

가상현실을 이용한 조기 로봇보조 보행 훈련이 뇌졸중 환자에 미치는 영향

이동순, 이경화, 강태우, 조성태

원광대학교병원 재활의학과 물리치료실

Effect of early robot-assisted training using virtual reality program in patient with stroke

Dong-Soon Lee, Kyung-Hwa Lee, Tae-Woo Kang, Sung-Tae Cho

Department of Rehabilitation Center, Wonkwang University School of Medicine & Hospital

Purpose: The purpose of this study was to determine the effect of early Robot-assisted training on gait ability, function and ADL in patients with stroke.

Methods: 26 patients with stroke were recruited for this study. The subjects were randomly assigned to either the experimental group (EG) or the control group (CG), with 13 patients in each group. All subjects received a routine physical therapy. The robot-assisted training was for 30 min in the case of the EG subjects. The assessment tools of this study involved the gait ability, balance ability, function and ADL. The measurements were recorded before the intervention and after the intervention.

Results: EG subjects and CG subjects, the variables measured after the intervention significantly differed from gait ability, balance ability, function and ADL without the FMA ($p < 0.05$). The FMA was only effective experimental group after intervention. Also, there were significant differences in gait ability, balance ability, function and ADL without the FMA at post-test between the 2 groups ($p < 0.05$).

Conclusion: The findings indicate that early robot-assisted training exerts a positive effect on gait ability, balance ability, function and ADL in patients with stroke. This result indicates the possibility of application of the early Robot-assisted training to the management for stroke patients. Further studies are required to generalize the result for this study.

Keywords: ADL, Function, Gait ability, Robot-assisted training, Stroke

1. 서론

뇌졸중은 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 중요한 사망 원인

이며 성인 장애의 가장 중요한 원인 질환이다.¹ 뇌졸중의 징후로는 근력 약화, 강직, 통증, 그리고 감각기관과 평형성의 손상으로 인한 운동능력의 감소 등이 있으며, 이와 같이 감소된 운동능력은 독립적인 일상생활을 위해 필요한 보행, 계단 오르기, 자리에서 일어서기, 그리고 돌기 등과 같은 기본적인 활동의 제한을 초래한다.² 특히 뇌졸중으로 인한 보행 기능의 손상은 환자가 기능적 독립을 달성하는데 큰 장애 요소이며, 환자의 재활에 있어서 보행능력의 획득은 환자의 독립성과 직결되는 중요한 요소로서 치료사와 환자가 중요하게 생각

Received July 12, 2013 Revised August 14, 2013

Accepted August 15, 2013

Corresponding author Dong-Soon Lee, ldspt@hanmail.net

Copyright © 2013 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute 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.

하는 치료의 목표가 된다.³ 보행능력은 뇌졸중 환자들이 일상생활 하는데 있어서 가장 중요한 활동 중의 하나로, 보행능력의 감소는 일상생활의 제한과 삶의 질을 저하시킨다.⁴ 그렇기 때문에 뇌졸중 환자에서 보행 능력과 동적 균형 능력은 일상생활에 있어 기능적인 독립을 이루는데 꼭 필요한 요소라 할 수 있다.⁵

보행능력 향상을 위한 치료법 중 트레드밀 훈련은 편마비와 손상된 보행 패턴을 가진 환자 치료법의 하나로 많은 연구에서 환자의 보행능력에 현저한 개선을 가지고 왔다고 보고되고 있다.^{6,7} 트레드밀 훈련은 환자가 스스로 할 수 있는 가장 빠른 보행 패턴으로 많은 반복 훈련이 가능하므로 이는 반복적인 훈련이 뇌졸중 환자의 기능향상에 긍정적인 영향을 미친다는 운동학습 이론에 기초를 두고 있다.⁶

하지만 보행 장애가 있는 환자에게 조기에 정상 보행 양식을 모방하여 안전한 보행 훈련을 반복적으로 실시하기 위해서는 세명 정도의 숙련된 물리치료가 필요하며 치료사의 과중한 육체적 노력을 필요로 한다. 더구나 근력 약화가 중증이거나 불수의적인 운동이 있는 환자에게는 도수적 보행 훈련을 실시하는 것이 거의 불가능하다.⁸ 이러한 치료사의 육체적 노력과 시간을 줄이고 보행 운동학의 반복적 재연성을 개선하며 보행 운동 시간을 증가시킬 수 있는 방법으로 최근 보행 훈련을 보조해주는 로봇보조 보행 장치의 소개되고 있다.⁹ 로봇보조 보행 훈련은 미리 프로그램된 정상적인 생리적 보행 양식에 따라 환자의 하지의 움직임을 유도해 줌으로써 맞춤형 체중지지 트레드밀 훈련이 가능하도록 해주어 효과적인 보행 치료 도구로 각광 받고 있다.¹⁰ 로봇 보조 보행 훈련은 조기에, 오랜 시간, 강도 높은 재활치료가 가능하며 환자의 보행형태와 특성에 대한 시각적 정보를 보여줌으로써, 치료향상에 대한 객관적인 자료제시가 가능하고 치료효과를 상승시킬 수 있다. 이는 움직임에 해당하는 감각입력을 촉진하여 양발을 주기적이고 조화롭게 움직이는 보행양상을 유도할 수 있다고 하였다.¹¹

최근에는, 로봇 훈련에 가상현실(virtual reality)을 이용하여 강력한 피드백 효과를 가져와 동기부여, 적응성을 향상시켰다는 연구가 보고되고 있다.¹² 가상현실이란 스크린에 자신의 모습이 표현되고 화면을 통해 나타나는 과제와 상호작용하여 문제를 해결하는 방법이다.¹³ 가상현실 훈련은 흥미 유발에 적합하며,¹⁴ 적절한 동기부여를 통해 치료과정의 반복과 새로운 운동기술의 학습이 가능하다.¹⁵ 최근 가상현실을 이용한 보행 훈련 결과, 뇌졸중 환자의 보행 능력과 균형 능력 향상에 도움이 된다고 하였으며,¹⁶ 가상현실을 이용한 로봇

보조 보행 훈련을 척수 손상환자에게 적용한 결과 보행 능력 및 일상 생활 수행 능력이 향상된다고 하였다.¹⁷ 이처럼 로봇을 이용한 재활 훈련에 대한 연구가 세계적으로 활발하게 이루어지고 있으나, 훈련효과에 대한 정량화되고 명확한 결과가 부족한 실정이다.¹⁸ 또한, 본 연구에 적용한 뇌졸중 환자에게 가상현실을 이용한 로봇보조 보행 훈련에 대한 연구도 국내에서는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 가상현실을 이용한 조기 로봇보조 보행 훈련이 뇌졸중 환자에게 있어 보행 능력과 기능, 일상생활 수행능력에 어느 정도 효과가 있는지를 분석하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 원광대학교병원에 입원한 환자 중 본 연구에 동의한 남자 14명, 여자 12명, 총 26명의 환자를 대상으로 난수표를 이용한 무작위 방법으로 분류하여 로봇보조 보행 훈련을 받는 실험군과 일반적인 물리치료를 받는 대조군으로 각각 13명씩 할당하였다.

피험자의 선정 조건은 제시하는 것과 같다(Table 1).

- 1) 뇌졸중 진단을 받은 3개월 이내의 내과적, 신경학적으로 안정이 된 조기재활이 가능한 환자
- 2) 보조기나 지팡이 등 기타 보장구의 착용유무에 관계없이 10 m 이상 보행이 가능한 환자
- 3) 하위 운동 신경 병변이 없으며 양 하지에 외상 및 정형외과적인 문제가 없는 환자
- 4) 최근 1년 이내에 심장 우회술이나 심장과 관련된 수술을 받지 않은 환자
- 5) 연구자나 검사자가 지시하는 내용을 이해할 수 있는 간-정신상태 검사 Mini-Mental State Examination (MMSE-K)에서 24점 이상을 받은 환자.¹⁹
- 6) 관절 가동 범위에 제한이 없고, 마비가 있는 하지의 경직이 Modified Ashworth Scale (MAS)로 측정 시 G1+이하인 환자

2. 실험방법

Table 1. General characteristics of the subjects

	Division/Unit	Experiment group(n=13)	Control group(n=13)
Gender	Male/Female	7/6	6/7
Age	Age	Year	54.9 ± 10.6* 68.1 ± 10.9
Type	Type	Infarction/Hemorrhage	11/2 13/0
Paretic side	Paretic side	Left/Right	5/8 4/9
Duration	Month	1.07 ± 0.27	1
MMSE-K †	Score	26.46 ± 0.61	26.38 ± 0.30

*Values are presented as mean ± Standard deviation
 † (Mini-Mental state Examination-Korean version)

1) 측정도구

실험 전 모든 참여자는 초기 평가로 보행검사, 균형검사, 기능검사 그리고 일상수행능력 검사로 나누어진 각각의 검사 방법에 따라 평가를 시행하고 실험 후 재평가 하는 절차를 가진다. 보행에 관련한 검사로 일어나 걸어가기 검사(Timed Up & Go, TUG)를 측정하고 균형에 관련한 검사로 뇌졸중 자세 평가 척도(Postural Assessment Scale for Stroke patients, PASS)와 버그 균형 척도(Berg Balance Scale, BBS)를 측정하였다. 또한 기능에 관련한 검사로는 수정된 운동 평가 척도(Modified Motor Assessment Scale, MMAS)와 뇌졸중 기능회복평가(Fugl-Meyer Assessment, FMA)를 측정하고 일상수행능력 검사로 수정된 바텔 지수(Modified Barthel Index, MBI)를 측정하였다.

(1) 보행관련 검사

① 일어나 걸어가기 검사(Timed Up and Go, TUG)

Timed Up and Go (TUG)는 성인의 낙상 위험도와 보행 능력, 균형, 이동능력을 알아보기 위한 평가도구이다. 환자는 팔걸이가 있는 의자에 앉아 시작 소리와 함께 의자에서 일어나 3미터를 걷고 돌아와 의자에 앉는다. 측정은 시작소리부터 환자가 의자에 앉기까지의 시간을 측정하며, 1회 연습과정을 거친 후 3회 반복 측정하여 평균값을 구한다. 10초 이내는 정상, 20초 이내는 좋은 이동성, 30초 이내는 이동성에 문제가 있다고 판단한다. 검사-재검사 신뢰도는(r=0.96), 측정자간 신뢰도는(r=0.92)이다.²⁰

(2) 균형관련 검사

① 뇌졸중 자세 평가 척도(Postural Assessment Scale for Stroke patients, PASS)

Postural Assessment Scale for Stroke patients (PASS)는

높기 자세, 앉은 자세, 선 자세로 점차적으로 어려운 동작을 하면서 균형을 측정한다. 총 12가지의 항목을 측정하며, 자세의 변화에 따라 안정적인 자세를 유지하고 평형을 유지할 수 있는가를 평가한다. 총 4단계로 나누어지고 각 항목 당 0-3 점으로 나누어져 있으며 총 36점이다. 검사-재검사간 신뢰도(r=0.93),²¹ 검사자 내 신뢰도는(r=0.97)이다.²²

② 버그 균형 척도(Berg Balance Scale, BBS)

Berg Balance Scale (BBS)은 성인의 정적-동적 균형과 낙상 위험을 평가하기 위해 총 14개의 항목을 측정한다. 다양한 정적-동적 움직임을 평가하며 항목 당 점수는 0-4점으로 총 5단계로 이루어져 있다. 모든 점수는 총 56점으로 이루어져 있으며 0~20점은 높은 낙상 위험도, 21~40점은 중등도 낙상 위험, 41~56점은 낮은 낙상 위험도로 검사-재검사 신뢰도는(r=0.98),²³ 검사자 내 신뢰도는(r=0.95)이다.²²

(3) 기능관련 검사

① 수정된 운동 평가 척도(Modified Motor Assessment Scale, MMAS)

운동기능 관련 검사를 위해 Modified Motor Assessment Scale (MMAS)를 사용하였다. MMAS는 Carr & Shepherd에 의해 Motor Assessment Scale (MAS)를 수정한 뇌졸중 환자에 대한 운동기능 평가 도구이다.²⁴ 타인의 도움 없이 환자 스스로 수행을 하며 각 항목마다 3회 반복하여 수행한 결과 중 가장 높은 점수를 채택하였다. 가장 잘 수행한 점수를 채택하기 때문에 일반적인 격려는 가능하나 부적절한 동작에 대해서 피드백은 주지 않았다. 총 8개 항목으로 이루어져 있으며 1개의 항목 당 0에서 6점, 총 7등급으로 평가하고 총 48점으로 이루어져 있다. MMAS에 대한 신뢰도는(r=0.97)으로 만족할 만한 신뢰도와 타당도를 가지고 있다.²⁵

② 뇌졸중 기능 회복평가(Fugl-Meyer Assessment, FMA)

Fugl-meyer Assessment는 Brunnstrom의 편마비 분류와 발달을 수정한 것으로 Brunnstrom의 회복 6단계를 50가지로 움직임을 세분화 하여 뇌졸중 후 운동기능의 회복 정도를 양적으로 평가한 것이다. FMA검사는 뇌졸중 환자의 기능 평가 시 공동운동(synergy)을 고려하여 평가한다. 구성은 상하지 운동기능 평가, 균형 검사, 감각 검사, ROM검사, 통증 검사로 이루어져 있으나 본 연구에서는 하지 운동기능 평가만 사용하였다. 실시방법은 각 소검사 별로 3회 실시하여 가장 높은 점수를 채택하였으며 30분정도 소요되어 경우에 따라 나누어서 검사를 하였다. FMA검사는 순차적인 점수 체계를 갖고 있는데 0점은 수행을 못하는 것, 1점은 부분적으로 수행하는 것, 2점은 완벽한 수행이다. 하지 운동기능 평가는 34점을 최대점수로 평가한다. 신뢰도는 측정자간 신뢰도($r=0.94$) 측정자 내 신뢰도($r=0.99$)의 신뢰도를 보인다.²⁶

(4) 일상수행능력 관련 검사

① 수정된 바델 지수(Modified Barthel Index, MBI)

Modified Barthel Index (MBI)는 barthel등이 개발한 Barthel Index를 1984년 shah등이 수정, 보완하여 개정된 일상생활 평가 도구로서 10개의 항목으로 구성되고 도움의 정도에 따라 5단계의 점수 체계를 가지며 총 100점이다. 0~24점은 완전 의존성, 25~49점은 최대 의존성, 50~74점은 부분 의존성, 75~90점은 약간 의존성, 91~99점은 최소 의존성, 100점은 완전 독립성을 나타낸다. 검사-재검사 신뢰도($r=0.89$) 검사자간 신뢰도($r=0.95$)이다.²⁷

2) 연구방법

실험군 환자는 로봇보조 보행 도구(Lokomat; Hocoma AG, Zurich, Switzerland)를 이용하여 트레드밀에서 걷는 훈련을 했다. 이 도구는 로봇보조 보행 도구인 Lokomat와 체중지지 시스템인 Lokobasis, 그리고 Woodway트레드밀(Weil am Rhein, Germany)로 이루어져 있다(Figure 1).

치료사는 환자를 Lokobasis의 Harness로 체중지지를 하여 서있게 한 뒤 환자의 다리를 정해진 순서에 따라 Lokomat과 결합한다. 고관절과 슬관절의 각도와 힘의 조절은 메인 컴퓨터로 Lokomat의 각 관절에 내장된 센서를 통해 개개인에 따라 조절이 가능하며, 고관절과 슬관절의 토크는 양쪽 혹은 한쪽의 다리에 0%에서 100%까지 조절을 할 수 있다. 트레드밀의 속도는 0 km/h에서 3 km/h까지 가능하며 체중지지는 0%에서 100%까지 조절이 가능하다. 치료 초기엔 환자 체중의 30%를 지지하여 시행 하였다.⁸ 훈련은 단계



Figure 1. Robot assisted gait training

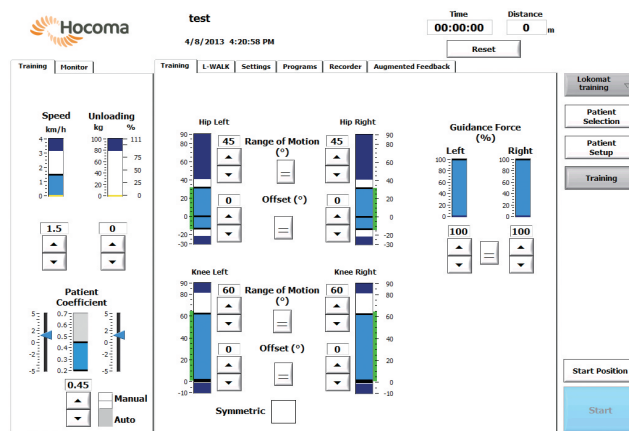


Figure 2. Lokocontrol software

적으로 강도를 높여나갔다: 속도는 환자가 치료시간 동안 수행할 수 있는 최대의 속도로 진행하였으며, 토크의 조절과 체중지지에 대한 지지 정도 또한 환자가 치료시간 동안 수행할 수 있을 정도로 지지 비율을 줄여 나갔다. 이와 같은 조절은 메인 컴퓨터인 Lokocontrol software에서 조정한다(Figure 2).

로봇보조 보행 훈련 시 전방의 스크린은 가상현실 시스템을 사용하였다(Figure 3). 가상현실 시스템은 Lokomat를 사용하는 동안 다양한 생체 되먹임(Bio-feedback)을 제공한다: 신체적인 힘의 되먹임(Force-feedback)은 환자와 도구의 상호적인 힘의 정도를 센서에서 반응하여 이를 가상 현실 시스템의 아바타(avatar)에 보여주어 힘의 되먹임과 시각적 되먹임(Visual-feedback)을 제공한다. 이는 환자가 가상현실에 보여지는 환경에서 나타나는 반응을 다시 Lokomat의 센서가 반응함으로써 상호적인 영향을 받는다. 또한 숲속에서의 새들의 소리와 동물의 소리는 1000Hz의 소리로



Figure 3. One of virtual reality program - catch it program

청각적 피드백(Auditive-feedback) 제공한다. 본 연구에 사용된 가상현실 프로그램은 catch it program으로(Figure 3), 주어진 시간 동안 가상현실의 숲속에서 보행하면서 장애물을 피하며 동물을 잡는 프로그램으로 동물을 잡을 경우 점수를 획득하는 방식으로 환자의 반응 및 동기부여를 끌어낼 수 있도록 하였으며 환자는 적절한 강도에서 양측의 다리를 능동적으로 움직일 수 있도록 하였다.

치료사는 환자가 치료시간 동안 최대의 훈련 강도를 수행할 수 있도록 동기부여 및 독려 하였다. 모든 환자는 결합시간 10분, 치료시간 30분을 포함하여 총 40분동안 훈련을 하였다. 실험군과 대조군은 모두 일반적인 중추신경발달치료와 근력강화, 균형훈련과 같은 일반적인 물리치료를 시행하였고, 실험군은 일반적인 물리치료에 추가적으로 로봇보조 보행훈련을 일 1회 30분씩, 주 5회, 4주간 진행하였다.

3. 자료 분석 방법

본 연구에서 수집된 자료는 Windows용 SPSS 12.0을 이용하여 자료분석 하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 표시하였다. 두 군에서 치료 중재 전, 후 시점별 보행관련 검사, 균형관련 검사, 기능관련 검사, 일상생활수행능력 검사의 차이와 각 군의 전·후 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 군내에서의 치료 전, 후의 보행관련 검사, 균형관련 검사, 기능관련 검사, 일상생활수행능력 검사의 차이를 비교하기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 보행관련 검사

1) 일어나 걸어가기 검사(Timed Up and Go, TUG)의 변화비교

중재 전 두 군간 TUG검사 측정값은 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 두 군의 중재 전, 후 TUG검사 결과들의 차이를 비교한 결과, 실험군은 중재 후 유의하게 향상되었으나($p < 0.05$), 대조군은 중재 후 유의하게 향상되지 않았다($p > 0.05$). 중재 후 측정값에서 두 군 간의 차이가 있었다($p < 0.05$). TUG를 이용한 보행시간의 변화는 실험군이 53.08 ± 50.51 초 감소하였고, 대조군은 17.38 ± 54 초 감소하였다(Table 2).

2. 균형관련 검사

1) 뇌졸중 자세 평가 척도(Postural Assessment Scale for Stroke patients, PASS)의 변화비교

중재 전 두 군간 PASS검사 측정값은 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 두 군의 중재 전, 후 PASS 검사 결과들의 차이를 비교한 결과, 실험군과 대조군 모두 중재 후 유의하게 향상되었다($p < 0.05$). 중재 후 측정값에서 두 군 간의 차이가 있었다($p < 0.05$). PASS를 이용한 균형관련 검사 결과 실험군이 10.53 ± 4.68 로 증가하였고, 대조군은 4.23 ± 4.39 로 증가하였다(Table 2).

2) 버그균형 척도(Berg Balance Scale, BBS)의 변화비교

중재 전 두 군간 BBS검사 측정값은 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 두 군의 중재 전, 후 PASS 검사 결과들의 차이를 비교한 결과, 실험군은 중재 후 유의하게 향상되었으나($p < 0.05$), 대조군은 중재 후 유의하게 향상되지 않았다($p > 0.05$). 중재 후 측정값에서 두 군 간의 차이가 있었다($p < 0.05$). BBS를 이용한 균형관련 검사 결과 실험군이 22.84 ± 8.47 로 증가하였고, 대조군은 4.46 ± 9.80 으로 증가하였다(Table 2).

3. 기능관련 검사

1) 수정된 운동 평가 척도(Modified Motor Assessment Scale, MMAS)의 변화비교

중재 전 두 군간 MMAS검사 측정값은 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 두 군의 중재 전, 후 MMAS검사 결과들의 차이를 비교한 결과, 실험군은 중재 후 유의하게 향상되었으나($p < 0.05$), 대조군은 중재 후 유의하게 향상되지 않았다($p > 0.05$). 중재 후 측정값에서 두 군 간의 차이가 있었다($p < 0.05$). MMAS를 이용한 기능관련 검사 결과 실험군이 15.53 ± 6.89 로 증가하였고, 대조군은 4.15 ± 7.66 으로 증가하였다(Table 2).

2) 뇌졸중 기능회복평가(Fugl-Meyer Assessment, FMA)의 변화비교

Table 2. Comparison of pre-test and post-test between the experimental and control groups

TEST		Experiment group (n=13)	Control group (n=13)	t
TUG	Pre	*77.13 ± 49.26	82.57 ± 39.75	-0.310
	Post	24.05 ± 11.45	65.19 ± 66.3	-2.20 †
	t	3.78 †	1.15	
PASS	Pre	22.69 ± 4.53	20.38 ± 6.62	1.03
	Post	33.23 ± 2.55	24.61 ± 7.03	4.15 †
	t	-8.11 †	-3.46 †	
BBS	Pre	18.92 ± 6.06	17.46 ± 7.66	0.53
	Post	41.76 ± 8.74	21.92 ± 13.11	4.54 †
	t	-9.72 †	-1.64	
MMAS	Pre	21.53 ± 9.07	18.61 ± 7.68	0.88
	Post	37.07 ± 8.94	22.76 ± 12.41	3.37 †
	t	-8.12 †	-1.95	
FMA	Pre	14.23 ± 6.67	16.92 ± 5.73	-1.10
	Post	23 ± 6.68	22 ± 6.64	0.38
	t	-6.89 †	-2.63	
MBI	Pre	36.38 ± 7.74	33.38 ± 12.03	0.75
	Post	82.46 ± 17.4	57.38 ± 28.02	2.74 †
	t	-9.62 †	-3.87 †	

*Values are presented as mean ± Standard deviation

† p<0.05

TUG : Timed Up and Go

PASS : Postural Assessment Scale for Stroke patients

BBS : Berg Balance Scale

MMAS : Modified Motor Assessment Scale

FMA : Fugl-Meyer Assessment

MBI : Modified Barthel Index

중재 전 두 군간 FMA검사 측정값은 유의한 차이가 없었다 (p>0.05). 두 군의 중재 전, 후 FMA검사 결과들의 차이를 비교한 결과, 실험군은 중재 후 유의하게 향상되었으나(p<0.05), 대조군은 중재 후 유의하게 향상되지 않았다(p>0.05). 중재 후 측정값에서 두 군 간의 차이가 없었다(p>0.05). FMA를 이용한 기능관련 검사 결과 실험군이 8.76±4.58로 증가하였고, 대조군은 5.07±6.94으로 증가하였다(Table 2).

4. 일상수행능력 관련 검사

1) 수정된 바델 지수(Modified Barthel Index, MBI)의 변화비교.

중재 전 두 군간 MBI검사 측정값은 유의한 차이가 없었다 (p>0.05). 두 군의 중재 전, 후 MBI검사 결과들의 차이를 비교한 결과, 실험군과 대조군 모두 중재 후 유의하게 향상되었다(p<0.05). 중재 후 측정값에서 두 군 간의 차이가 있었다

(p<0.05). MBI를 이용한 일상수행능력 관련 검사 결과 실험군이 46.07±17.26로 증가하였고, 대조군은 24±22.34으로 증가하였다(Table 2).

IV. 고찰

뇌졸중 발생 후 환자는 금기 사항이 없는 한 조기에 침상에서 움직이도록 유도하고, 앉히고, 휠체어로 움직이게 하며 기립을 유도하고 걷도록 해야 한다.²⁸ 뇌졸중 환자의 재활에 있어서 보행 능력의 획득은 환자의 독립성과 직결되는 중요한 요소로 재활치료의 목표 중 하나이다.³ 마비 측 하지 부하와 체중 이동 능력의 향상은 보행 능력에 직접적인 향상을 가져온다.²⁹ 또한 자신의 힘으로 걸을 수 없는 환자는 체중지지 상태에서의 트레드밀 보행 훈련을 통해 하지의 협응 작용과 운동 조절을

촉진시키며 환자의 자신감을 높인다고 하였다.³⁰ 이에 조기에 보행 훈련을 보조해주며 치료사의 육체적 노력과 시간을 줄이고 보행 운동학의 반복적 재연성을 개선하며 보행 운동 시간을 증가시킬 수 있는 방법으로 로봇보조 보행 장치가 고안되었다.¹⁰ 최근 로봇을 이용한 훈련의 효과에 대한 연구들이 많이 보고되고 있다.^{8,11,32,38} 본 연구는 가상현실을 이용한 조기 로봇 보조 보행 훈련이 뇌졸중 환자에게 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 고안되었다. 본 연구의 결과 가상 현실을 이용한 조기 로봇보조 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 보행 능력, 균형능력, 기능적 움직임, 일상생활수행능력에 향상을 가져오는 것으로 나타났다.

로봇보조 보행 훈련은 체중지지 트레드밀에서 훈련하는 것보다 마비 측 다리 입각기의 체중지지를 증가시키며 근육의 양과 활성도를 증가시켜 본 연구에서 실험군의 보행능력에 향상을 가져온 것으로 보인다.⁸ 본 연구에서 적용한 로봇보조 보행 훈련은 마비 측 다리에 긴 입각기와 유각기의 시간을 적용하여 정상적인 보행 패턴으로 장시간 훈련 하였으며 가상현실 프로그램을 이용하여 훈련의 동기부여를 유도하고 움직임의 되먹임을 받을 수 있도록 하였다.³¹ Mayr A등¹¹은 뇌졸중 환자를 대상으로 6주간 로봇보조 보행 훈련을 시행한 결과 보행기능과 지구력 근력에서 일반적 물리치료를 시행한 군보다 좀 더 효과적이었다고 보고 하였으며, Jung KH등³²은 로봇보조 보행 훈련은 훈련의 최종 목적인 실제 보행과 유사한 환경을 제공하고 집중적으로 반복 훈련을 할 수 있도록 고안된 장치라는 점에서 임상적으로 유용하다 할 수 있다고 하였다.

본 연구에서는 뇌졸중 환자에게 가상현실을 접목한 조기 로봇보조 보행 훈련의 중재를 함으로써 보행 능력 및 균형능력, 기능적 움직임의 능력, 일상생활 수행능력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였다. 보행 능력에 관한 검사는 일어나 걸어가기 검사(Timed Up and Go, TUG)로 측정하였다. 균형 관련 검사는 뇌졸중 자세 평가 척도(Postural Assessment Scale for Stroke patients, PASS)와 버그 균형 척도(Berg Balance Scale, BBS)를 측정하였다. PASS와 BBS는 임상 실험에서 정보 수집이 용이하고 환자의 기능적 상태를 잘 반영할 수 있기 때문에 균형 능력 검사에 사용 하였다.³³ 기능적 움직임 관련 검사는 운동 평가 척도(Motor Assessment Scale, MAS)를 수정한 수정된 운동 평가 척도(Modified Motor Assessment Scale, MMAS)와 뇌졸중 기능 회복 평가(Fugl-Meyer Assessment, FMA)의 하지 관련 항목을 측정하였고 일상수행 능력 관련 검사를 위해 수정된 바텔 지수(Modified Barthel Index, MBI)를 검사하였다.

가상현실을 이용한 조기 로봇보조 보행 훈련을 한 결과 보행 능력에 관한 검사인 TUG에서 대조군에 비해 유의한 향상을 보였으며, 균형 관련 검사인 PASS와 BBS에서도 대조군에 비해 유의한 향상을 보였다. 기능적 움직임 관련 검사인 MMAS에서는 대조군에 비해 유의한 향상을 보였으나 FMA검사에서는 유의한 향상을 보이지 않았으나 일상수행 능력 관련 검사인 MBI검사에서 대조군에 비해 유의한 향상을 보였다. 이는 Brüttsch K등³⁴이 보고한 신경학적 보행 장애가 있는 환자에게 가상현실을 이용한 로봇보조 보행 훈련을 적용한 결과 로봇보조 보행 훈련 시 보다 더 참여적이었으며 높은 동기부여를 준 결과와 일치한다. 이에 본 연구도 로봇보조 보행 훈련의 장점과 더불어 가상현실이 이용되어 더 많은 효과를 나타낸 것으로 생각된다.

본 연구에서는 체중 탈 부하와 로봇보조 보행 기구를 사용함으로써 환자에게 안정감을 주며 운동학습 이론에 입각한 보행 훈련을 하도록 하였으며, 4주간 실험군에게 로봇보조 보행 훈련을 적용한 결과 보행 능력과 균형 기능 및 일상수행 능력에서 유의한 결과를 얻을 수 있었다. 이처럼 조기에 보행 동작과 최대한 비슷한 운동을 집중적으로 반복 학습, 훈련하게 하는 로봇 보조 보행훈련은 안전하며 목표 지향적인 훈련을 빠른 시간내에 가능하게 한다.³⁵

또한 본 연구는 로봇보조 보행 훈련에 컴퓨터로 현실적인 환경을 제공하는 훈련법인 가상현실을 접목함으로써 환자에게 적절한 동기부여를 통해 흥미를 유발하고 새로운 운동기술의 학습이 가능하도록 하였으며, 환자에게 좀 더 훈련에 참여적이고 실제의 보행 환경과 유사한 환경에서 동일한 치료 시간 동안 많은 보행 연습할 수 있도록 하였다. 가상현실은 병원내의 제한된 환경에서 벗어나 다양한 가상환경을 제공하면서 동일한 조건에서 지속적으로 치료를 시행할 수 있도록 하며 더불어 환자에게 동기부여를 이끌어 내게 하였다.³⁶

가상현실을 이용한 조기 로봇보조 보행 훈련은 보행이 어려운 뇌졸중 환자에게 조기에 보행 훈련을 하기 위한 하나의 과제 지향적 접근법으로서의 대안적 치료로 유용한 접근법이 될 수 있을 것이다.^{37,38}

본 연구에서는 대상 환자수가 26명으로 대상자의 수가 많지 않아 전체 뇌졸중 환자에게 일반화하기 어렵다는 점과 비교적 4주간의 짧은 치료기간과 추적관찰이 이루어지지 않아 장기간 동안의 훈련에 따른 훈련 방법의 효과 차이를 충분히 반영하지 못했다는 점 그리고 급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하여 자발적 회복으로 인한 영향 및 심리, 사회적 요인들을 통제하지 못한 점을 제한점으로 들 수 있다. 향후 이러한 제한점들을 보

완하여 뇌졸중 환자에게 가상현실을 이용한 로봇보조 보행 훈련의 다양한 측면의 연구들이 진행되어 로봇 재활 분야가 새로운 재활 치료의 분야로서 확고히 하였으면 한다.

참고문헌

- Hong KS, Bang OY, Kang DW et al, Stroke statistics in korea: part I, epidemiology and risk factors: a report from the korean stroke society and clinical research center for stroke, *J Stroke* 2013;15(1):2-20.
- Kim JH, A Study on the correlation between static, dynamic standing balance symmetry and walking function in stroke, *J Korean Soc Phys Ther*, 2012;24(2):73-81.
- Lee MS, Lee JH, Park SG et al, The effect of ankle joint taping applied to patients with hemiplegia on their gait velocity and joint angles, *J Korean Soc Phys Ther*, 2012;24(2):157-62.
- Suzuki T, Yoshida H, Hashimoto T. Case-control study of risk factors for hip fractures in the japanese elderly by a mediterranean osteoporosis study questionnaire, *Bone* 1997;21(5):461-7.
- Langhammer B, Stanghelle JK, Co-variation of tests commonly used in stroke rehabilitation, *Physiother Res Int*, 2006;11(4):228-34.
- Dobkin BH, Bruce H. An overview of treadmill locomotor training with partial body weight support: a neurophysiologically sound approach whose time has come for randomized clinical trials, *Neurorehabil Neural Repair*, 1999;13(3):157-65.
- Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT et al, Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients, *Stroke*, 1995;26(6):976-81.
- Britta Husemann, Friedemann Müller, Carmen Krewer et al, Effects of locomotion training with assistance of a robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke: a randomized controlled pilot study, *Stroke*, 2007;38(2):349-54.
- Kosak MC, Reding MJ, Comparison of partial body weight-supported treadmill gait training versus aggressive bracing walking post stroke, *Neurorehabil Neural Repair*, 2000;14(1):13-9.
- Colombo G, Wirz M, Dietz V, Driven gait orthosis for improvement of locomotor training in paraplegic patients, *Spinal Cord*, 2001;39(5):252-5.
- Mayr A, Kofler M, Quirbach E et al, Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the lokomat gait orthosis, *Neurorehabil Neural Repair*, 2007;21(4):307-14.
- Lum PS, Burgar CG, Shor PC et al, Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke, *Arch Phys Med Rehabil*, 2002;83(7):952-9.
- Weiss, PL, Rand, D, Katz N et al, Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool, *J Neuroeng Rehabil*, 2004;1(1):1-12.
- Weiss PL, Bialik P, Kizony R, Virtual reality provides leisure time opportunities for young adults with physical and intellectual disabilities, *Cyberpsychol Behav*, 2003;6(3):335-42.
- Merians AS, Jack D, Boian R et al, Virtual reality- augmented rehabilitation for patients following stroke, *Phys Ther*, 2002;82(9):898-915.
- Yang YR, Tsai MP, Chuan 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.
- Song MS, Kang TW, No HJ et al, Effects of Robot-assist training using virtual reality program on Gait ability in patient with acute spinal cord injury, *Journal of Special Education & Rehabilitation Science* 2012;51(3):347-362.
- Marchal-Crespo L, Reinkensmeyer DJ, Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury, *J Neuroeng Rehabil*, 2009;16(6):6-20.
- Park JH, Kwon YC, Standardization of korean version of the mini-mental state examination(MMSE-K) for use in the elderly, part II, diagnostic validity, *J Korean Neuropsychiatr Assoc*, 1989;28(3):508-13.
- Podsiadlo D, Richardson S, The timed "up & go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons, *J Am Geriatr Soc*, 1991;39(2):142-8.
- Liaw LJ, Hsieh CL, Lo SK et al, The relative and absolute reliability of two balance performance measures in chronic stroke patients, *Disabil Rehabil*, 2008;30(9):656-61.
- Mao HF, Hsueh IP, Tang PF et al, Analysis and comparison of the psychometric properties of three balance measures for stroke patients, *Stroke*, 2002;33(4):1022-7.
- Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, The balance scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke, *Scand J Rehabil Med*, 1995;27(1):27-36.
- Carr JH, Shepherd RB, Investigation of a new motor assessment scale for stroke patient, *Phys Ther*, 1985;65(2):175-80.
- Loewen SC, Anderson BA, Predictors of stroke outcome using objective measurement scales, *Stroke*, 1990;21(1):78-81.
- Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE, The fugl-meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties, *Neurorehabil Neural Repair*, 2002;16(3):232-40.
- Granger CV, Albrecht GL, Hamilton BB, Outcome of comprehensive medical rehabilitation: Measurement by pulsesprofile and the barthel Index, *Arch phys Med Rehabil*, 1979;60(4):145-54.

28. Arias M, Smith LN. Early mobilization of acute stroke patients. *J Clin Nurs*. 2007;16(2):282-8.
29. Sung DY, Kim JH, Park JW. The effect of changes in foot cutaneous sensation on plantar pressure distribution during gait. *J Korean Soc Phys Ther*. 2012;24(5):306-12.
30. Miller EW, Quinn ME, Seddon PG. Body weight support treadmill and overground ambulation training for two patients with chronic disability secondary to stroke. *Phys Ther*. 2002;82(1):53-61.
31. Brutsch K, Schuler T, Koenig A et al. Influence of virtual reality soccer game on walking performance in robotic assisted gait training for children. *J Neuroeng Rehabil*. 2010;22(4):7-15.
32. Jung KH, Ha HG, Shin HJ et al. Effects of Robot-assisted Gait Therapy on Locomotor Recovery in Stroke Patients. *J Korean Acad Rehab Med*. 2008;32(3):258-66.
33. An SH, Kim JH, Song CH. The comparison of postural assessment scale for stroke(PASS : 5 items-3 level) and berg balance scale(BBS : 7 items-3 level) used for patients with stroke. *The Korean society of Physical Medicine*. 2010;5(1):89-99.
34. Britsch K, Koenig A, Marillat-Koeneke S et al. Virtual reality for enhancement of robot-assisted gait training in children with neurological gait disorders. *J Rehabil Med*. 2011;43(6):493-9.
35. Crosbie JH, Lennon S, Basford JR et al. Virtual reality in stroke rehabilitation: still more virtual than real. *Disabil Rehabil*. 2007;29(14):1139-1146.
36. Mehrholz J, Hadrich A, Platz T et al. Electro-mechanical and robot-assisted arm training for improving generic activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;6: CD006876.
37. Kim JJ, Gu S, Lee JJ et al. The effects of virtual reality-based continuous slow exercise on factors for falls in the elderly. *J Korean Soc Phys Ther*. 2012;24(2):90-7.
38. Lee JH, Park SW, Kang JI et al. Effects of virtual reality exercise program on muscle activity and balance abilities in elderly women. *J Korean Soc Phys Ther*. 2011;23(4):37-44.