른 반응을 만들어 낸다[10].

Assad 등[11]은 적절한 환경의 가상현실 운동프로그램 프로그램을 파킨슨병 환자에게 적용 시 재미와 흥미를 느낀다고 보고하였으며, Zettergren 등[12]은 파킨슨병 환자의 보행 속도, Timed Up and Go test(TUG) 점수와 Berg 균형 척도(Berg balance scale)점수 등에서 효과가 있음을 보고 하였다. Mendes 등[13]은 가상현실 운동과 인지훈련이 일상생활동작들을 향상시킨다고 하였으

며, Mhatre 등[14]은 가상현실 기반 균형판 게임을 파킨슨병 환자에게 적용하였을 때 보행과 균형능력에서 긍정적인 효과가 관찰되었음을 보고하였다. Herz 등[15]은 닌텐도 가상현실 기반 Wii 게임 시스템이 파킨슨병 환자의 운동 기능, 우울증 및 일상생활동작에 효과적이라고 하였다.

낙상 효능감(fall efficacy)은 특정 활동을 수행하는 동안 낙상하지 않을 자기 확신의 정도로 정의할 수 있고[16], 낙상 효능감이 낮을수록 낙상에 대한 두려움이 많음을 의미한다. Pua 등[17]은 낮은 낙상 효능감은 추후 보행기능의 악화를 강하게 예측할 수 있는 요인이라고 하였다. Franchignoni 등[18]은 파킨슨병 환자와 같은 신경계 손상 환자는 움직임과 기능과 관련된 능력이 손상되고 넘어짐에 대한 두려움이 증가한다고 보고하였다. 또한 Adkin 등[19]은 파킨슨병 환자들은 정상인에 비하여 파행보행과 감소된 균형 자신감을 보인다고 하였다. 따라서 파킨슨병 환자들의 낙상 효능감과 보행 기능과의 관련성을 고려할 때 파킨슨병 환자들의 낙상 효능감을 향상시키는 것이 재활목표 중의 하나가 되어야 할 것이다.

현재 파킨슨병 환자의 균형에 대한 가상현실 운동의 긍정적인 효과를 보여주는 연구들이 다수 보고되고 있으나 파킨슨병 환자의 다양한 보행 변수와 낙상 효능감에 대해 가상현실 운동의 효과를 확인하는 연구는 제한적이어서 보행과 낙상 효능감에 대한 가상현실 운동의 효과는 아직 분명하지 않다.

따라서 본 연구에서는 가상현실 운동프로그램이 파킨슨병 환자들의 균형, 보행 및 낙상효능감에 대해 어떤 영향을 미치는 지를 알아봄으로써 가상현실 운동이 파킨슨병 환자들의 신체 기능과 균형 자신감의 개선을 위한 물리치료 중재가 될 수 있는 지를 규명해보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 성남시 소재 A병원에서 연구대상자 모집 공고를 통하여 본 연구에 참여를 원하는 입원하거나

또는 외래로 물리치료를 받고 있는 파킨슨병 환자 50명 중에서 선정 기준에 부합되지 않은 20명을 제외하고, 30명을 선정하였다. 선정된 대상자 30명에게 숫자 1 또는 2가 쓰여진 메모지 중 한 장을 선택하는 방법으로 실험군과 대조군에 각각 15명씩 무작위 배정하였으며 대상자 선정기준은 다음과 같다. 파킨슨병 환자로 신경과 의사에 의해 진단받은 자, 파킨슨병 환자 중 Hoehn & Yahr 질병 단계 1에서 3인자, 보조도구의 사용 여부와 상관없이 독립적으로 6분 동안 보행이 가능한 자, 본 연구의 목적을 이해하고 지시하는 동작을 따라할 수 있는 자, 본 연구의 목적과 방법에 동의한 자였다.

제외기준은 정형외과 및 신경외과 수술경험이 있는 자, 간이정신상태검사(Mini-Mental State Examination)에서 24점 미만인 자, 심혈관계 질병을 지닌 자, 두통 또는 어지럼증을 호소하는 자였다. 본 연구는 국립 한 국교통대학교 생명윤리심의위원회의 승인을 받았다 (IRB No. KNUT IRB-5).

2. 연구 도구

1) 균형 평가

(1) 힘판 시스템

균형을 평가하기 위해 2개의 힘판(Force Platform) (Model OR6-7-200, USA)을 사용하였다. Force Platform System은 동력계(dynamometer)를 통하여 3개의 힘(force) 성분(F_x , F_y , F_z)과 3개의 모멘트(moment) 성분(M_x , M_y , M_z)을 측정할 수 있고 측정 변수는 압력 중심(Center of Pressure)의 이동거리, 즉 좌·우 및 전·후 자세동요 거리(cm)이다. 본 연구에서는 선 자세 균형은 눈을 뜬 상태에서 우세 발을 힘판 위에 올려놓고 한 발로 선 자세에서 좌·우 및 전·후 자세동요 거리의 값을 정규화하여 평가하였다.

(2) 한국판 버그 균형 척도

균형을 평가하기 위해 한국판 버그 균형 척도 [Korean version of Berg Balance Scale(K-BBS)]를 사용하였다. K-BBS는 기립 자세에서 앉은 자세에서 일어서기, 지지 없이 눈을 감고 서기, 바닥에서 물건을 집어

올리기 등 14개 과제가 포함된 균형 능력을 측정할 수 있는 도구이다[20]. 점수는 각 항목당 0-4점이며, 총 점수는 0-56점이다. BBS는 파킨슨병 환자의 균형을 측정 하는데 일관적이고 높은 신뢰도를 나타내고 있다[21].

2) 보행 평가

(1) 6분 보행검사

6분 보행 검사(6 Minute Walk Test, 6MWT)는 6분 동안 최대로 걸을 수 있는 거리를 측정하는 보행평가 방법으로 높은 검사-재검사 신뢰도를 나타내고 있다 (ICC=.95-.96)[22]. 넓은 실내 공간에서 등근 트랙을 그리고 1 m 간격으로 표시하였다. 측정자는 초시계에 6분을 설정한 다음 출발과 동시에 초시계를 눌러 시간을 측정하였고 환자가 트랙을 돈 횟수를 기록하였다. 6분이 지나 알람이 울리면 대상자는 그 자리에 정지하게 한 다음, 대상자가 트랙을 돈 횟수로 계산한 거리와 출발선 부터 테이프까지의 거리를 추가하여 기록하였다.

(2) Dartfish Software

Dartfish Software는 스위스에서 개발된 software로 동영상 상을 이용하여 동작을 분석 및 해석하여 대상자의 궤적을 추적할 수 있는 소프트웨어이다[23]. 모든 대상자는 운동화를 착용하지 않은 상

태에서 보폭 길이(step length)와 활보장(stride length)을 측정하기 위하여 무릎의 외측 상과(lateral epicondyle), 발목의 외과(lateral malleolus)와 다섯 번째 발가락의 중족지절관절(metatarsophalangeal joint)에 검은색 점으로 표시를 한 후[24], 약 15m의 보행로를 가장 편안하고 자연적인 형태로 걷게 한 다음, 보행로의 중간 지점인 5m 지점에서 대상자의 측면을 촬영하였다. dartfish 소프트웨어를 이용한 보행의 분석은 초기 접촉(initial contact)에서부터 다음 초기 접촉까지 전체 보행 주기를 나타내는 동영상 상을 측정값으로 분석하였고 보행을 3회 반복 실시한 후 평균값을 사용하였다.

3) 낙상 효능감 평가

(1) 한국판 낙상효능감 척도

낙상효능감은 Tinetti 등[16]이 개발한 낙상 효능감

척도(Falls Efficacy Scale)[16]를 한국어로 번역한 한국판 낙상 효능감 척도(Korean Version of Falls Efficacy Scale, K-FES)를 이용하여 평가하였다. 환자와 인터뷰를 통하여 일상생활과 관련된 10가지 행동을 수행하는 동안 나타나는 두려움을 1부터 10까지 숫자로 나타내며, 과제를 수행하는 동안 넘어지는 것에 전혀 자신감이 없어 두려움을 느끼면 1점, 매우 자신이 있음을 10점으로, 측정 점수 범위는 10점-100점이고, 점수가 낮을수록 낙상에 대하여 두려움을 많이 느끼는 의미를 가진다. 이 척도 문항의 내적 합치도는 Cronbach's $\alpha=0.92$ 였다[25].

3. 중재

1) 가상현실 운동프로그램

실험군은 가상현실 운동프로그램(Virtual Reality-Based Exercise Program)을 주 5회, 4주간, 1회당 30분씩 수행하였다. 가상현실 운동프로그램은 신경학적 질환으로 인한 활동장애와 기능적 제한이 있는 환자들의 기능을 향상시키기 위해 흥미를 일으키고 도전적인 가상환경을 구현할 수 있는 상호 재활 및 운동 시스템 [Interactive Rehabilitation and Exercise System (IREX, Jester Tek Inc., Canada)]이다. 이 시스템은 대상자가 직접 가상현실에 참여하고 가상환경과 상호 작용할 수 있게 고안되었고, 가상의 물체나 탐험 코스를 모니터에 보여주며, 모니터 앞에 배치된 비디오카메라가 대상자의 영상을 잡아서, 가상환경 위에 대상자의 영상을 겹쳐 가상의 영상을 만들어 실제로 존재하는 것처럼 나타내 준다. 소프트웨어는 환자의 신체를 인식하고 가상의 물체와 대상자의 신체일부가 접촉 여부를 계산하거나 운동학적인 측정을 하게 된다. 또한 가상현실 환경에서 이루어지는 게임은 대상자의 관절 위치와 동작 범위에 대한 측정결과를 제공하여 가상현실과 대상자 간 비교적 오차 없이 정확한 움직임을 할 수 있도록 해준다. 가상현실 운동프로그램은 이와 같은 방법으로 환자의 신체를 측정하고 위치정보를 분석하여 물리치료사가 환자에게 적합한 가상현실 프로그램과 난이도를 결정할 수 있도록 한다. 가상현실 기반 프로그램은 움직임 시 단일 관절에서 전체적인 몸의 기능까지 참여할 수

있는 흥미로운 양 방향 운동 프로그램이다. 대상자는 자신이 움직이는 동작을 통하여 움직임의 크기, 정확성, 균형 등의 수행과 관련된 피드백을 제공받는다. 다양한 가상현실을 통한 환경을 제공해주며 물체의 종류, 속도, 방향 등을 조절할 수 있어 환자에게 적합한 운동 유형을 선택할 수 있다.

본 연구에서는 하지의 안정성 및 이동성을 요구하는 4가지 과제 즉, 코코넛 받기, 컨베이어에서 상자 운반하기, 축구공 막기 및 스노우보드 등으로서 다방향으로 체중이동과 팔 뻗기를 요구하고, 과제 수행에 대한 정확한 시각적 및 청각적 피드백을 제공하며, 환자가 능동적으로 참여하고 흥미와 재미를 느낄 수 있는 과제들을 포함하였다. 각 과제는 관절 위치, 동작 속도 또는 범위 등 1~10 단계의 난이도가 있고, 각 과제에서 각 대상자의 수행 성공률이 90% 이상 되면 다음 상위 레벨로 변경시켜 진행하였다. 환자가 균형을 잃고 넘어지는 것을 방지하기 위하여 중재자의 관찰 하에 과제가 진행되었다. 실험군에게 연구자가 훈련기간 동안 가상현실 운동 외에 다른 운동을 규칙적으로 하지 않도록 지시하였다.

2) 일반적인 물리치료

대조군은 중추신경계 재활치료 코스 120시간 이상 이수한 물리치료사가 유연성, 자세조절, 균형 및 보행 훈련으로 구성된 일반적인 물리치료를 주 5회, 4주간, 1회당 30분씩 실시하였다. 유연성 훈련은 앞정강근, 장딴지근, 넙다리네갈래근, 뒤넙다리근, 엉덩관절모음근, 엉덩관절굽힘근, 배근육, 가슴근, 목 굽힘근을 1회당 30초, 2회 반복하여 총 9분 동안 스트레칭 하였다. 균형 훈련은 눈 뜬 조건과 눈 감은 조건에서 양발 및 한발 균형잡기 운동, 전·후 및 좌·우 몸통 흔들기를 30초간 2회, 총 6분 동안 시행하였다. 자세조절 훈련은 몸통 회전, 나무 봉을 사용한 운동, 교각자세운동(bridging exercise)을 10회, 5세트 총 8분 동안 시행하였다. 보행 훈련은 선 따라서 걷기, 걸을 때 방향 전환하기 등을 10회, 5세트 시행하였다. 실험군에게 연구자가 훈련기간 동안 일반적인 물리치료 외에 다른 운동을 규칙적으로 하지 않도록 지시하였다.

Table 1. General Characteristics of the Subjects

	Experimental Group (n=15)		Control Group (n=15)		χ^2/t	p
	Mean	SD	Mean	SD		
Sex (male/female) (n)	8/7		9/6		.136	.713
Age (year)	72.13 ± 7.70		76.00 ± 9.52		-1.222	.361
Height (cm)	163.70 ± 7.03		165.91 ± 9.32		-.734	.262
Weight (kg)	68.50 ± 7.87		65.00 ± 5.85		1.382	.148
H-Y scale	2.33 ± 0.44		2.36 ± .44		-.205	.891
K-MMSE	26.80 ± 0.94		26.93 ± 1.09		-.357	.605

H-Y scale=modified Hoehn and Yahr scale

K-MMSE=Korean version of Mini-mental state examination

5. 연구 절차

본 연구에서는 본 실험에 들어가기 전에 파킨슨병 환자의 균형 및 보행에 대한 가상현실 기반운동 효과를 검증한 예비연구의 결과에 대해 G-Power ver. 3.1을 이용하여 산출하였다. 두 군의 할당비율은 1:1, 알파수준(alpha level)은 .05, 검정력은 .95로 설정한 결과, 효과크기는 1.3927779로 확인되었다. 그 결과 총 sample size는 26명(실험군 13명, 대조군 13명)을 도출하였고, 연구 도중에 탈락될 경우를 고려하여 대상자 30명을 선정하였다. 선정된 대상자 30명을 실험군과 대조군에 각 15명씩 무작위 배정한 후 두 집단에게 동일한 측정도구로 동일한 측정자에 의해서 균형, 보행 및 낙상효능감의 제 변수에 대한 사전검사와 사후검사를 실시하였다. 실험군은 가상현실 운동, 대조군은 일반적인 물리치료를 4주간 수행하였다. 대상자들은 병원 내에서 공개 모집을 통해 동원되었고, 연구자로부터 치료내용과 방법에 대해 설명을 들은 다음, 모든 절차에 동의하였다.

6. 자료 처리

본 연구에서는 Shapiro-Wilk 검정을 통하여 모든 종속변수의 데이터에서 정규분포를 가정할 수 없음이 확인되어 비모수 검정을 선택하였고, 수집된 모든 자료는 PASW(Power of Advanced Statistical Analysis) Statistics 18.0을 이용하여 분석하였으며 통계학적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다. 연구 대상자들의 일반적 특성은 기술통계를 사용하여 평균과 표준편차를 구하였고, 실

험군과 대조군의 일반적 특성의 동질성을 검정하기 위하여 χ^2 test 또는 independent t-test를 사용하였다. 실험군과 대조군의 각 집단 내 모든 종속변수의 훈련 전·후 차이를 알아보기 위해 Wilcoxon signed-rank test를 사용하였고, 실험군과 대조군 간 모든 종속변수의 동질성을 검정하고 훈련 전·후 변화량 차이를 알아보기 위해 Mann-Whitney U test를 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 대상자의 일반적 특성

실험군과 대조군의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 실험군과 대조군의 성별 비율, 연령, 신장, 체중, 한국형 간이정신상태검사(MMSE-K) 점수, 및 modified Hoehn and Yahr scale 단계 점수 등 모든 변수에서 집단 간 유의한 차이가 없었기에($p > .05$) 두 집단간 일반적 특성에 대한 사전 동질성이 확인되었다.

2. 균형의 변화

실험군과 대조군의 훈련 전·후 균형의 변화는 Table 2과 같다. 실험군과 대조군 간 훈련 전 균형의 제 변수에 대한 Mann-Whitney U 검정으로 분석한 결과, 모든 변수에서 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 따라서 두집단간 균형능력의 사전동질성이 확인되었다.

K-BBS 점수에서 실험군 및 대조군은 훈련 전보다 훈련 후에 유의하게 증가하였다($p < .01$). 실험군이 대조

Table 2. Comparison of the Balance Variables Within the Group and Between Groups

Variable	Experimental Group (n=15)		Control Group (n=15)		z	p
	Mean	± SD	Mean	± SD		
K-BBS (scores)	Pre	44.13 ± 4.73	43.33 ± 6.13	-2.70	.787	
	Post	48.80 ± 4.80	45.06 ± 5.91	-1.580	.114	
	Change	4.66 ± 2.49	1.73 ± 1.06	-3.561	.000	
	z	-3.420	-3.349			
	p	.001	.001			
AP Sway Length (cm)	Pre	6.06 ± 1.48	5.92 ± 1.18	-2.92	.770	
	Post	4.69 ± 1.40	4.93 ± 1.51	-3.457	.780	
	Change	-1.37 ± 0.72	-0.99 ± 0.82	-2.012	.787	
	z	-3.408	-3.408			
	p	.001	.001			
ML Sway Length (cm)	Pre	3.53 ± 1.37	3.67 ± 1.46	-3.73	.867	
	Post	1.98 ± 1.06	1.98 ± 0.72	-8.16	.415	
	Change	-1.54 ± 1.17	-1.69 ± 1.33	-1.390	.983	
	z	-3.010	-3.294			
	p	.003	.001			

K-BBS=Korean Version Berg Balance Scale,

AP=Anteroposterior, ML=Mediolateral

군 보다 훈련 전·후 K-BBS 점수의 변화량이 유의하게 더 컸다($p<.001$).

전·후 자세동요 거리에서 실험군 및 대조군은 훈련 전보다 훈련 후에 유의하게 감소하였다($p<.01$). 집단 간 전·후 자세동요 거리의 변화량은 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

좌·우 자세동요 거리에서 실험군 및 대조군은 훈련 전보다 훈련 후에 유의하게 감소하였으나($p<.01$), 집단 간 좌·우 자세동요 거리의 변화량은 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

3. 보행의 변화

실험군과 대조군의 훈련 전·후 보행의 변화는 Table 3과 같다. 실험군과 대조군 간 훈련 전 보행의 제 변수에 대한 Mann-Whitney U 검정으로 분석한 결과, 모든 변수에서 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 따라서 두 집단 간 보행능력의 사전동질성이 확인되었다.

지면반발력에서 실험군 및 대조군은 훈련 전보다

훈련 후에 유의하게 증가하였다($p<.01$). 훈련 전·후 지면 반발력의 변화량에서 실험군이 대조군 보다 유의하게 더 컸다($p<.001$).

6분 보행 거리에서 실험군 및 대조군은 훈련 전보다 훈련 후에 유의하게 증가하였다($p<.01$). 실험군이 대조군보다 훈련 전·후 6분 보행 거리의 변화량이 더 컸다($p<.05$).

보폭에서 실험군 및 대조군은 훈련 전보다 훈련 후에 유의하게 증가하였으나($p<.01$), 집단 간 훈련 전·후 보폭의 변화량은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

활보장에서 실험군 및 대조군은 훈련 전보다 훈련 후에 유의하게 증가하였으나($p<.01$), 집단 간 훈련 전·후 활보장의 변화량은 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

4. 낙상 효능감의 변화

실험군과 대조군의 훈련 전·후 낙상 효능감의 변화

Table 3. Comparison of the Gait Variables Within the Group and Between the Groups

Variable	Experimental Group (n=15)		Control Group (n=15)		z	p
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD		
GRF (N)	Pre	414.23 ± 81.94	437.55 ± 91.07		-.726	.468
	Post	448.74 ± 74.41	445.88 ± 91.63		-.062	.950
	Change	34.50 ± 25.50	8.33 ± 4.33		-4.417	.000
	z	-3.408	-3.408			
	p	.001	.001			
6 MWT (m)	Pre	162.60 ± 27.90	167.20 ± 27.20		-.748	.455
	Post	185.80 ± 26.09	182.66 ± 23.03		-.249	.803
	Change	23.20 ± 9.92	15.46 ± 14.84		-2.473	.013
	z	-3.411	-3.409			
	p	.001	.001			
Step Length (mm)	Pre	415.04 ± 46.55	423.72 ± 54.75		-.726	.468
	Post	457.28 ± 48.83	462.50 ± 56.84		-.394	.694
	Change	42.23 ± 20.77	38.77 ± 17.35		-.394	.694
	z	-3.408	-3.408			
	p	.001	.001			
Stride Length (mm)	Pre	838.91 ± 92.66	853.45 ± 111.45		-.270	.787
	Post	930.83 ± 95.45	927.74 ± 114.46		-.021	.983
	Change	91.91 ± 43.23	74.29 ± 37.58		-1.058	.290
	z	-3.408	-3.408			
	p	.001	.001			

GRF=Ground Reaction Force, N= Newton, 6MWT=6Minute Walking Test

는 Table 4와 같다. 실험군과 대조군 간 훈련 전 낙상효능감의 제 변수에 대한 Mann-Whitney U 검정으로 분석한 결과, 모든 변수에서 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 따라서 두집단간 낙상효능감의 사전동질성이 확인되었다.

낙상 효능감에서 실험군 및 대조군은 훈련 전보다 훈련 후에 유의하게 증가하였고($p<.01$), 실험군이 대조군보다 훈련 전·후 낙상 효능감 점수의 변화량이 더 컸다($p<.01$).

IV. 고 찰

본 연구에서는 파킨슨병 환자에 대한 4주간의 가상

현실 운동프로그램이 균형, 보행능력, 및 낙상효능감에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보고자 하였다.

본 연구에서는 파킨슨병 환자들의 정적 균형과 동적 균형은 K-BBS를 이용하여 측정하였다. 연구 결과 K-BBS점수는 훈련 전에 비하여 훈련 후에 실험군과 대조군 모두에서 유의하게 증가하였으며 대조군에 비하여 실험군의 K-BBS 점수가 유의하게 더 크게 증가하였다. 이러한 결과는 가상현실 운동프로그램이 각 과제별 연구대상자의 수행에 따라 관절위치, 동작 속도 또는 범위 등 난이도를 점진적으로 증가시키는 체계적인 단계별 운동프로그램으로서 4가지 과제(코코넛 받기, 상자 운반하기, 스노우보드 타기 및 축구공 막기)로 구성되었기에 게임과 유사하고 체계적으로 난이도를

Table 4. Comparison of Falls Efficacy Within the Group and Between the Groups

Variable	Experimental Group (n=15)	Control Group (n=15)	z	p	
	Mean ±SD	Mean ± SD			
FES (scores)	Pre	75.53 ± 6.27	73.86 ± 4.47	-0.876	.381
	Post	81.40 ± 5.47	78.00 ± 3.55	-1.860	.063
	Change	5.86 ± 2.33	4.13 ± 2.41	-1.969	.049
	z	-3.415	-3.306		
	p	.001	.001		

증가시키는 과제의 특성으로 인하여 일반적인 물리치료보다는 대상자들의 흥미와 동기를 유발시킴으로써 정적 및 동적 균형을 향상시키는 데 더 효과적인 훈련이 되었을 것이다[9,11]. 또한 가상현실기반 훈련이 실제 훈련과 같은 중추신경계의 변화를 유도하며 고유수용성 감각이 향상되고 뿐만 아니라 대뇌와 소뇌가 활성화되었기 때문이라고 생각된다[26]. MDC(minimal Detectable Change)는 측정의 변화로 일어나지 않은 최소한의 변화량이다[19]. 본 연구에서 가상현실 운동을 수행한 대상자들의 K-BBS 점수 변화량은 4.66점으로 파킨슨병 환자의 MDC 값인 5점[22]에는 못 미쳤다.

본 연구결과와 유사하게 김용균과 강순희의 예비연구[27]에서 파킨슨병 환자들의 균형, 보행 및 낙상효능감에 대한 가상현실기반 운동의 효과를 알아보기 위하여 실험군에는 가상현실기반운동, 대조군에는 일반적인 물리치료를 각각 4주간, 주당 5회, 회기당 30분을 적용한 결과, 중재 전 보다 중재 후에 K-BBS 점수에서 실험군은 유의한 증가($p < .05$)를 보인 반면에 대조군은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. K-BBS 점수의 변화량은 실험군이 대조군보다 유의하게 큰 것으로 나타났다($p < .01$). Lee 등[28]의 연구에서도 실험군과 대조군의 파킨슨병 환자들에게 신경발달치료 30분, 기능적 전기자극 15분을 6주간 주당 5회 적용하였고, 실험군에게만 추가적으로 Wii (Nintendo Inc., 일본) 비디오 게임 시스템을 하는 동안, 30분 가상현실 댄스 운동을 적용하였다. 연구 결과, BBS 점수는 훈련 전보다 훈련 후에 실험군은 유의하게 증가되었으나 대조군은 유의한 차이가 없었고, BBS 점수의 변화량은 집단 간 유의한 차이가 있었다. Mhatre 등[14]도 파킨슨병 환자 10명을

대상으로 8주간, 주당 3회, 회기당 30분을 Wii 균형보드 게임을 수행하도록 한 후, BBS로 균형을 측정된 결과, BBS 점수가 3.3점 증가하였다고 보고하였다. Zettergren 등[12]의 사례연구에서도 파킨슨병을 가진 69세 남성 노인을 대상으로 닌텐도 위 피트게임 시스템(Nintendo Wii fit gaming system)을 사용하여 8주간, 주당 2회, 회기당 60분 훈련을 적용한 결과, BBS 점수가 31점에서 42점으로 35% 증가하는 것으로 나타났다. 또한 Park과 Kang [29]은 척수손상환자들에게 시각적 피드백을 동반한 가상현실 운동을 적용하였을 때 균형 능력이 유의하게 향상되었음을 보고 하였다.

본 연구에서 정적 균형을 평가하는 요소 중 자세동요 거리는 힘판을 이용하여 측정하였고, 전·후 및 좌·우 자세동요 거리는 실험군과 대조군 모두 중재 전에 비하여 중재 후에 유의하게 감소하였다. 하지만 전·후 및 좌·우 자세동요 거리의 변화량은 집단 간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 가상현실 운동프로그램이 다양한 방향으로 팔 뻗기와 체중이동을 요구하는 동적 균형과제와 이동성 과제로 구성되었기에 정적 균형을 평가하는 자세동요 거리 측정에서는 집단 간 유의한 차이가 없었던 반면에, 정적 균형과제 뿐만 아니라 동적 균형과제들을 포함한 기능적 활동에서의 균형을 측정된 K-BBS 값에서 실험군이 대조군보다 더 큰 향상이 있었을 것이다. 따라서 가상현실 운동프로그램이 일반적인 물리치료보다 동적 균형을 향상시키는데 더 효과적이라고 해석할 수 있다.

이런 결과와 유사하게 김용균과 강순희의 예비연구[27]에서도 중재 전보다 중재 후에 실험군(가상현실기반 운동군)과 대조군(일반적 물리치료군) 모두 파킨슨병환

자들의 전·후 및 좌·우 자세동요 거리가 유의하게 감소되었으나 전·후 및 좌·우 자세동요 거리의 변화량에서 집단간 유의한 차이는 없었다. Mhatre 등[14]은 파킨슨병 환자들이 Wii 균형보드 게임을 8주간 수행한 후, 자세동요가 유의하게 감소하였다고 보고하였다.

본 연구에서 지면반발력은 실험군과 대조군 모두 중재 전에 비해 중재 후에 유의하게 증가하였으며, 실험군이 대조군 보다 유의하게 더 크게 증가하였다. 보폭(step length)과 활보장 거리(stride length)는 중재 전에 비하여 중재 후에 실험군과 대조군 모두에서 유의하게 증가하였으며 두 집단간 유의한 차이는 없었다. 이런 결과와 유사하게 선행연구[27]에서도 중재 전보다 중재 후 파킨슨병환자들의 보폭에서 가상현실기반 운동군과 일반적 물리치료군 모두 유의하게 증가하였으나, 보폭의 변화량은 두 집단간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 중재가 파킨슨병 환자의 보행 개선에 효과가 있음을 의미한다. 본 연구결과에서 실험군과 대조군 모두 지면반발력과 보폭, 활보장 거리의 증가는 건강한 성인 남녀의 지면반발력의 크기가 클수록 보행 속도가 빠르고 보폭이 커진다고 보고한 Keller 등[30]의 연구결과와 관련성이 있는 것으로 보인다.

6분 보행 검사(6MWT)는 6분 간 걸은 총 거리를 측정하는 것으로 비교적 쉽고 간단하게 보행능력을 평가할 수 있는 높이 신뢰할 수 있는 척도로 알려져 있다. 본 연구에서 6분 보행 거리는 중재 전 보다 중재 후에 실험군은 12%, 대조군은 8.68% 증가하여 유의하게 보행능력이 증진되었고, 실험군이 대조군에 비하여 유의하게 더 크게 증가하였다. 이런 결과는 가상현실 운동프로그램이 하지의 안정성 및 이동성을 요구하는 과제들로 구성되었고, 실험군은 각 대상자들의 과제 수행수준에 맞추어 동작 속도와 범위를 증가시키는 등 운동부하를 점진적으로 증가시키는 30분간의 운동프로그램을 수행함으로써 동적 균형 뿐만 아니라 유산소성 능력과 지구력도 향상되었을 것이고, 실험군은 유산소성 능력과 상관관계가 있는 6MWT 수행[31]에서 대조군보다 더 향상되었을 것으로 사료된다. 따라서 가상현실기반 운동은 일반적인 물리치료보다 파킨슨병 환자의 보행을 향상시키는 데 더 효과적이라고 볼 수 있다. 이런 결과와 유사하게

김용균과 강순희의 예비연구에서도 실험군($p<.05$)과 대조군($p<.05$) 모두 4주 중재 후 중재 전 보다 파킨슨병환자의 6분 보행거리가 유의하게 증가하였고, 실험군이 대조군보다 더 유의하게 변화량이 더 컸다($p<.05$). 본 연구에서 가상현실 운동을 수행한 파킨슨병 환자들의 6분 보행거리의 변화량은 23.2 m로 파킨슨병 환자의 MDC (minimal Detectable Change) 값인 82 m[22]에는 못 미쳤다.

본 연구결과와 유사하게 노인을 대상으로 가상현실 운동프로그램을 적용한 연구[32]에서도 6분 보행거리가 초기 444.94m에서 중재 후 496.96 m로 유의하게 증가하였다고 보고되었다. Mhatre 등[14]도 파킨슨병 환자들이 8주간의 Wii 균형보드 게임을 수행한 후, 동적 보행지수(Dynamic Gait Index) 점수가 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

본 연구에서 낙상효능감(FES) 점수(최고 점수 100 점)가 중재 전 실험군 75.53±6.27점, 대조군 73.86±4.47점으로 파킨슨병 환자들이 어느 정도 낙상에 대한 두려움을 갖고 있음을 확인할 수 있었다. 이들의 낙상에 대한 두려움은 보행의 어려움, 기능적 균형 수행능력, 일상생활동작 의존성 및 피로 등과 관련이 있다[33].

낙상효능감 점수는 실험군과 대조군 모두 중재 전보다 중재 후에 유의하게 증가하였다. 이는 중재 전에 비하여 중재 후에 낙상에 대한 두려움이 감소하였음을 의미한다. 실험군의 낙상효능감 점수의 변화량은 대조군의 낙상효능감 점수의 변화량에 비해 유의하게 더 큰 것으로 나타나 가상현실 운동프로그램이 일반적인 물리치료보다 낙상효능감에 더 좋은 효과가 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과가 나타난 이유는 가상현실 운동프로그램을 수행한 결과로 균형 및 보행 능력이 증가하였기 때문에 낙상에 대한 두려움이 감소되었을 것으로 생각된다[33]. 이런 결과와 유사하게 김용균과 강순희의 예비연구[27]에서도 실험군($p<.05$)과 대조군($p<.05$) 모두 4주 중재 후 중재 전 보다 파킨슨병환자의 낙상효능감에서 유의하게 향상되었고, 실험군이 대조군보다 더 유의하게 낙상효능감 점수의 변화량이 더 큰 것으로 나타났다($p<.05$). 이런 결과와는 다르게, Mhatre 등[14]은 파킨슨병 환자들이 Wii 균형보드 게임을 8주간 수행한 후, 활동 특이적 균형 자신감 척도(ABC scale) 점수가 유의한 차이

가 없었다고 보고하였다. 본 연구결과와 Mhatre 등의 연구결과에 차이가 있는 것은 훈련 과제의 요소와 평가 척도 등의 차이로 인한 것일 것이다.

이와 같은 결과들을 종합해 볼 때, 가상현실 운동프로그램은 균형, 보행능력 및 낙상효능감을 향상시키는 데 효과적이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 독립보행이 가능한 환자들만을 대상으로 선정했고, 대상자들의 실험 환경 밖의 활동을 완전히 통제하지는 못했기에 이 연구결과를 일반화하는 데에는 제한이 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 4주간의 가상현실 운동프로그램이 파킨슨병 환자의 균형, 보행 및 낙상 효능감에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 결론적으로 가상현실 운동프로그램은 파킨슨병 환자의 균형, 보행 그리고 낙상효능감을 향상시키는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 가상현실 운동프로그램이 파킨슨병 환자의 신체 기능 및 균형 자신감을 향상시키는 중재 방법이 될 수 있음을 제안한다.

향후 연구에서는 장기간의 가상현실 운동프로그램을 적용함으로써 파킨슨병환자들의 균형과 보행뿐 아니라 그들의 일상생활활동 참여에 대한 그 중재 효과를 알아볼 필요가 있고 후속 평가를 통하여 그 효과의 지속성에 대한 평가가 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] Di Monte DA, McCormack A, Petzinger G, et al. Relationship among nigrostriatal denervation, Parkinsonism, and dyskinesias in the MPTP primate model. *Mov Disord.* 2000;15(3):459-66.
- [2] Benatru I, Vaugoyeau M, Azulay JP. Postural disorders in Parkinson's disease. *NeurophysiolClin.* 2008;38(6): 459-65.
- [3] Ray DE, Matchett SC, Baker K, et al. The effect of body mass index on patient outcomes in a medical ICU. *Chest.* 2005;127(6):2125-31.
- [4] Olanow CW, Stern MB, Sethi K. The scientific and clinical basis for the treatment of Parkinson disease. *Neurology.* 2009;72(21 Supplement 4):S1-S136.
- [5] Carr JH, Shepherd RB. A motor learning model for rehabilitation of the movement-disabled. *Key Issues in Neurological Physiotherapy.* Melksham: Redwood Press Ltd. 1990.
- [6] Nieuwboer A, Rochester L, Herman T, et al. Reliability of the new freezing of gait questionnaire: agreement between patients with Parkinson's disease and their carriers. *Gait posture.* 2009;30(4):459-63.
- [7] Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, et al. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: a randomized controlled trial. *Gait Posture.* 2008;28(2):201-6.
- [8] Weiss PL, Rand D, Katz N, et al. Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *J NeuroengRehabil.* 2004;1(1):12.
- [9] Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report. *J neurol physther.* 2007; 31(4):180-9.
- [10] Seiss E, Praamstra P. Time-course of masked response priming and inhibition in Parkinson's disease. *Neuropsychologia.* 2006;44(6):869-75.
- [11] Assad O, Hermann R, Lilla D, et al. Motion-based games for Parkinson's disease patients. In *Entertainment Computing-ICEC 2011* (pp. 47-58). Springer Berlin Heidelberg. 2011.
- [12] Zettergren K, Franca J, Antunes M, et al. The effects of Nintendo Wii Fit training on gait speed, balance, functional mobility and depression in one person with Parkinson's disease. *Med Health Sci J.* 2011;9:18-24.
- [13] Mendes FADS, Pompeu JE, Lobo AM, et al. Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease-effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled

- clinical study. *Physiother.* 2012;98(3):217-23.
- [14] Mhatre PV, Vilares I, Stibb SM, et al. Wii fit balance board playing improves balance and gait in Parkinson Disease. *PMR.* 2013;5(9):769-77.
- [15] Herz NB, Mehta SH, Sethi KD, et al. Nintendo Wii rehabilitation (“Wii-hab”) provides benefits in Parkinson's disease. *Parkinsonism RelatDisord.*2013;19(11):1039-42.
- [16] Tinetti ME, Richman D, Powell L. Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol.* 1990;45(6):239-43.
- [17] Pua, YH, Ong, PH, Clark, RA, et al. Falls efficacy, postural balance, and risk for falls in older adults with falls-related emergency department visits: prospective cohort study. *BMC Geriatrics.* 2017;17(291):1-7.
- [18] Franchignoni F, Martignoni E, Ferriero G, et al. Balance and fear of falling in Parkinson's disease. *Parkinsonism RelatDisord.* 2005;11(7):427-33.
- [19] Adkin AL, Frank JS, Jog MS. Fear of falling and postural control in Parkinson's disease. *MovDisord.* 2003;18(5): 496-502.
- [20] Silsupadol P, Shumway-Cook A, Lugade V, et al. Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial. *Arch phys med rehabil.* 2009;90(3):381-7.
- [21] Qutubuddin AA, Pegg PO, Cifu DX, et al. Validating the Berg Balance Scale for patients with Parkinson's disease: a key to rehabilitation evaluation. *Arch phys med rehabil.* 2005;86(4):789-92.
- [22] Steffen T, Seney M. On test-retest reliability and minimal detectable change on balance and ambulation test, the 36-Item Short-Form Health Survey, and the Unified Parkinson disease rating scale in people with Parkinsonism. *Phys Ther.* 2008;88(6):733-46.
- [23] Hayes HB, Chang YH, Hochman S. Stance-phase force on the opposite limb dictates swing-phase afferent presynaptic inhibition during locomotion. *J neurophysiol.* 2012;107(11):3168-80.
- [24] Hayes HB, Chang YH, Hochman S. An in vitro spinal cord-hindlimb preparation for studying behaviorally relevant rat locomotor function. *J neurophysiol.* 2009; 101(2):1114-22.
- [25] Kempen GI, Yardley L, van Haastregt JC, et al. The Short FES-I: a shortened version of the falls efficacy scale-international to assess fear of falling. *Age ageing.* 2008;37(1):45-50.
- [26] Hamel MF, Lajoie Y. Mental imagery. Effects on static balance and attentional demands of the elderly. *Ageing Clin Exp Res.* 2005;17(3):223-8.
- [27] Kim YG, Kang SH. Effects of Virtual reality-based exercise on balance, gait, and falls efficacy in patients with Parkinson's disease: a pilot study. *KSIM.* 2016; 4(2):1-11.
- [28] Lee, NY, Lee, DK and Song, HS. Effect of virtual reality dance exercise on the balance, activities of daily living, and depressive disorder status of Parkinson's disease patients. *JPTS.* 2015;27:145-7.
- [29] Park CS, Kang KY. Effect of visual biofeedback simulation training for balance in patients with incomplete spinal cord injury. *JKCA.* 2011;11(11):194-203.
- [30] Keller TS, Weisberger AM, Ray JL, et al. Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. *Clin Biomech.* 1996;11(5):253-9.
- [31] Zhang Q, Lu H, Pan S, et al. 6MWT Performance and its Correlations with VO2 and Handgrip Strength in Home-Dwelling Mid-Aged and Older Chinese. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(473):1-10.
- [32] Song CH, Shin WS, Lee KJ, et al. The effect of a virtual reality-based exercise program using a video game in the muscle strength, balance and gait abilities in the elderly. *J KGS.* 2009; 29(4):1261-75.
- [33] Lindholm B, Hagell P, Hansson O, et al. Factors associated with fear of falling in people with Parkinson's disease. *BMC Neurol.* 2014;14(19):14-9.