

가상현실을 접목한 로봇보행훈련이 만성 뇌졸중 환자의 균형과 호흡기능에 미치는 영향

황 옥^{*}

^{*}김천대학교 물리치료학과 교수

Effects of Robot Assisted Gait Training Combined Virtual Reality on Balance and Respiratory Function in Chronic Stroke Patients

Wook Hwang, PT, MS^{*}

^{*}Dept. of Physical Therapy, Gimcheon University, Professor

Abstract

Purpose : This study was performed to evaluate the effects of virtual reality combined robot assist gait training (VRG) on improvement of balance and respiratory function in chronic stroke patients.

Methods : A single-blind, randomized controlled trial (RCT) was conducted with 35 chronic stroke patients. They were randomly allocated 2 groups; VRG group (n=18) and conservative treatment group (CG; n=17). The VRG group received 30 minutes robot assisted gait training combined virtual reality training, robot assisted gait training was conducted in parallel using a virtual reality device (2 sessions of 15 minutes in a 3D-recorded walking environment and 15 minutes in a downtown walking environment). In the conservative treatment group, neurodevelopmental therapy and exercise therapy were performed according to the function of stroke patients. Each group performed 30 minutes a day 3 times a week for 8 weeks. The primary outcome balance and respiratory function were measured by a balance measurement system (BioRescue, Marseille, France), Berg balance scale, functional reach test for balance, Spirometry (Cosmed Micro Quark, Cosmed, Italy) for respiratory function Forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV₁), and maximum expiratory volume (PEF) were measured according to the protocol. The measurement were performed before and after the 8 weeks intervention period.

Results : Both groups demonstrated significant improvement of outcome in balance and respiratory function during intervention period. VRG revealed significant differences in balance and respiratory function as compared to the CG groups (p<.05). Our results showed that VRG was more effective on balance and respiratory function in patients with chronic stroke.

Conclusion : Our findings indicate that VRG can improve balance and respiratory function, highlight the benefits of VRG. This study will be able to be used as an intervention data for recovering balance and respiratory function in chronic stroke patients.

Key Words : balance, respiratory function, robot assist, stroke, virtual reality

^{*}교신저자: 황옥, hwug@naver.com

제출일 : 2023년 4월 12일 | 수정일 : 2023년 5월 4일 | 게재승인일 : 2023년 5월 19일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

뇌졸중 질환은 뇌의 여러 부분의 혈관계통의 문제 등으로 나타나는 뇌의 손상을 말하는 것으로, 뇌졸중 환자는 관절의 움직임과 안정성, 근육 탄력성, 근력 약화, 지구력 저하 그리고 고유수용성 감각의 상실 등과 관련된 보행과 균형 문제들을 가지고 있다(Yom 등, 2015). 뇌졸중 사망률은 점차 감소하고 있으며, 질환자 중 33 %가 발병일에서 5년이 지난 후에도 기능적 회복이 지속적으로 떨어지는 심각한 문제를 안고 있다(Chang & Kim, 2013). 또한 뇌졸중 환자의 재활을 위해 필요한 신경가소성의 변화를 주기 위해서는 반복되는 운동치료를 제공하여야 하며, 이를 위한 치료행위 요구 증가는 현재 해결해야 하는 문제점으로 대두되고 있다(Jung 등, 2009).

로봇보행훈련 장치는 치료사의 피로와 부상을 예방하면서 환자에게 안전한 보행훈련 환경을 제공하고 (Schwartz 등, 2009), 정확한 반복동작 및 관절운동범위를 제공하여, 효과적인 치료를 제공할 수 있다고 하였다 (Hidler 등, 2008). Hornby 등(2008)의 연구에서는 뇌졸중 환자에게 치료사 보조 보행훈련이 로봇 보조 보행훈련보다 손상된 다리의 한 다리 지지기와 보행속도가 더 크게 증가하였으며, 이것은 로봇보조보행훈련이 로봇의 기계적 도움으로 보행의 움직임이 정상에 가깝게 움직여 줌으로써 다리 관절의 움직임 학습에는 효과가 있으나, 로봇보조에서 제공되는 수동 움직임으로 인해 환자의 노력과 의지, 집중력이 저하 되는 단점이 있다. 이런 로봇 보조 보행훈련방법의 단점을 개선하기 위해서 환자의 노력과 의지, 집중력의 향상에 효과적인 방법들을 같이 접목하는 것이 중요할 것이며, 로봇에서 로봇의 정면에 보이는 스크린을 통해 가상으로 다양한 과제를 시행할 수 있다.

가상현실 프로그램은 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어를 이용하여 사용자가 실제와 비슷한 경험을 할 수 있게 만든 상호작용 시뮬레이션으로, 하드웨어의 종류나 착용 방식에 따라 몰입형, 제 3자형, 데스크탑형으로 분류되며(Rizzo 등, 1997), 가상현실 중재법으로 가능성과 효용

성에 대한 광범위한 연구가 진행되어오고 있다(Lloréns 등, 2015). 가상현실 재활치료는 외부자극을 뇌졸중 환자에게 제공해 운동감각을 자극하며 뇌졸중 환자 재활에 효과적인 틀로 제공되고 있다(Lloréns 등, 2015). 가상현실을 통한 만성 뇌졸중 환자의 치료적 중재로 많은 연구가 현재 이루어지고 있으며, 선행연구들에 의하면 가상현실훈련은 효과적인 중재로 가상현실훈련만 사용한 것보다 다른 중재법과 병행하였을 때 더 효과적이라고 하였다. 가상현실 중재의 적용이 뇌졸중 환자의 기능 회복에 더 효과며 환자가 스스로 참여하게 되면서 동기부여 및 치료에 흥미를 느끼게 되므로, 가상현실 속에서 시행한 과제의 즉각적 피드백이 이루어져 운동학습에 효과가 있다(Jang 등, 2013).

호흡물리치료의 일반적인 목표는 손상되어있는 가로막 기능을 회복하여 호흡곤란을 예방하여 운동능력을 증가시키는 것이다(Sezer 등, 2004). 호흡증진과 관련된 기존의 중재방법들로는 Sutbeyaz 등(2010)의 뇌졸중 환자를 대상으로 들숨근 훈련군, 호흡 재교육 훈련군, 대조군으로 중재 적용 후 허파기능을 알아본 결과 날숨근 훈련군에서 1초간 노력성 호기량, 노력성 폐활량이 유의하게 증가하였다고 하였으며, Park 등(2020)의 연구에서는 척추 등뼈가동성운동을 병행한 허리 안정화 운동이 허리통증 환자에서 FVC와 FEV₁의 증진을 확인하였다.

지금까지 로봇보행훈련은 대칭적인 근육의 활성을 지속적으로 촉진하여 보행패턴에 촉진을 여러 가지 유형으로 가능하게 만들어 보행 패턴의 비정상 개선과 신체 조직 향상에 효과적이었고(Husemann 등, 2007), 균형능력, 일상생활능력의 향상에 효과가 있는 것으로 알려졌다(Kim 등, 2015). 가상현실훈련 또한 동적 및 정적 균형의 증가(Skjaeret-Maroni 등, 2016)에 효과가 있다고 하였다. 그러나 현재 로봇보행과 가상현실에 대한 기능적 연구는 많이 이루어지고 있으나 가상현실을 접목한 로봇보행훈련에 대한 연구는 많이 부족하며, 뇌졸중 환자의 균형과 호흡기능을 규명하는 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 가상현실을 접목한 로봇보행훈련이 만성 뇌졸중 환자의 균형과 호흡기능에 미치는 영향을 알아봄으로써 기능 증진의 중재 참고자료로 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

강원도 W시에 위치한 N병원에 입원한 만성 뇌졸중 환자들 중 연구에 참여 동의한 자로, 선정조건에 충족되는 대상자 35명을 선정하여 실시하였다. 연구 참여 대상자들은 연구 진행 과정에 대해 충분히 설명을 듣고 연구 진행에 대하여 동의하였으며, 선정조건은 뇌졸중으로 처음 진단받고 6개월 이상 경과된 환자, Korean version mini status examination (K-MMSE)의 24점보다 높은 점수를 받아 인지적 손상이 없는 자, 다리에 정형외과 손상이 없는 자, 기타 신경학 손상이 없는 자이며, 제외 조건은 편측 무시나 반맹증이 있는 환자, 시각과 안플감각에 문제가 있는 자, 발작의 경험이 있는 자, 고혈압과 심장의 협심증이 조절되지 않는 자, 말초신경장애 또는 파킨

슨병과 같이 운동결손이 나타나는 신경 병변 환자, 혈액 순환 장애 및 감각 소실, 감각 과민증이 있는 자로 하였다. 이 연구는 헬싱키 선언 원칙을 준수하고 김천대학교 기관생명윤리위원회(GU-202212-HRa-13-02)의 승인을 받았다.

2. 연구 설계

연구 대상자는 가상현실 훈련을 병행한 로봇보행훈련군(VRG) 18명, 보존적 물리치료 훈련군(CG) 17명으로 컴퓨터 엑셀프로그램을 통해 무작위로 나누어 배정하였으며, 하루 30분, 주 3회, 8주간 훈련을 실시하였다(Fig 1). 연구 전 서면을 통하여 연구의 목적, 연구내용과 방법, 비밀 유지에 대하여 충분히 설명하였으며, 참여자들이 원한다면 언제든지 연구 참여를 철회할 수 있다고 충분히 설명 후 진행하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n= 35)

	VRG (n=18)	CG (n=17)	t/ χ^2	p
Age (years)	49.22±11.22 ^a	52.00±12.92	-.68	.501
Height (cm)	165.01±7.78	167.19±5.27	-.97	.341
Weight (kg)	68.12±11.78	72.80±12.36	-.84	.406
Post-stroke duration (month)	10.22±1.26	10.71±1.76	-.94	.355
MMSE (score)	27.50±1.86	27.18±1.47	.57	.573
Gender				
Male	9 (50.00 %)	10 (58.82 %)	.27	.854
Female	9 (50.00 %)	7 (41.12 %)		
Hemiplegic side				
Right	12 (66.67 %)	9 (52.94 %)	.23	.629
Left	6 (33.33 %)	8 (47.06 %)		
Type of lesion				
Infarction	10 (55.60 %)	10 (58.82 %)	.04	.845
Hemorrhagic	8 (44.40 %)	7 (41.12 %)		

^aMean±standard deviation, VRG; virtual reality combined robot assist gait training group, CG; conservative treatment group

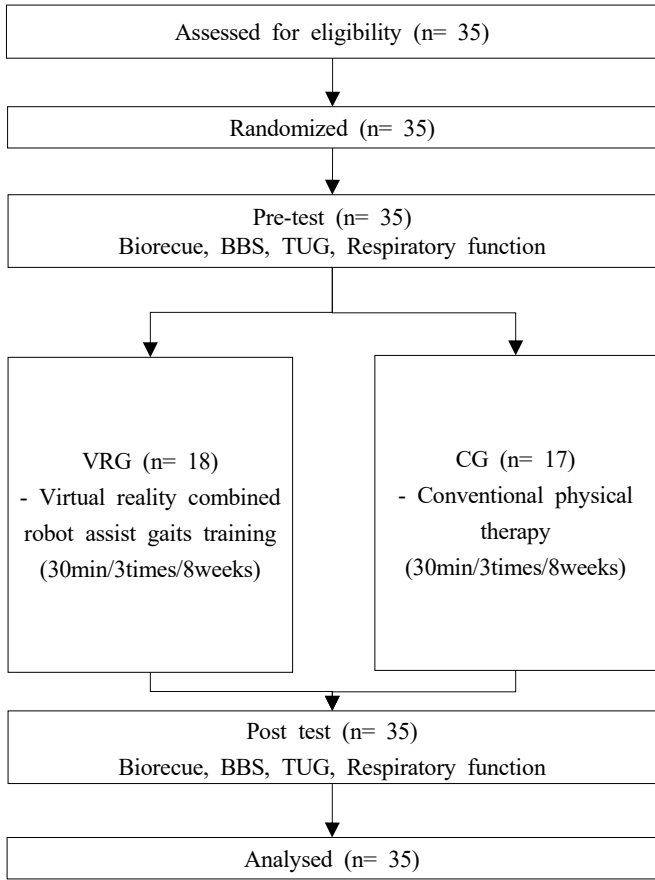


Fig 1. Follow diagram of total experimental procedures

3. 실험방법

1) 가상현실 훈련을 병행한 로봇보행훈련군(VRG)

가상현실 훈련을 병행한 로봇보행훈련군은 Hong과 Lee(2019)의 연구와 Kim 등(2015)의 연구를 수정 보완하여 가상현실기기를 사용한 상태에서 로봇보행훈련을 병행하여 실시하였다.

가상현실은 가상현실기기(Oculus, Samsung, Korea) 장비를 이용하여 사전에 3D로 녹화된 관광지 산책 환경 15분과 시내 걷기 환경 15분의 2세션을 중재 환경으로 설정하였으며, 중재 전 Oculus 장비를 대상자에게 적응하도록 시간을 주어 중재에 문제가 일어나지 않도록 하였다(Fig 2). Oculus 장비는 몰입형 가상현실기기 장비로 장비를 대상자의 얼굴에 안경과 같이 착용하면 기기에서 재생되는 가상현실화면과 오디오를 통해 몰입감을 올려주는 장비이다. 이처럼 가상현실 장비를 착용함과 동시에 로봇보행훈련을 통한 훈련을 실시하였다.

로봇보조보행훈련 장비는 로봇보조보행훈련시스템(WALKBOT, P&S Mechanics, Korea)를 이용하였다. Walkbot은 보행 시 다리의 바른 움직임과 신체정렬을 잡아 주는 로봇 골격 장치와 트레드밀, 로봇과 연결된 스크린, 환자의 체중을 들어주는 체중지지장치, 로봇 골격 장치와 트레드밀 장치를 통제하는 워크봇 컴퓨터 시스템으로 구성되어 있다. 로봇보조보행훈련의 훈련과정은 다음과 같다. 처음 환자의 키, 몸무게, 다리길이를 측정한다. Walkbot 컴퓨터 시스템에 측정값을 입력하면 입력된 값은 로봇 뼈대 장치로 전송되어 환자에 신체에 맞게 다리길이가 조정된다. 체중지지장치에 연결시킬 하네스를 환자에게 착용시킨 후 체중지지장치에 부착된 추를 통해 환자에게 선자세가 부담이 되지 않는 무게로 역하중을 설정한 후 환자를 들어올려 준다. 환자가 공중에 10 cm 정도 뜬 상태에서 로봇 뼈대 장치를 환자의 엉덩관절부터, 무릎관절, 발목관절 순으로 결합시킨 이후 트레드밀을 작동한다. 트레드밀 속도와 로봇 보조의 움직임 속도를 맞춘 이후 로봇 보조 보행치료를 실시한다. 체중지지장치에 부착된 추는 0 kg에서 95 kg 까지 조절이 가능하고 이를 통하여 역하중을 설정하여 체중지지를 도와줄 수 있고, 트레드밀 속도는 .8 km/h에서 3.0 km/h 까지 조절이 가능하다. 체중지지는 환자 체중의 30 %를 지지하였고, 트레드밀의 속도는 환자의 수행정도에 맞춰 최대 속도로 맞춰준 뒤 로봇 보조 보행훈련을 실시한다. 그 외에 기존의 보존적 물리치료를 시행하였다.



Fig 2. Oculus device

2) 보존적 물리치료 훈련군(CG)

CG군은 기존의 보존적 물리치료에서 추가적으로 보존적치료를 실시하였다. 고유수용성 신경근 촉진법(위

팔, 다리의 고유수용성 신경근 촉진법 움직임 패턴 적용)과 보바스 신경발달치료(각 뇌졸중 환자 별 균형과 호흡기능의 problem solving 접근법)등의 치료를 접목하여 사용하였으며, 이 치료기법들은 뇌졸중 환자에 신체 기능에 맞추어 시행하였다. 보존적 물리치료는 균형 및 지구력 훈련, 각 신체 부위 근력운동, 관절가동범위증진 운동, ADL 훈련 등으로 구성하였으며, 각 치료당 30분의 치료를 시행하였다.

4. 측정 방법 및 도구

1) Biorscue(COP, LOS)

연구 대상자의 선 자세의 압력중심점 이동 거리를 측정하기 위해 균형측정시스템(Biorescue, Marseille, France)을 이용하였다. 압력중심점(Center of pressure; COP)측정은 환자는 바로 선 자세에서 30 °정도 다리를 벌려 앉을 주시하게 한 이후 균형 측정방법을 설명한 이후 측정자가 측정에 대한 시범을 보인 다음 대상자가 전방을 주시한 자세에서 1분간 균형을 잡도록 하여 몸의 중심점의 총 이동거리를 측정한다. 본 연구에서 압력중심점 측정은 눈을 뜬 상태에서 romberg 검사(1분간 정적으로 서있는 자세 유지)를 통해 압력중심점의 총 넓이(romberg’s eye open surface area; REOSA)와 평균이동속도(romberg’s eye open average speed; REOAS)를 변수로 측정하였으며, 안정성 넓이(Limits of stability; LOS) 측정은 Biorescue 기기의 프로그램 되어 있는 것을 이용하여 앞·뒤, 좌·우, 대각선의 총 8개 방향으로 중력중심점(Center of gravity; COG)을 움직여 총 이동 면적을 측정하게 한다. 대상자가 힘 판에서 서면 모니터 화면에 무작위 화살표 방향이 나타나며 이때 대상자는 나타난 화살표 방향으로 체중을 이동시킨다. 양발은 항상 힘 판에 위치하고 있어야 하며 대상자가 발을 떼는 경우에는 처음부터 다시 측정을 하였다. 압력중심점은 선 자세에서 자세조절의 척도로 사용되며 압력중심의 변인 측정은 바닥의 지면반발력이 합성된 지점의 변화를 나타내는 것으로 지면과 접촉하고 있는 압력 점의 평균을 의미한다고 하였다(Latash 등, 2003).

2) 버그균형척도(BBS)

버그균형척도는 총 14개의 항목으로 구성되어 앉기, 서기, 자세변화 3개영역으로 나눌 수 있다. 각 항목당 최소 0점에서 최고 4점을 적용하여 14개 항목에 대한 총합은 56점이다. 이 측정도구는 측정자 내 신뢰도 및 측정자 간 신뢰도가 각각 $r=.99$, $r=.98$ 로서 균형능력을 평가하는 데 높은 신뢰도와 내적 타당도를 가지고 있다(Berg 등, 1989).

3) 일어나 걷기 검사(Timed up and go test; TUG)

의자에서 일어나 걷기 검사 시 대상자의 자세는 46 cm 높이의 팔걸이가 없는 의자에 앉은 자세에서 실시하였다. 시작이라는 신호와 동시에 측정 대상자가 일어나 3 m 를 왕복하여 돌아와 독립적으로 다시 앉게 되기까지의 시간을 초시계로 총 3회 측정하여 평균값을 기록하였다(Podsiadlo & Richardson, 1991).

4) 호흡기능

호흡기능 검사는 Parpa와 Michaelides(2021)과 Son(2022)등의 선행연구를 기반으로 폐기능측정장비(Micro Quark, Cosmed Ltd, Italy)를 사용하였다. 이 기기는 미국흉부학회(ATS)에서 제안한 가이드라인에 따라 개발된 장치이다(Graham 등, 2019). 대상자는 의자에 앉은 자세로 비강을 통한 공기의 유출을 방지하기 위해 코마개를 착용하고 마우스피스를 사용하였다. 강제 폐활량(FVC), 1초 강제 호기량(FEV₁), 최대 호기량(PEF)을 프로토콜에 따라 측정하였다. 측정 시 입에 닿는 부분에 마우스피스를 사용하였으며, 측정 종료 시 즉시 분리하고 위생관리를 위해 알코올 소독을 실시하였다. 각 3회씩 측정하여 평균값을 기록하였다.

5. 자료처리

본 연구의 통계적 분석은 PASW statistics 21.0 소프트웨어 프로그램을 사용하였다. 대상자의 일반적 특성 중 마비 측, 성별, 뇌졸중 유형은 카이제곱 검정으로, 나이, 두 집단의 훈련 이전의 종속변수의 동질성은 독립표본 검정을 통해 검정하였다. 집단 내 치료 전·후 변화는 짝 비교 검정을 시행하였으며, 집단 간 변화를 비교하기 위해 독립표본 검정을 시행하였다. 중재를 통한 효과 크기

를 알아보기 위해 훈련 전 후 평균값의 차이인 변화량을 사용하였으며 집단 간 사후검정은 Cohen's d를 사용하였다. 모든 통계학적 유의수준은 α 는 .05로 하였다.

III. 결과

가상현실을 병행한 로봇보행훈련군과 보존적 물리치료 훈련군의 균형능력과 호흡기능에서의 비교는 Table 2 와 Table 3에 제시하였다.

1. 중재 전·후 균형능력의 변화

버그균형척도, 일어나 걸어가기 검사, 눈뜨고 무계중심 이동면적, 이동속도, 안정성한계에서 두 군 모두 사전 검사에서 유의한 차이가 없었고, 두 그룹 모두 중재 전·후 비교에서 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 두 그룹 간의 전·후 변화량을 비교한 결과 가상현실을 병행한 로봇보행훈련군이 대조군보다 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$)(Table 2).

Table 2. Comparison of the balance ability between the two groups (n= 35)

		VRG (n=18)	CG (n=17)	t	p
REOSA (mm ²)	pre	135.78±26.36	134.76±25.72	.16	.909
	post	110.17±18.25	117.18±22.27		
	Post-Pre	-25.61±14.03	-17.59±6.23	-2.16	.038
	t	7.75	11.65		
	p	.000	.000		
REOAS (cm/s)	pre	1.05±.29	1.04±.25	.19	.851
	post	.88±.21	.97±.23		
	Post-Pre	-.17±.12	-.07±.06	-3.21	.003
	t	6.24	5.20		
	p	.000	.000		
LOS (cm ²)	pre	4033.15±1003.50	3974.78±1258.65	.15	.880
	post	4431.61±1080.77	4171.35±1216.75		
	Post-Pre	398.46±348.48	196.58±125.29	2.25	.031
	t	-4.85	-6.47		
	p	.000	.000		
BBS (score)	pre	44.50±2.66 ^a	44.59±2.76	-.10	.924
	post	49.06±1.76	46.71±2.54		
	Post-Pre	4.56±1.98	2.12±1.58	4.02	.000
	t	-9.78	-5.54		
	p	.000	.000		
TUG (sec)	pre	16.93±2.18	16.35±2.46	.743	.463
	post	13.08±2.11	14.82±2.48		
	Post-Pre	-3.85±1.27	-1.53±0.71	-6.63	.000
	t	12.90	8.82		
	p	.000	.000		

^aMean±standard deviation, REOSA; romberg's eye open surface area, REOAS; romberg's eye open average speed, LOS; limited of stability, BBS; berg balance scale; TUG; timed up and go test, VRG; virtual reality combined robot assist gait training group, CG; conservative treatment group

Table 3. Comparison of the pulmonary function between the two groups (n= 35)

		VRG (n=18)	CG (n=17)	t	p
FVC (L)	pre	2.12±.44 ^a	2.08±.37	.29	.773
	post	2.37±.36	2.18±.36		
	Post-Pre	.25±.17	.09±.07	3.50	.001
	t	-6.22	-5.30		
	p	.000	.000		
FEV ₁ (L)	pre	1.96±.34	1.94±.26	.24	.813
	post	2.28±.32	2.06±.29		
	Post-Pre	.32±.18	.12±.14	3.45	.001
	t	-7.40	-3.58		
	p	.000	.002		
PEF (L/S)	pre	2.90±.72	2.74±.59	.69	.497
	post	3.15±.62	2.86±.51		
	change	.25±.17	.12±.15	2.45	.020
	t	-6.18	-3.29		
	p	.000	.005		

^aMean±standard deviation, FVC; forced vital capacity, FEV₁; forced expiratory volum at one second, PEF; peak expiratory flow, VRG; virtual reality combined robot assist gait training group, CG; conservative treatment group

2. 중재 전·후 호흡기능의 변화

노력성폐활량, 1초간 노력성 호기량, 최대호기속도에 서 두 군 모두 사전검사에서 유의한 차이가 없었고, 두 그룹 모두 중재 전·후 비교에서 유의한 차이를 보였다 (p<.05). 두 그룹 간의 전·후 변화량을 비교한 결과 가상 현실을 병행한 로봇보행훈련군이 대조군보다 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Table 3).

IV. 고찰

본 연구에서는 가상현실을 접목한 로봇보행훈련이 만성 뇌졸중 환자의 균형 및 호흡기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 35명의 만성 뇌졸중 환자를 가상현실을 접목한 로봇보행훈련군과 보존적 물리치료 군으로 나누어 각 군의 균형과 호흡기능의 군내 변화와 군간 변화의 차이를 비교하기 위해 평가 및 측정하였다.

발압력 측정은 직접적으로 발바닥 체중 지지의 특성도 관찰할 수 있어 신뢰도가 높은 검사이며(Randolph 등, 2000), 뇌졸중 환자의 발 압력 변화는 일상생활 동작과

균형 능력 등에 영향을 준다. Shumway-Cook 등(1997)은 버그균형척도의 점수 저하는 낙상 위험성을 증가시키는데, 점수가 36점 이하이면 낙상 위험성이 100 %에 가깝다고 보고하여 현재 발압력을 통한 COP, LOS 측정과 버그균형척도는 균형 검사에서 유의미하게 쓰이고 있다. 본 연구의 가상현실을 접목한 로봇보행훈련의 균형능력 변화에서 COP, LOS 측정과 버그균형척도 등의 지표에서 두 군 모두 증진이 나타났으며, 군 간 비교에서 VGR 군에서 유의한 향상이 나타났다. 이는 Srivastava 등(2016)의 연구에서 뇌졸중 환자 12명을 대상으로 시각적 정보를 결합한 로봇 보조 보행 훈련과 체중 지지 트레드밀 훈련을 비교한 결과, 시각적 피드백을 제공한 로봇 보조 보행 훈련군의 균형능력에서 유의한 차이가 있다고 보고하였고, Lloréns 등(2015)의 연구에서 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실 스테핑 훈련을 시행하여 BBS 점수의 유의한 향상이 나타났다고 한 연구와 일치하였다. Kiper 등(2010)의 연구에서 가상현실훈련 중재는 촉각, 미각, 시각, 후각, 청각 등 다방면의 감각 경험을 통해 감각통합의 효과가 있었다고 하였다. 이러한 연구는 가상현실훈련이 감각 기능 향상에 영향을 준다는 것을 지지하며, 본 연구의 가상현실 훈련이 균형과 관련한

감각 기능 향상으로 균형능력이 증진되었다고 생각되며, 로봇보행훈련을 통해 반복된 움직임이 균형 능력에 변화를 준 것으로 생각된다.

호흡 기능 수준을 추정할 수 있는 지표로 노력성 폐활량(FVC), 1초간 노력성 호기량(FEV₁), 최대 호기량(PEF) 등이 사용되어 왔으며(Kisner 등, 2017), 아급성기 및 만성기 뇌졸중 환자의 이와 같은 호흡 기능 지표는 동일 연령의 정상인에 비교하였을 때 현저히 감소가 나타난다고 하였다(Kim & Choi, 2011). 본 연구에서는 가상현실을 동반한 로봇보행훈련을 시행한 전·후 호흡기능을 비교하기 위하여 FVC, FEV₁, PEF 변수를 이용하여 호흡기능의 변화를 측정하였다. 본 연구의 가상현실을 접목한 로봇보행훈련의 호흡기능 변화에서 두 군 모두 증진이 나타났으며, 군 간 비교에서 VGR군에서 유의한 향상이 나타났다. 이는 본 연구의 중재방법과 연구설계는 상이하지만 같은 종속변수를 확인하는 연구인 Kim (2006)의 연구에서는 몸통 스트레칭을 겸한 허리 안정화 운동이 노력성 폐활량에서 유의하게 증진이 나타났다고 보고 하여 본 연구의 결과와 일치하였다. 또한 Kim과 Kim(2022)의 연구에서는 만성뇌졸중 환자에게 등뼈 관절가동술과 허리안정화를 통하여 FVC, FEV₁, PEF 등의 호흡기능 증진이 나타났다고 하여 본 연구의 결과와 일치하였다. 특히, 실험군 대상자들의 가상현실 프로그램을 사용하여 훈련을 수행할 때 호흡기능이 향상되었다는 것은 환자의 동기부여와 더 열심히 호흡을 수행하였다고 추측된다. 이와 같은 가상현실의 장점은 이미 다양한 연구들을 통해 나타났지만(Han & Ko, 2010; Yom 등, 2015), 본 연구는 이전 연구들과는 다르게 호흡훈련과 관련하여 가상현실 프로그램의 효과를 분석하였기에 그 의미가 더 크다고 사료된다. 본 연구 결과는 임상에서 가상현실을 통한 호흡훈련 적용 시 중요한 지표로 호흡재활의 미래지향적인 방향의 중재방법으로 제시할 수 있을것이라 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 입원환자를 대상으로 가상현실을 접목한 로봇보행훈련을 실시하여 모든 만성 뇌졸중 환자에게 일반화하여 해석하는 것은 어려운 점이 있다. 보행과 관련한 가상현실 과제와 다양성 부족과 대상자들의 일상생활 및 심리요인을 통제하지 못하였다. 중재 이외에 외부 요인이 대상자의 균형과 호흡기능에 미

치는 영향을 완전히 배제할 수 없다는 것이다. 또한 중재 이후 추적검사를 실시하지 않아 효과의 기간이 얼마나 지속되었는지 관찰할 수 없었다. 앞으로는 다양한 가상현실 접근 방식, 대상자의 신체기능에 따른 로봇보조의 차이, 평가 요소의 다양성 등을 고려하는 등의 다양한 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서 만성 뇌졸중 환자의 균형능력과 호흡기능에 미치는 효과에 대해 알아보기 위해 가상현실을 접목한 로봇보행훈련을 실시하였으며, 그 결과 만성 뇌졸중 환자의 균형과 호흡기능에 긍정적 영향을 확인하였다. 만성 뇌졸중 환자에게 균형능력과 호흡기능의 개선을 일상생활활동을 하는데 중요한 요소이다. 뇌졸중 환자에게 가상현실을 접목한 로봇보행훈련을 통해 만성 뇌졸중 환자가 보다 쉽고 안정적이며, 균형능력과 호흡기능에 효과가 있음을 확인하였다. 본 연구를 통해 가상현실을 접목한 로봇보행훈련이 대조군에 비해 균형능력과 호흡기능에 더욱 효과적일 것으로 사료되며 뇌졸중 환자의 기능을 개선하는데 중재방법으로 사용될 수 있다.

참고문헌

Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, et al(1989). Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can*, 41(6), 304-311. <https://doi.org/10.3138/ptc.41.6.304>.
Chang WH, Kim YH(2013). Robot-assisted therapy in stroke rehabilitation. *J stroke*, 15(3), 174-181. <https://doi.org/10.5853/jos.2013.15.3.174>.
Duncan, PW, Weiner DK, Chandler J, et al(1990). Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol*, 45(6), M192-M197. <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.m192>.
Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al(2019).

- Standardization of spirometry 2019 update. an official american thoracic society and european respiratory society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med*, 200(8), e70-e88, <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>.
- Han JH, Ko JY(2010). Evaluation of balance and activities of daily living in children with spastic cerebral palsy using virtual reality program with electronic games. *J Korea Contents Assoc*, 10(6), 480-488. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2010.10.6.480>.
- Hidler J, Wisman W, Neckel N(2008). Kinematic trajectories while walking within the lokomat robotic gait-orthosis. *Clin Biomech*, 23(10), 1251-1259. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2008.08.004>.
- Hong SK, Lee GC(2019). Effects of an immersive virtual reality environment on muscle strength, proprioception, balance, and gait of a middle-aged woman who had total knee replacement: a case report. *Am J Case Rep*, 20, 1636-1642. <http://doi.org/10.12659/AJCR.918521>.
- Hornby TG, Campbell DD, Kahn JH, et al(2008). Enhanced gait-related improvements after therapist-versus robotic-assisted locomotor training in subjects with chronic stroke a randomized controlled study. *Stroke*, 39(6), 1786-1792. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.504779>.
- Husemann B, Müller F, Krewer C, et al(2007). Effects of locomotion training with assistance of a robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke: a randomized controlled pilot study. *Stroke*, 38(2), 349-354. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000254607.48765.cb>.
- Jang YS, Baek JY, Jeong GU, et al(2013). Clinical effectiveness of body function on virtual reality training for post stroke hemiplegia : literature research. *J Spec Educ Rehabil Sci*, 52(3), 419-436.
- Jung JH, Lee NG, You JH, et al(2009). Validity and feasibility of intelligent walkbot system. *Electronics Letters*, 45(20), 1016-1017. Printed Online. <https://doi.org/10.1049/el.2009.0879>.
- Kim CB, Choi JD(2011). Comparison of pulmonary and gait function in subacute or chronic stroke patients and healthy subjects. *Korean Soc Phys Ther*, 23(5), 23-28.
- Kim KH, Kim DH(2022). Effects of maitland thoracic joint mobilization and lumbar stabilization exercise on diaphragm thickness and respiratory function in patients with a history of COVID-19. *Int J Environ Res Public Health*, 19(24), 17044. Printed Online. <https://doi.org/10.3390/ijerph192417044>.
- Kim SY, Yang L, Park IJ, et al(2015). Effects of innovative WALKBOT robotic-assisted locomotor training on balance and gait recovery in hemiparetic stroke: a prospective, randomized, experimenter blinded case control study with a four-week follow-up. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 23(4), 636-642. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2015.2404936>.
- Kisner C, Colby LA, Borstad J(2017). *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. 7th, Philadelphia, Fa Davis, pp.108-121.
- Kiper P, Turolla A, Piron L, et al(2010). Virtual reality for stroke rehabilitation: assessment, training and the effect of virtual therapy. *Med Rehabil*, 14(2), 23-32. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.3141>.
- Latash ML, Ferreira SS, Wieczorek SA, et al(2003). Movement sway: changes in postural sway during voluntary shifts of the center of pressure. *Exp Brain Res*, 150(3), 314-324. <https://doi.org/10.1007/s00221-003-1419-3>.
- Lloréns R, Gil-Gómez JA, Alcañiz, M, et al(2015). Improvement in balance using a virtual reality-based stepping exercise: a randomized controlled trial involving individuals with chronic stroke. *Clin Rehabil*, 29(3), 261-268. <https://doi.org/10.1177/0269215514543333>.
- Mueller G, de Groot, S, van der Woude L, et al(2008). Time-courses of lung function and respiratory muscle pressure generating capacity after spinal cord injury: a prospective cohort study. *J Rehabil Med*, 40(4), 269-276. <https://doi.org/10.2340/16501977-0162>.
- Park SJ, Kim YM, Han JW(2020). The effect of the core stabilization exercise and thoracic manipulation on the

- respiratory function of chronic low back pain patients. *J Korean Soc Integr Med*, 8(3), 43-52. <https://doi.org/10.15268/ksim.2020.8.3.043>.
- Parpa K, Michaelides M(2021). The impact of COVID-19 lockdown on professional soccer players' body composition and physical fitness. *Biol Sport*, 38(4), 733-740. <https://doi.org/733-740.10.5114/biolsport.2021.109452>.
- Podsiadlo D, Richardson S(1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*, [https://doi.org/39\(2\):142-8.10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x](https://doi.org/39(2):142-8.10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x).
- Randolph AL, Nelson M, Akkapeddi S, et al(2000). Reliability of measurements of pressures applied on the foot during walking by a computerized insole sensor system. *Arch Phys Med Rehabil*, 81(5), 573-578. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(00\)90037-6](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(00)90037-6).
- Rizzo AA, Buckwalter JG, Neumann U(1997). Virtual reality and cognitive rehabilitation: a brief review of the future. *J Head Trauma Rehabil*, 12(6), 115. <https://doi.org/10.1097/00001199-199712000-00002>.
- Schwartz I, Sajin A, Fisher I, et al(2009). The effectiveness of locomotor therapy using robotic-assisted gait training in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *PM R*, 1(6), 516-523. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2009.03.009>.
- Sezer N, Ordu NK, Sutbeyaz ST(2004). Cardiopulmonary and metabolic responses to maximum exercise and aerobic capacity in hemiplegic patients. *Functional Neurology*, 19(4), 233-238.
- Shumway-Cook A, Baldwin M, Polissar NL, et al(1997). Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Phys Ther*, 77(8), 812-819. <https://doi.org/10.1093/ptj/77.8.812>.
- Skjæret-Maroni N, Vonstad EK, Ihlen EA, et al(2016). Exergaming in older adults: movement characteristics while playing stepping games. *Front Psycho*, 7, 964. Printed Online. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00964>.
- Son SM(2022). The effects of prolonged sitting in a cross-legged posture on pulmonary function in young adults. *J Korean Phys Ther*, 34(1), 1-5. <https://doi.org/10.18857/jkpt.2022.34.1.1>.
- Srivastava S, Kao PC, Reisman DS, et al(2016). Robotic assist-as-needed as an alternative to therapist-assisted gait rehabilitation. *Int J Phys Med Rehabil*, 4(5), Printed Online. <http://doi.org/10.4172/2329-9096.1000370>.
- Sutbeyaz ST, Koseoglu F, Inan L(2010). Respiratory muscle training improves cardiopulmonary function and exercise tolerance in subjects with subacute stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 24(3), 240-250. <http://doi.org/10.1177/0269215509358932>.
- Yom C, Cho HY, Lee BH(2015). Effects of virtual reality-based ankle exercise on the dynamic balance, muscle tone, and gait of stroke patients. *J Phys Ther Sci*, 27(3), 845-849. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.845>.