

Original Article

Open Access

가상현실 게임을 적용한 물리치료가 무릎 수술 후 환자의 통증, 기능 변화, 삶의 질, 동기부여에 미치는 영향

김흥길¹ · 정주현^{2†}

¹서면터존한방병원 물리치료실, ²동의대학교 물리치료학과

Effects of Physical Therapy Combined with Virtual Reality Games on Pain, Function, Quality of Life, And Engagement in Post-Knee-Surgery Patients

Hong-Gil Kim, P.T., M.S.¹ · Ju-Hyeon Jung, P.T., Ph.D.^{2†}

¹Department of Physical Therapy, Seomyeon the Zone Oriental Medicine Hospital

²Department of Physical Therapy, College of Nursing Healthcare Sciences and Human Ecology, Dong-Eui University

Received: November 9, 2022 / Revised: December 2, 2022 / Accepted: December 5, 2022

© 2023 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 investigate the effects of physical therapy combined with a virtual reality (VR) game on pain, quality of life (QOL), engagement, and knee function in post-knee-surgery patients.

Methods: Twenty-four patients who had undergone knee surgery four weeks or more before the study were recruited. Two withdrew from the study during the four-week experimental period, and a total of 22 patients were included in the final analysis. Routine physical therapy consisting of electrostimulation (10 min.) and therapeutic massage (10 min.) was the base intervention for all groups. The experimental group (n = 10) was additionally exposed to a VR game intervention, while the control group (n = 12) underwent an intervention involving similar motions as the experimental intervention but with no VR. The intervention for the experimental group used the game *Rig Fit Adventure* on Nintendo switch. Both groups underwent their respective interventions 3 times a week (35 min. per session) for 4 weeks. Pain was assessed using the numeric rating scale (NRS), and QOL was assessed using the EuroQol five-dimensional five-level questionnaire (EQ-5D-5L). Engagement was assessed using the Korea flow state scale (K-FSS). Finally, knee movement and function were assessed based on knee flexion and extension, range of motion (ROM), and Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC).

Results: After the four-week physical therapy, both groups showed significant reductions in pain (on the NRS), increased knee ROM (flexion), better WOMAC scores, and increased EQ-5D-5L scores ($p < 0.05$), with the experimental group showing significantly better improvements in EQ-5D-5L and K-FSS scores ($p < 0.05$).

Conclusion: The results of this study confirm that a VR-game-integrated intervention is effective for improving pain, QOL, engagement, and knee function in post-knee surgery patients and that VR-game-integrated interventions could be therapeutic alternatives for patients bedridden for prolonged periods with little motivation for rehabilitation.

Key Words: Post knee surgery patients, Virtual reality game, Physical therapy

†Corresponding Author : Ju-Hyeon Jung (hyuni610@naver.com)

I. 서론

최근 고령화로 인해 무릎의 퇴행성 질환이 전 세계적으로 증가하고 있다(Gademan et al., 2016; Sarzi-Puttini et al., 2005). 무릎의 퇴행성 질환은 다양한 원인이 있지만 비교적 흔하게 보이는 원인으로는 무릎의 인대와半月판 연골 손상, 건의 손상, 외상 등이 있다(Calmbach & Hutchens, 2003). 무릎의 퇴행성 질환은 통증으로 이동성과 독립성, 삶의 질, 심리적 불안 등 현대사회에서 많은 문제를 야기하고 있다(Klussmann et al., 2010).

대한민국에서 많은 환자들이 무릎의 퇴행성 질환으로 발생하는 통증과 기능을 회복하기 위해 외과적 수술을 시행하고 있다(Kim et al., 2021). 무릎 수술을 시행하면 수술의 회복과정에서 상당시간 무릎 관절에 통증과 부종 및 가동범위, 운동기능의 제한이 나타난다(Song et al., 2018). 이러한 이유로 많은 환자가 수술 후 재활에 대한 중요도를 높게 생각하고 있으며 효과적인 무릎 수술 후 재활은 수술 이후 일상생활 복귀에 많은 영향을 미친다(Bruun-Olsen et al., 2009). 이러한 이유로 치료사뿐만 아니라 대다수의 사람들이 수술이후 재활에 관심을 가지고 있다(Mitchell & Hurley, 2008).

최근에는 가상현실 기술을 이용한 모션 기반 게임을 재활의 중재 도구로 활용하는 연구가 많이 진행되며, 효과적인 재활을 적용할 수 있음이 확인되고 있다(Dockx et al., 2016; Laver et al., 2017; Ravi et al., 2017; Sandlund et al., 2012). 가상현실 게임 기반 재활의 장점은 시뮬레이션을 이용하여 대상자에게 실제 동작과 유사한 환경을 제공할 수 있으며 명확한 목표와 즉각적인 피드백을 제공하여 재활에 대한 효과적인 동기 부여를 제공하는 것이다(Kim et al., 2013; Weiss et al., 2004). 이러한 장점으로 가상현실 게임을 신경학적 손상에 대한 재활에서 적용하는 연구가 많이 시행되고 있다(Howard, 2017). 하지만 가상현실게임의 단점으로는 재활에 필요한 모션 캡처 도구와 시스템 개발에 많은 비용이 필요하다는 것이다(Su, 2016). 선행 연구들은 이러한 단점을 보완하기 위해 상대적으로 개발

비용이 저렴하고 간편한 모션 캡처 도구인 Nintendo Switch의 ring fit adventure 게임을 재활에 활용하고 재활의 효과와 효율성에 대한 주제로 연구들이 진행되어 왔다(Cuesta-Gómez et al., 2022; Kim et al., 2019; Song et al., 2018; Vieira et al., 2021). 하지만 외과적 수술 후 가상현실 게임을 적용한 연구는 거의 없었으며 임상에서 무릎의 외과적 수술 후 적용되는 물리치료와 가상현실을 적용한 물리치료 사이에 중재효과를 비교하는 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 무릎 수술 후 환자에게 가상현실 게임을 적용한 물리치료의 통증과 기능변화를 확인함으로써 가상현실 게임을 적용한 물리치료를 무릎 수술 후 환자의 재활에서 기존의 물리치료를 대체할 수 있는 중재인지를 확인하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 B시의 재활 병원 2곳에서 연구 참여에 동의한 무릎관절에 외과적 수술(인공관절 전치환술, 부분半月판 절제술, 십자인대 재건술) 후 재활을 시행하는 환자들로 24명이 참여하였다. 모든 대상자는 연구방법에 대한 교육을 듣고 자발적으로 동의서를 작성 후 연구에 참여하였다. 대상자 선정기준은 선행연구를 참고하여 수술 후 4주 이상 경과하고 독립적으로 서 있을 수 있는 경우, 정상적인 인지능력이 있는자를 대상으로 하였다(Lee et al., 2016). 그리고 같은 쪽에 무릎 이외의 외과적 수술을 경험한 자, 불안정한 건강상태(ex 심장질환 또는 폐질환), 임신 및 항 정신성 약물 복용자는 제외하였다. 선정기준에 충족하는 대상자는 일반적인 물리치료 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹으로 임의 표본 추출하여 시행하였다.

2. 실험절차

대상자들은 일반적인 물리치료를 적용한 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료를 적용한 그룹으로 각각 12명씩 임의표본 추출하였다. 모든 대상자에게는 무릎 통증 조절과 각도의 회복을 위해 전기 치료 10분과 기능적 마사지 10분을 공통적으로 적용하였다. 일반적 물리치료 그룹은 일반적인 운동 프로그램을 15분간 적용하였고 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹은 VR 게임을 적용한 운동 프로그램을 15분간 적용하여 두 그룹 모두 35분의 중재를 4주간 주 3회, 1일 1회 적용하였다. 4주간의 중재 효과는 그룹 내 비교와 그룹 간 비교를 위해 통증, 무릎 관절의 각도, 무릎의 기능적 변화(WOMAC), 삶의 질(EQ - 5D - 5L), 동기부여 척도(K-FSS)을 측정하였다. 본 연구에 사용된 평가는 중재 전과 4주간 중재 후 측정되었

으며 재활의 동기부여(K-FSS)의 평가는 선행연구의 절차를 참고하여 중재가 끝난 직후의 값을 통해 그룹 간 비교로 확인하였다(Lee et al., 2016). 측정 및 중재는 임상경력 6년 이상의 숙련된 물리치료사에 의해 시행되었다(Fig. 1).

3. 측정방법

1) 통증

대상자가 평소 느끼는 무릎 통증 정도를 통증 수치 평가척도(Numerical rating scale; NRS)를 사용하여 자기 기입 방식으로 측정하였다(van Middelkoop et al., 2018).

2) 관절 가동 범위

측각기 중앙에 축이 있는 측각계(Medizinscher gelenkmesser, Wecker, Luxembourg) (36 × 4.5 cm)를 이용하였으며 대상자는 바로 누운 자세에서 무릎에 통증이 나타나지 않는 최대 지점의 굴곡각도를 측정하였다. 무릎의 관절 가동 범위를 측정하기 위해 측각계의 축은 무릎의 가쪽위관절용기에 위치하며 고정팔은 넙다리뼈에, 운동팔은 정강이뼈에 위치시켜 측정하였다(Gianola et al., 2020).

3) 기능 변화

대상자의 무릎 관절 관련 신체 기능은 무릎 관절염 지수(Western Ontario and MacMaster Universities Arthritis index, WOMAC)를 이용하였다(Gianola et al., 2020). WOMAC은 대상자가 인지하고 있는 무릎의 상태와 신체적 기능을 주관적으로 측정 도구이며, 5점 리커트(Likert) 척도(0=없음, 1=약함, 2=보통, 3=심함, 4=매우 심함)를 사용하고 있다. WOMAC는 통증(5개 항목), 강직(2개 항목) 그리고 신체 기능(17개 항목) 3개 영역에서 증상에 대한 24개 항목의 질문들로 되어 있다(Roos & Toksvig-Larsen, 2003). WOMAC의 점수가 높을수록 무릎에 대해 불편함으로 인해 신체기능

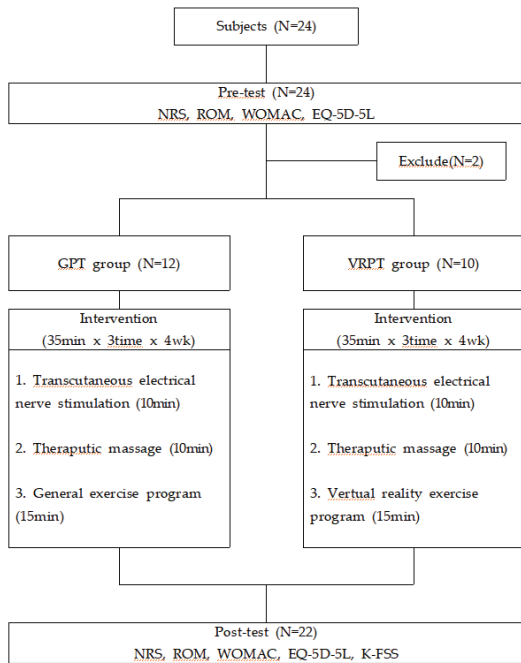


Fig. 1. Study flow diagram. NRS: numeral rate scale, ROM: rang of motion, WOMAC: Western Ontario & mcmaster universities, EQ-5D-5L: EuroQol five-dimensional five-level questionnaire, GPT: general physical therapy, VRPT: virtual reality physical therapy, K-FSS: Korea flow state scale.

이 감소한 것으로 판단한다. 측정 전 충분한 설명 후 대상자가 직접 작성하도록 하였다(Collins et al., 2011) (Fig. 2 - A).

4) 삶의 질 점수

EQ-5D-5L(EuroQol five-dimensional five-level questionnaire)은 임상 연구 분야에서 가장 많이 사용하는 삶의 질 평가 도구로써 환자의 삶의 질에 대한 수준을 점수화 하여 제시하는 도구이다. EQ-5D-5L은 운동 수행능력(mobility), 자기관리(self-care), 일상생활(usual activities), 통증/불편함(pain/discomfort), 불안/우울(anxiety/depression)의 5개 영역으로 구성되어 있으며, 각 영역은 5개의 수준 즉, 문제 없음, 약간 문제 있음, 중간 문제 있음, 심한 문제 있음, 문제가 있어 할 수 없음으로 나누어져 있다(Kim et al., 2012). EQ-5D-5L의 점수가 높을수록 삶의 질의 불편감이 큰 것을 의미한다(Bilbao et al., 2018) (Fig. 2 - B).

5) 동기부여 척도

본 연구에서는 대상자의 무릎 관절 수술 후 물리치

료의 과제수행에 대한 동기부여 정도를 평가하기 위해 수정된 K-FSS를 사용하였다(Lee et al., 2016). K-FSS의 평가 내용은 자기통제, 재할에 대한 긍정적 감정 경험, 재할 과제에 대한 집중도의 3개 영역으로 구성되며, 14개 문항의 7점 척도로 되어 있다(Lee & Park, 2021; Tore et al., 2023). 대상자는 가상현실 기반 재할을 종료 후 K-FSS를 작성하기를 요청하였다. 점수가 높을수록 재할에 대한 높은 동기부여를 의미한다(Lee & Park, 2021) (Fig. 2 - C).

4. 중재 방법

본 연구는 일반적인 물리치료를 적용한 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹에게 전기치료와 치료적 마사지를 각각 10분씩 적용하였다. 전기치료는 바로 누운 자세에서 무릎 수술 주변 부위 및 통증이 느껴지는 부위를 중심으로 경피신경전기자극(Transcutaneous electrical nerve stimulation ; TENS)기에 4개의 패드를 이용하여 150 μ s의 주파수를 이용한 저빈도-고강도 방법을 적용하였다(Rakel et al., 2014). 치료적 마사지는 무릎 수술 주변 부위에 통증 조절을 목적으로 기능적 마사지를 시행하였다(Anwer et al., 2018). 일반적

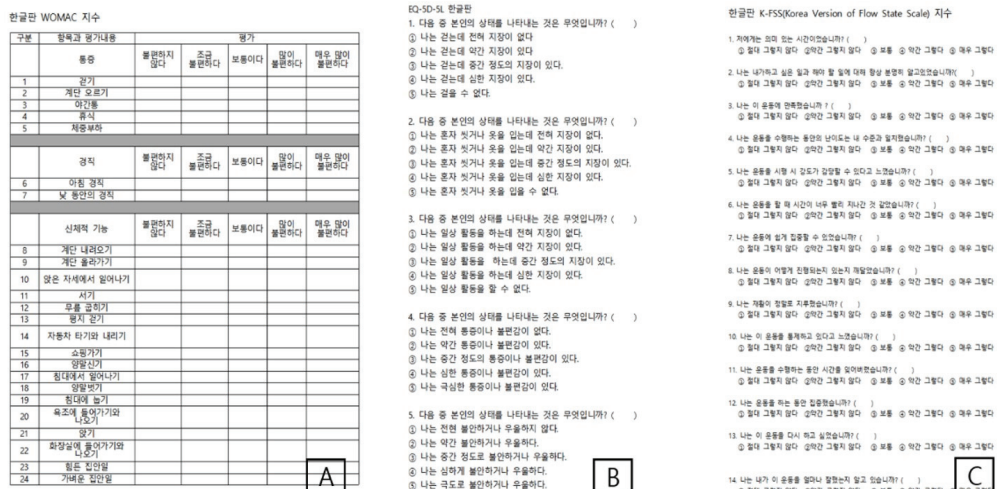


Fig. 2. Function, quality of life, and engagement index A: Korea Version Western Ontario and MacMaster Universities Arthritis index (WOMAC). B: Korea Version EuroQol five-dimensional five-level questionnaire (EQ-5D-5L). C: Korea Version flow state scale(K-FSS).

물리치료를 적용한 그룹에서는 무릎 수술 후 일반적 운동 프로그램을 15분 적용하고 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹은 가상현실 게임 운동 프로그램을 15분 적용하여 두 그룹 모두 35분씩 4주간 주3회 진행하였다.

1) 일반적 운동 프로그램

대상자들에게 운동에 대한 사전 설명을 시행하였으며 일반적 무릎 수술 후 운동 프로그램은 가상현실 게임을 적용한 무릎 수술 후 운동 프로그램에 VR 시스템 없이 통증 및 기능 회복을 위해 유사한 운동을 수행하였다(Gianola et al., 2020). 대상자가 동작을 시행하면서 통증 및 불편감을 호소할 시 대기중인 물리치료가 동작을 중지하고 충분한 휴식을 취한 후 중재를 진행할 수 있도록 하였다.

2) 가상현실 운동 프로그램

본 연구는 닌텐도사의 게임기(Switch, Nintendo, Japan)를 사용하고 링피트(Ring fit adventure ;RFA) 프로그램을 사용하였다. RFA를 실행할 때 링콘(Ring-con)에 오른쪽 조이콘(Joy-con)을 부착하고 왼쪽 허벅지에 스트랩을 이용하여 왼쪽 조이콘(Joy-con)을 착용 후 실행하였다. 본 연구는 대상자에게 운동을 시행하기 전 게임 사용방법과 동작에 대한 사전 교육을 진행하였다. 운동 프로그램의 동작은 RFA의 동작 중 하지근력 강화 게임과 균형을 향상시킬 수 있는 동작을 선정하였으며 5년 이상의 숙련된 물리치료사들의 의견을 수렴하여 결정하였다. 운동 프로그램은 준비운동(3분), 본 운동(10분), 마무리 운동(2분)으로 총 15분으로 운동프로그램을 구성하였다(Fig. 2). 준비운동과 마무리 운동은 RFA 프로그램에 있는 상체와 하체의 스트레칭 동작들을 시행하였다. 준비운동의 동작은 화면의 동작을 대상자가 링콘을 가지고 따라 하면서 몸통 돌리기, 머리위로 뺨기, 뒤넙다리근 스트레칭의 동작들을 시행하였다. 본 운동은 5가지의 동작

으로 구성하여 시행되었다. 첫째, Revolved crescent lunge pose(A)는 앞뒤로 발을 크게 벌려 균형을 잡고 상체를 좌우로 천천히 돌리는 자세를 반복하였다. 둘째, Warrior 3 pose(B)는 한 발 서기로 상체를 천천히 갈 수 있는 범위까지 숙이며 한발서기가 불가능 할 경우 뒤쪽 다리를 바닥에 붙인 상태로 밀면서 상체를 최대한 숙이도록 하였다. 셋째, Squat(C)는 바로 선 자세에서 무릎을 굽혀 앉을 수 있는 범위까지 내려가는 동작을 반복하였다. 넷째, Knee-lift combo(D)는 한쪽 다리를 버티면서 반대쪽 다리를 무릎까지 들어올리는 동작을 오른쪽과 왼쪽을 교대로 실시하였다. 다섯째, Thigh rider(E)는 앉은 자세에서 허벅지 안쪽에 링콘을 끼워 허벅지를 조이도록 하였다. 여섯째, Squat hopping(F)은 화면에 나오는 장애물을 스쿼트 동작으로 피하도록 함으로써 무릎 각도와 동작 유지를 유도하였다. 마무리 운동은 바로 선 자세에서 몸통 비틀기, 뒤넙다리근, 장딴지근 스트레칭 동작을 시행하였다. 대상자



Fig. 3. Virtual reality exercise program. A: Revolved crescent lunge pose, B: Warrior 3 pose, C: Squat D: Knee-lift combo, E: Thigh rider, F: Squat hopping.

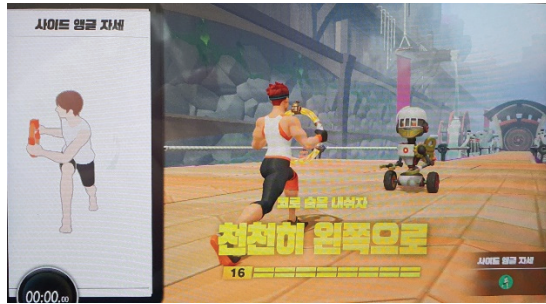


Fig. 4. Virtual reality exercise program game screen.

들이 완전한 가동범위(ROM)으로 동작 수행을 할 수 없는 경우, 치료사는 제한된 가동범위로 게임을 할 수 있도록 자세를 수정하고 도와주었다. 또한 게임을 진행하는 동안 불편함이나 통증을 호소하면 뒤쪽에 의자를 위치시켜 바로 앉거나 치료사가 운동을 중지시킬 수 있도록 지시하였다(Gianola et al., 2020; Sato et al., 2021) (Fig. 3) (Fig. 4).

5. 자료 분석

본 연구에서 측정된 자료는 SPSS 26.0(IBM Corp, USA)for windows 프로그램을 이용하여 분석하였다. 통계적 검증을 위한 유의수준(α)은 .05로 설정하였다. 샤피로-윌크 검정(Shapiro-wilk test)을 이용한 정규성 검정 결과에서 모든 변수가 정규분포를 이루었다. 연구 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 통해 산출하였고, 그룹 간의 동질성을 확인하기 위해 독립표본 t-검정(Independent t-test)을 실시하였다. 그룹 내 전후 효과를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test)을 실시하였고, 일반적인 물리치료 그룹과 가

상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹의 그룹 간 중재 효과의 차이를 알아보기 위해 각 그룹의 전후 변화량을 독립표본 t-검정(Independent t-test)을 사용하여 확인하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에서는 총 22명의 무릎 수술 후 4주가 경과한 대상자들이 연구에 참여하였고, 연구 대상자의 일반적 특성은 일반적 물리치료 그룹의 평균 연령은 64.41 ± 12.19 세, 평균키는 160.41 ± 10.93 cm, 평균 몸무게는 63 ± 11.92 kg이었다. 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹의 평균 연령은 63.3 ± 9.65 세, 평균키는 159.6 ± 8.19 cm, 평균 몸무게는 63.1 ± 10.43 kg이었다. 실험 전 두 집단의 동질성을 분석한 결과 연령, 신장, 체중 등의 대상자의 일반적 특성에는 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2. 통증의 변화 비교

일반적 물리치료 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹의 무릎 통증에 관한 각 그룹 내 비교와 두 그룹 간 비교는 다음과 같다. 일반적 물리치료 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹 모두 중재 적용 후 통증에서 유의한 변화가 있었다($p < 0.05$)(Table 2). 무릎 통증에 대한 두 그룹 간 비교는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)

Table 1. General characteristics of subjects

(n=22)

Characteristics	GPT group (n = 12)	VRPT group (n = 10)	t	p
Age (years)	64.41 ± 12.19	63.30 ± 9.65	-0.24	0.82
Height (cm)	160.41 ± 10.93	159.60 ± 8.19	-0.20	0.85
Weight (kg)	63.00 ± 11.92	63.10 ± 10.43	0.02	0.98

* $p < 0.05$, Mean±SD, GPT: general physical therapy, VRPT: virtual reality physical therapy

Table 2. Comparison of ROM (°) after intervention and between two groups (n=22)

	Group	Pre-Test	Post-Test	t	p	Post-Pre		t	p
						Mean	Difference		
NRS	GPT (n = 12)	5.58 ± 0.23	3.91 ± 0.26	7.41	0.00*	1.67 ± 0.22		2.10	0.47
	VRPT (n = 10)	5.40 ± 0.84	3.00 ± 0.67	9.00	0.00*	2.40 ± 0.27			
ROM	GPT (n = 12)	98.75 ± 10.02	124.58 ± 10.32	-7.68	0.00*	28.00±10.05		0.65	0.46
	VRPT (n = 10)	105.00 ± 6.67	133.00 ± 5.89	-8.80	0.00*	25.83 ±11.64			
WOMAC	GPT (n = 12)	75.75 ± 15.29	69.08 ± 16.20	6.41	0.00*	6.67 ± 3.60		0.99	0.33
	VRPT (n = 10)	65.40 ± 8.43	57.30 ± 9.08	8.34	0.00*	8.10 ± 0.97			
EQ-5D-5L	GPT (n = 12)	14.30 ± 1.78	12.25 ± 1.66	6.20	0.00*	2.08 ± 1.16		0.74	0.04*
	VRPT (n = 10)	13.50 ± 2.55	10.30 ± 2.40	7.69	0.00*	3.20 ±1.32			

*significant difference within group, between groups (p<0.05), PT: general physical therapy, VRPT: virtual reality physical therapy, NRS: numeral rate scale, ROM: Range of motion, WOMAC: Western Ontario & mcmaster universities, EQ-5D-5L: EuroQol five-dimensional five-level questionnaire, Mean ± SD.

3. 관절 가동 범위의 변화

일반적 물리치료 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹의 무릎 관절 가동 범위에 관한 각 그룹 내 비교와 두 그룹 간 비교는 다음과 같다. 일반적 물리치료 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹 모두 중재 적용 후 무릎 관절 가동 범위에서 유의한 변화가 있었다(p<0.05). 무릎 관절 가동 범위에 대한 두 그룹 간 비교는 유의한 차이가 없었다(p>0.05) (Table 2).

4. 기능 변화

일반적 물리치료 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹의 무릎의 기능 변화에 관한 각 그룹 내 비교와 두 그룹 간 비교는 다음과 같다. 일반적 물리치료 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹 모두 중재 적용 후 무릎의 기능 변화에서 유의한 변화가 있었다(p<0.05). 무릎의 기능 변화에 대한 두 그룹

간 비교는 유의한 차이가 없었다(p>0.05) (Table 2)

5. 삶의 질 변화

일반적 물리치료 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹의 삶의 질에 관한 각 그룹 내 비교와 두 그룹 간 비교는 다음과 같다. 일반적 물리치료 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹 모두 중재 적용 후 삶의 질에서 유의한 변화가 있었다(p<0.05). 삶의 질에 대한 두 그룹 간 비교는 유의한 차이가 있었다(p<0.05) (Table 2).

6. 동기부여 척도의 변화

일반적 물리치료 그룹과 가상현실 게임을 적용한 물리치료 그룹의 몰입 상태에 관한 두 그룹 간 비교는 다음과 같다. 몰입 상태에 대한 두 그룹 간 비교는 유의한 차이가 있었다(p<0.05) (Table 3).

Table 3. Comparison of K- FSS (score) after intervention and between two groups (n=22)

	GPT group (n = 12) Mean ± SD	VRPT group (n = 10) Mean ± SD	t (p)
Changes in K-FSS	60.2 ± 3.30	52.42 ± 4.29	4.69 (0.00*)

*significant difference between groups (p<0.05), GPT: general physical therapy, VRPT: virtual reality physical therapy, K-FSS: Korea flow state scale

IV. 고 찰

본 연구에서는 무릎 수술을 시행한 대상자들에게 4주간의 가상현실 게임을 적용한 물리치료가 통증, 무릎 관절가동범위 및 기능변화(WOMAC), 삶의 질(EQ-5D-5L)의 변화와 동기부여(K-FSS)에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 그리고 일반적인 물리치료와 비교를 통해 가상현실 게임을 적용한 물리치료가 무릎 수술 후 효과적인 대안이 될 수 있음을 확인하고자 하였다.

선행연구에서 무릎 수술환자의 재활 프로그램 효과를 확인하기 위해 통증과 관절가동범위 변화를 평가하였다(Ayoade & Baillie, 2014; Fung et al., 2012). 본 연구의 결과에서도 두 그룹에 적용된 중재 프로그램의 효과를 확인하기 위해 통증과 관절가동범위를 측정하였고 두그룹이 모두 유의한 전후 변화를 보였다. 이처럼 두 그룹 모두에서 전후의 유의한 변화가 나타난 것은 두그룹에 적용된 치료적 중재가 효과적임을 의미한다. 특히, 가상현실 게임을 적용한 실험군의 통증과 무릎 관절가동범위가 개선된 결과를 보임으로써 선행연구의 결과와 일치하는 결과가 나타났다(Gianola et al., 2020). 이러한 결과의 근거로 선행연구에서는 수술 후 무릎 통증이 있는 대상자에게 가상현실 게임을 적용한 물리치료를 적용하였을 때 즉각적인 피드백이 환자에게 주어지고 이를 통해 효율적인 운동을 시행할 수 있다고 보고하고 있다(Dockx et al., 2016; Gianola et al., 2020; Kim et al., 2013). 일반적으로 무릎 골관절염 환자들의 무릎에서는 인대 경직 증가, 근력 감소 및 근육 활성화 패턴의 변화가 나타난다고 하였다(Andriacchi, 2004). 그리고 가상현실 게임을 적용한 물리치료는 통증 부위에 집중적이고 반복적인 운동이 적용됨으로써 근력을 증가시키고 근육 활성도를 증가시켜 정상적인 움직임 패턴을 회복시킨다(Vincent & Vincent, 2012). 또한, 가상현실 게임을 적용한 물리치료는 대상자가 자신의 신체가 아닌 게임화면에 집중하면서 무릎 주변조직에 대한 통증의 민감도가 떨어지게 되고 그로 인해 관절가동범위가 증가

하는 결과가 나타난 것이라고 생각된다. 이처럼 본 연구의 결과를 통해 가상현실 게임을 접목한 물리치료가 무릎 수술 후 통증 감소 및 관절가동범위 회복에 적용할 수 있는 효과적 중재가 될 수 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 임상에서 일반적으로 적용되는 물리치료 방법과 동일한 효과를 보임으로 미래의 치료적 대안이 될 수 있을 것이라 생각된다.

선행연구에서는 무릎 수술 후 환자들의 무릎관절 기능을 확인하기 위해 무릎관절 기능척도(WOMAC)를 사용하였다(Elshazly et al., 2016). 본 연구의 측정에서도 무릎관절 기능의 변화를 확인하기 위해 무릎관절 기능척도를 사용하였다. 본 연구의 결과에서 두 그룹의 중재 후의 무릎관절 기능은 유의한 변화를 보였다. 한편, Song 등(2018)은 무릎 수술에 의한 통증과 회복을 위한 고정기간을 통해 관절가동범위의 감소와 근력 감소로 인해 무릎 관절 기능이 저하된다고 보고하였다(Song et al., 2018). 본 연구의 결과에서 두 그룹의 무릎관절 기능이 유의하게 향상된 이유는 실험에 적용된 두 그룹에서 통증 감소와 관절가동범위의 회복이 되었고 이를 통해 연쇄적으로 무릎관절 기능이 개선된 결과를 만들어낸 것이라 생각된다.

선행연구에서는 무릎 수술 후 환자들의 삶의 질 변화를 확인하기 EQ-5D-5L 설문지를 사용하여 왔다(Thomas et al., 2017). 본 연구에서도 무릎 수술로 인한 일상생활의 장애정도를 확인하는 EQ-5D-5L 설문지를 통해 대상자의 삶의 질 수준을 파악하였다. 본 연구의 결과에서 중재 전후 실험군과 대조군의 삶의 질 유의한 전후 변화를 보이고 두 그룹에 유의한 차이를 확인하였다. 이러한 결과는 가상현실 게임을 적용한 물리치료가 일상생활 동작과 유사한 환경을 제공하고 이러한 환경에서의 경험은 실제 일상생활에서의 기능에 도움을 주었기 때문이다(Khushnood et al., 2021). 그리고 이러한 과정에서 환자의 자신감이 증가하여 긍정적인 효과를 유발한 것이라 생각된다. 본 연구결과를 통해 수술 후 일상생활과 유사한 동작의 경험과 시각적 피드백으로 인해 동작에 대한 인지가 환자의 일상생활에 대한 자신감이 상승하고 이러한 결과는

삶의 질을 향상시킴으로써 가상현실 게임을 적용한 물리치료가 효과적인 중재임을 확인할 수 있었다.

과거에서부터 수술 후 환자들의 재활에 대한 동기 부여 정도를 평가하는 것은 재활 중재 효과에 중요한 부분으로 여겨져 왔다(Lee et al., 2016). 본 연구에서 대상자가 재활의 목적을 이해하고 필요성을 지각하여 동기부여(K-FSS)에 어떤 영향을 미치는지 확인하기 위해 각 그룹의 4주간 중재 후 재활에 대한 동기부여의 점수를 그룹 간에 비교하였다. 이러한 비교는 본 연구에서 적용되는 물리치료에 의해 대상자의 동기부여가 어떤 영향을 받는지 확인하고자 하였다. 본 연구에서 중재전의 각 그룹별 동기부여 정도의 검사결과보다 중재가 종료된 직후에 대상자가 느끼는 동기부여 결과값에 초점을 두어 측정되었으며 선행연구의 절차를 참고하여 실시되었다(Lee et al., 2016). 한편, 본 연구결과에서 가상현실 게임을 적용한 물리치료와 일반적인 물리치료를 적용한 후 동기부여의 유의한 차이를 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 가상현실 게임을 적용함으로써 동작에 대한 명확한 목표를 제공하게 되고 즉각적인 시각적 피드백이 제공되었기 때문이다(Kim et al., 2012). 그리고 가상현실 게임을 적용한 대상자는 게임을 통해 긍정적인 몰입 경험을 제공받고 이와 같은 경험이 동기부여의 결과를 향상하게 하여 대조군과 유의한 차이를 보인 것이라 생각된다. 본 연구의 결과를 통해 가상현실 게임을 적용한 물리치료가 무릎 수술 후 환자들에게 동작에 대한 적절한 시각적 피드백을 제공하였다는 것을 확인하였다. 가상현실을 이용한 시각적 피드백은 외재적 피드백을 제공하는 방법으로 관절의 고유수용성감각을 향상시키고 새로운 형태의 몰입감을 제공하였다(Giggins et al., 2013). 또한, 실생활의 활동과 유사한 활동을 운동 학습하도록 도와주어 흥미와 재미를 유도함으로써 결과적으로 재활에 대한 동기부여를 증가시킨다(Giggins et al., 2013).

본 연구의 결과를 종합하면 무릎 수술 후 가상현실 게임을 적용한 물리치료가 통증과 관절가동범위, 무릎관절 기능과 삶의 질 부분에서 기존의 치료실에서

적용되는 물리치료와 동일한 효과를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 동기부여 부분에서 기존의 물리치료보다 가상현실 게임을 적용한 물리치료가 효과적인 중재가 될 수 있음을 보여주었다. 특히, 일상생활과 유사한 동작을 시행하며 즉각적인 피드백을 제공하는 가상현실 게임은 환자의 참여도를 유도하기에 효과적이며 접근성이 좋아 퇴원 후 가정에서도 지속적인 재활에 도움을 줄 수 있다는 것은 임상적으로 중요한 의미를 가진다.

본 연구의 제한점은 중재과정 중 탈락한 2명의 대상자와 같이 익숙하지 않은 게임을 통한 운동 적용으로 중재에 대한 거부감이 발생하였고 대상자들에게 새로운 중재를 적용하기 전 충분한 적응 기간을 제공하지 못하였다. 또한 개인별 특성에 맞는 난이도를 제공하지 못하고 난이도와 동작을 일관되게 적용하였으며 가상현실 게임을 적용한 물리치료가 무릎과 주변 조직에 어떠한 변화를 주었는지에 대한 형태학적인 변화를 확인하지 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 본 연구의 제한점을 보강한 후속 연구가 필요하다.

V. 결론

본 연구의 결과를 통해 무릎 수술 후 환자에게 가상현실 게임을 적용한 물리치료가 통증, 무릎 관절가동범위, 삶의 질, 무릎관절 기능의 변화와 동기부여를 향상시킬 수 있는 중재임을 확인할 수 있었다. 또한 임상현장에서 수술 후 오랜 침상생활로 인해 재활의 의욕이 떨어진 환자에게 가상현실 게임을 적용한 물리치료가 환자의 동기 부여를 유발하여 재활에 대한 적극성을 향상시키고 기존의 물리치료를 대체할 수 있는 중재가 될 것이라 생각된다.

Acknowledgements

본 논문은 2023년도 부산광역시 물리치료사협회의

정책논문 지원사업으로 선정되었고, 소정의 금액을 지원받아 작성되었음.

References

- Andriacchi TP, Mundermann A, Smith RL, et al. A framework for the in vivo pathomechanics of osteoarthritis at the knee. *Annals of Biomedical Engineering*. 2004;32(3):447-457.
- Anwer S, Alghadir A, Brismee JM. Effects of orthopaedic manual therapy in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*. 2018; 104(3):264-276.
- Ayoade M, Baillie L. A novel knee rehabilitation system for the home. *Journal of Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2014;20:2521-2530
- Bilbao A, García Pérez L, Arenaza J. et al. Psychometric properties of the EQ-5D-5L in patients with hip or knee osteoarthritis: reliability, validity and responsiveness. *Quality of Life Research*. 2018; 27:2897-2908.
- Bruun Olsen V, Heiberg, KE, Mengshoel AM. Continuous passive motion as an adjunct to active exercises in early rehabilitation following total knee arthroplasty—a randomized controlled trial. *Disability and Rehabilitation*. 2009;31(4):277-283.
- Calmbach WL, Hutchens M. Evaluation of patients presenting with knee pain: Part II. Differential diagnosis. *American Family Physician*. 2003;68(5):917-922.
- Collins NJ, Misra D, Felson D T, et al. E. M. Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS). *Arthritis Care & Research*. 2011;63(11): 208-228.
- Cuesta Gómez A, Martín Díaz P, Sánchez Herrera Baeza P, et al. Nintendo Switch Joy-Cons' Infrared Motion Camera Sensor for Training Manual Dexterity in People with Multiple Sclerosis: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(12):3261.
- Dockx K, Bekkers EM, Van den Bergh V, et al. A. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016;(12): 1465-1858
- Elshazly FA, A Nambi, GS & Elnegamy TE. Comparative study on virtual reality training (VRT) over sensory motor training (SMT) in unilateral chronic osteoarthritis-A randomized control trial. *International Journal of Medical Research Health Sciences*. 2016;5(8):7-16.
- Fung V, Ho A, Shaffer J, et al. Use of Nintendo Wii Fit™ in the rehabilitation of outpatients following total knee replacement: a preliminary randomised controlled trial. *Physiotherapy*. 2012;98(3):183-188.
- Gademan MG, Hofstede SN, Vliet Vlieland TP, et al. Indication criteria for total hip or knee arthroplasty in osteoarthritis: a state-of-the-science overview. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2016;17(1):1-11.
- Gianola S, Stucovitz E, Castellini G, et al. Effects of early virtual reality-based rehabilitation in patients with total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Medicine*. 2020;99(7).
- Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *Journal of neuroengineering and*

- rehabilitation. 2013;10:60.
- Howard MC. A meta-analysis and systematic literature review of virtual reality rehabilitation programs. *Computers in Human Behavior*. 2017;70:317-327.
- Khushnood K, Altaf S, Sultan N, et al. Role Wii Fit exer-games in improving balance confidence and quality of life in elderly population. *Journal of the Pakistan Medical Association*. 2021;71:2130-2134.
- Kim J, Lee M & Yim J. A new approach to transcranial direct current stimulation in improving cognitive motor learning and hand function with the Nintendo switch in stroke survivors. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*. 2019;25:9555-9557
- Kim J, Son J, Ko N, et al. Unsupervised virtual reality-based exercise program improves hip muscle strength and balance control in older adults: a pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2013; 94(5):937-943.
- Kim SH, Hwang JS, Kim TW, et al. Validity and reliability of the EQ-5D for cancer patients in Korea. *Supportive Care in Cancer*. 2012;20:3155-3160.
- Kim YB, Choi HS, Kang EM, et al. Trends of Total Knee Arthroplasty According to Age Structural Changes in Korea from 2011 to 2018. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(24):13397
- Klussmann A, Gebhardt H, Nübling M, et al. Individual and occupational risk factors for knee osteoarthritis: results of a case-control study in Germany. *Arthritis Research & Therapy*. 2010;12(3):1-15.
- Laver KE, Lange B, George S, et al. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017;11:23-25
- Lee JH, Park JH. Validity and Reliability of a Korean Version of the Flow State Scale for Occupational *Therapeutic Science for Rehabilitation*. 2021;10(4):53-63.
- Lee M, Suh D, Son J, et al. Patient perspectives on virtual reality-based rehabilitation after knee surgery: Importance of level of difficulty. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 2016.
- Mitchell HL, Hurley MV. Management of chronic knee pain: a survey of patient preferences and treatment received. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2008;9:1-7.
- Rakel BA, Zimmerman MB, Geasland K, et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation for the control of pain during rehabilitation after total knee arthroplasty: a randomized, blinded, placebo-controlled trial. *Journal of Pain*. 2014;155(12):2599-2611.
- Ravi D, Kumar N, Singhi P. Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based systematic review. *Physiotherapy*, 2017; 103(3):245-258.
- Roos EM, Toksvig Larsen S. Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)—validation and comparison to the WOMAC in total knee replacement. *Health and Quality of Life Outcomes*. 2003;1(1):1-10.
- Sandlund M, Dock K, Häger CK, et al. Motion interactive video games in home training for children with cerebral palsy: parents' perceptions. *Disability and Rehabilitation*. 2012;34(11):925-933.
- Sarzi Puttini P, Cimmino MA, ScarpaR, et al. Osteoarthritis: an overview of the disease and its treatment strategies. *Journal of Seminars in arthritis and rheumatism*. 2005;35(1):1-10
- Sato T, Shimizu K, Shiko Y, et al. Effects of Nintendo Ring Fit Adventure Exergame on Pain and Psychological Factors in Patients with Chronic Low Back Pain. *Games for Health Journal*. 2021;10.
- Song MY, Jo HG, Sul JU, et al. Proposal of east-west integrative medicine manual for rehabilitation after knee surgery. *Journal of Korean Medicine Rehabilitation*. 2018; 28(1):97-107.
- Su CH. Developing and evaluating effectiveness of 3D

- game-based rehabilitation system for Total Knee Replacement Rehabilitation patients. *Multimedia Tools and Applications*. 2016; 75:10037-10057.
- Thomas S, Fazakarley L, Thomas PW, et al. A pilot randomised controlled trial of a home gaming system (Nintendo Wii) to increase activity levels, vitality and well-being in people with multiple sclerosis. *BMJ Open*. 2017;7(9).
- Tore NG, Oskay D, Haznedaroglu S. The quality of physiotherapy and rehabilitation program and the effect of telerehabilitation on patients with knee osteoarthritis. *Clinical Rheumatology*. 2023;42(3): 903-915.
- Van Middelkoop, M Bennell, KL Callaghan et al. International patellofemoral osteoarthritis consortium: consensus statement on the diagnosis, burden, outcome measures, prognosis, risk factors and treatment. *Journal of Seminars in Arthritis and Rheumatism*. 2018;47(5): 666-675
- Vieira C, Ferreira da Silva PaisVieira C, Novais J Perrotta A. Serious game design and clinical improvement in physical rehabilitation: systematic review. *JMIR Serious Games*. 2021;9(3).
- Vincent KR. Resistance Exercise for Knee Osteoarthritis. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 2012;4(5): 45-52.
- Weiss PL, Rand D, Katz N Kizony R. Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2004;1:1-12.