

아급성기 뇌졸중 환자에서 추가적 균형 훈련의 효과

명지춘혜병원 재활의학과

이황재 · 박시운 · 황달연 · 이용석

The Effects of Additional Balance Training in Subacute Hemiplegic Stroke Patients

Hwang-Jae Lee, MSc, P.T., Si-Woon Park, M.D., Dal Yeon Hwang, P.T. and Yong Seok Lee, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Myongji Choonbey Hospital

Objective: This study investigated the effects of additional balance training using three dimensional balance trainer on dynamic balance, gait symmetry and fall efficacy in subacute hemiplegic stroke patients.

Method: This study designed pretest-posttest control group. Twenty subacute stroke patients were randomly assigned to an experimental or a control group. All patients had conventional physical therapy. In addition, 10 patients in experimental group was trained with the three dimensional balance trainer (BalPro[®]) for 30 min/day, 5 day/week for 4 weeks. All participants were assessed by: Berg Balance Scale (BBS), Timed Up and Go test (TUG), gait symmetry, and Fall efficacy scale-Korea (FES-K) before and after training.

Results: All participants of both group showed statistically significant improvements in dynamic balance, gait symmetry and fall efficacy. More improvements were shown significantly in experimental group than those in control group in BBS, TUG, step length symmetry ($p < 0.05$) and single limb support symmetry ($p < 0.01$).

Conclusion: Additional balance training with conventional physical therapy is feasible and may be an effective tool to improve dynamic balance and gait symmetry in subacute patients. (Brain & NeuroRehabilitation 2013; 6: 73-81)

Key Words: balance, fall efficacy, gait symmetry, stroke

서 론

뇌졸중은 다양한 증상을 일으키지만, 상지와 하지의 운동 기능장애와 감각, 감정, 그리고 인지적 손상이 지배적이고 능동적인 운동을 위한 감소된 능력과 움직임의 손실로서 명백하게 나타난다.^{1,2} 뇌졸중은 대표적으로 좌측과 우측의 편마비로 나타나며, 이로 인하여 특히 자세 조절(postural control)의 문제는 감각-운동(sensori-motor) 손상의 결과로 인하여 나타나게 되는데 이는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자는 균형능력을 저하 시키며, 보행의 비대칭성으로 인하여 독립적인 보행에 어려움을 느끼게 하고 낙상의 위험도를 높이는 결과를 일으킨다.³

균형이란 중력의 변화에 대항하고 적응하여 바로 세운 자세를 유지하는 능력으로 정의할 수 있으며, 정적이고 동적인 움직임이 발생하는 동안 몸의 무게 중심이 지지면(base of support) 안에서 위치할 수 있도록 하는 자세 조절 기전을 통하여 균형을 유지할 수 있게 된다.⁴ 보행과 움직임의 필수적인 요소로 충분한 자세 조절과 균형이기 때문에, 균형조절 능력을 향상시키기 위한 물리치료적 접근으로 다양한 중재 방법들을 사용하고 있다. 몇 가지 치료적 접근으로 체간 하부 안정성 강화운동,⁵ 시각적 피드백 훈련,⁶ 과제 중심 순환 훈련⁷ 등의 많은 치료적 중재 방법들에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.⁸ 최근 비장애인들을 대상으로 시각적 피드백을 이용하여 게임 프로그램을 통한 균형 훈련을 하도록 할 수 있는 게임기가 개발되어 훈련을 진행하고 있으며, 이러한 균형 훈련은 Shumway-Cook의 운동학습이론에 기초를 두어 반복적으로 수행하는 움직임의 학습보다는 문제를 해결하면서 움직임을 학습하는 것이 더 효과적임을 보고하였다.^{9,10} 하지

접수일: 2013년 3월 20일, 1차 심사일: 2013년 4월 22일,

게재승인일: 2013년 7월 24일

교신저자: 이용석, 서울시 영등포구 대림3동 782-3

☎ 150-816, 명지춘혜병원 재활의학과

Tel: 02-3284-7717, Fax: 02-3284-7888

E-mail: rmdrlee@yahoo.com

만 이러한 균형 훈련들은 몇 가지 제한을 가지고 있는데, 많은 일상생활 움직임에 관련된 균형 훈련들은 수평면, 또는 “앉고-서기 훈련(sit to standing training)”과 같은 수직면 훈련에 제한된다는 점이다.¹¹ 이러한 제한점을 해결하기 위하여 Lee 등¹¹의 연구에서는 만성 뇌졸중 환자들을 대상으로 균형 조절 훈련기(balance control trainer)를 이용하여 3차원 안의 모든 방향에서 균형 훈련을 할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 또한 균형 조절기를 이용한 다른 선행 연구를 통해 독립적 보행이 어려운 만성 뇌졸중 편마비 환자에서 과제 지향적인 균형 조절 훈련기를 활용한 훈련을 고식적 재활치료와 함께 병행하여 균형 및 보행 기능이 향상됨을 보여주었다.¹⁰

뇌졸중 환자에 있어서 낙상은 기능적인 문제뿐만 아니라 골절 등의 심각한 합병증을 일으킬 수 있으며, 또한 자신의 능력에 대한 신뢰감 상실, 일상생활에 대한 두려움에 이를 수 있기 때문에 간과해서는 안될 매우 중요한 문제이다.¹² 뇌졸중 편마비 환자의 선 자세는 특징적으로 비마비측보다 마비측이 체중을 덜 싣는 비대칭 체중부하를 보이게 되고 특징을 보이게 되고 안정적 지지를 위한 넓은 자세의 동요를 나타나게 된다.¹³ 편마비 환자 재활치료 시 많은 환자들에서 이동 동작 훈련과 보행 훈련에 중점을 두어 시행하게 되는데 이 경우 많은 환자들에게 낙상 위험의 노출은 불가피한 상황이다.¹⁴ Botner 등¹⁵의 연구에서는 균형능력과 균형자신감이 깊은 관계를 가지고 있다는 것을 증명하였고, 또한 Ashburn 등¹⁶의 연구에서는 뇌졸중 환자의 낙상 위험군을 예측하는 연구를 통하여 뇌졸중 이후 낙상 빈도가 많고 위험성이 높음을 보여주었다.

본 연구의 목적은 일반적인 물리치료와 병행하여 슬관절의 움직임 센서를 통한 체중의 수직적 움직임과 체중의 좌, 우 압력 센서를 통한 수평적 움직임을 결합한 훈련장비에 게임 형태의 시각적 되먹임을 통하여 과제 지향적인 움직임이 가능하도록 고안된 삼차원 균형 훈련기를 이용하여 선 자세 유지와 실내 보행은 가능하나 균형 감각의 어려움 등으로 비대칭적인 보행을 가진 아급성기 편 마비 환자들을 대상으로 균형 훈련을 실시한 후, 균형 능력과 보행 대칭성이 얼마나 향상 되었는지 증명하고 나아가 환자의 낙상에 대한 자신감에 얼마나 영향을 미쳤는지를 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

본 연구는 처음으로 뇌졸중으로 진단을 받고 서울시 소재 M 재활병원에 입원하여 치료중인 편마비 환자 24명을

대상으로 실시하였다. 대상자는 모두 고관절 신전 근력, 슬관절 신전 근력이 도수 근력 평가에서 3등급(Fair) 이상인 자¹⁰로 기립 자세에서 독립적으로 정적 균형을 유지할 수 있는 뇌졸중 발병일로부터 3개월에서 6개월 사이의 아급성기 편마비 환자로 하였다. 보조 도구의 사용에 상관없이 독립적으로 10 m 이상 보행이 가능한 자, 지시하는 내용을 이해하고 정확히 따를 수 있는 자로 한국형 간이정신상태 판별(Mini Mental Examination-Korea version)에서 교육수준을 고려한 평균 점수가 24점 이상인 자로 선정을 하였다. 또한 삼차원 균형 훈련기의 적용 범위는 균형의 문제로 인하여 독립적인 보행이 어려운 대상부터 동적인 균형력은 약하지만 독립적인 보행이 가능한 대상까지 범위로 정하지만 대상자가 훈련의 어려움으로 인한 동기 부여가 소실되지 않게 하기 위하여 본 연구에서는 보조 도구 사용의 상관없이 약간의 독립적인 보행이 가능한 자로 선정을 하였다. 선정 제외 기준으로는 시각적 되먹임을 위하여 시야 결손 및 시각적 장애가 있는 자, 하지에 정형외과적 질환이 있는 자는 제외하였다. 연구가 실시되기 전에 모든 참여자들에게 본 연구에 대하여 자세히 설명한 후에 자발적인 동의를 한 자를 대상으로 본 실험을 실시하였다.

2) 연구 설계 및 절차

본 연구는 모든 대상자에게 제비 뽑기를 실시하여 무작위로 삼차원 균형 훈련군과 대조군으로 구분하였으며, 사전-사후 통제 집단 설계(pretest-posttest control group design)로 중재 시작 이전에 사전검사를 실시하고 4주간의 중재 기간 이후 사후검사를 시행하였다. 연구 중재 기간은 2012년 11월 26일부터 12월 21일까지 4주간 시행을 하였고 모든 그룹들은 4주간 주 5회로 환자 개인의 수준에 맞게 조절하여 일반적인 물리치료를 시행하였다. 일반적인 물리치료로는 기능적 매트 훈련, 관절가동범위 훈련, 보행 훈련이 포함되었다. 삼차원 균형 훈련군은 추가로 4주간 주 5회, 회당 30분씩 삼차원 균형 훈련기를 이용하여 훈련을 시행하였다.

초기 전체 선정 대상자 24명을 삼차원 균형 훈련군 12명과 대조군 12명으로 나누었으며, 연구 시행 중 삼차원 균형 훈련군에서 2명의 대상자가 탈락되었고, 대조군에서도 중재 도중에 2명이 탈락되어 최종적으로는 삼차원 균형 훈련군 10명, 대조군 10명으로 실험을 완료하였다.

3) 삼차원 균형 훈련기 및 삼차원 균형 훈련방법

삼차원 균형 훈련기는 최근 임상에서 활용이 이루어지고 있는 균형훈련장치로 경북대학교 의학전문대학원 재

활의학교실과 경북대학교 공과대학 가상현실연구소가 협력하여 제작된 BalPro[®] (Man&tel co, Gumi, South Korea)를 사용하였다. 삼차원 균형 훈련기는 슬관절 각도를 인식하는 기울기 센서(tilt sensor)가 내장된 커프(cuff), 그리고 센서에서 얻어낸 정보들을 이용한 열매 수확 게임 프로그램이 들어있는 본체가 내장된 모니터로 구성되었다. 또한 체중 이동 훈련 시 환자의 낙상을 방지하기 위하여 필요 시에는 체중 탈 부하 장치를 이용하여 실시하였다. 발판 내부에 내장된 압력 센서(pressure sensor)는 환자의 체중 압력 중심점을 인식하여 환자의 체중이 좌우 이동을 실시할 때 게임 시 스크린 상에 손가락 모양의 커서(cursor)가 좌우로 이동할 수 있도록 하고, 상하의 움직임은 무릎 상단 바깥쪽으로 부착된 기울기 센서(tilt sensor)의 커프(cuff)로 인하여 슬관절 굴곡과 신전 각도의 인식으로 시행하였다. 이러한 바닥의 압력 센서를 이용한 좌우 체중 이동과 슬관절 굴곡 및 신전의 동작을 통하여 스크린 상의 손가락 모양의 커서를 움직여 나무에 무작위로 달려있는 열매를 터치하는 게임을 실시하였다. 게임의 난이도는 열매의 크기에 따라 가장 큰 크기에 수박에서부터 호박, 사과, 감, 밤, 대추, 딸기 순으로 7단계로 되어 있으며 손가락 모양 커서의 크기는 난이도가 어려워질수록 작아지도록 설정되었다. 게임을 실시하기 전에 프로그램에 내장되어 있는 평가프로그램이 대상자의 기립 상태 시 체중 분포도

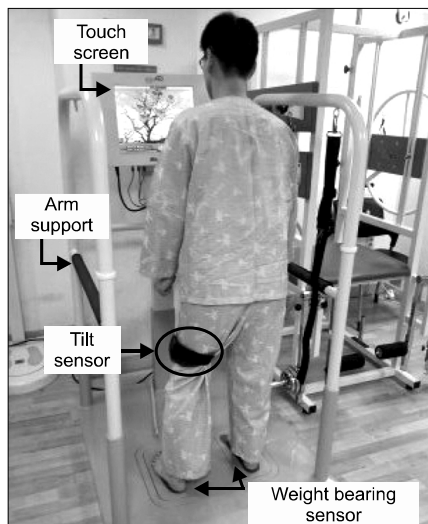


Fig. 1. Setting for three dimensional balance trainer (TDBT). The TDBT consist of a balance board with weight bearing sensor to right or left side, conventional touch screen, tilting sensor which detects the degree of affected knee flexion and extension. A subject stands on the balance board, with performing balance training with game system. Subjects were encouraged to increase the challenge level and to try to improve their performance of each activity during the intervention duration.

와 슬관절 굴곡 및 신전 각도를 평가 한 후 개인에게 맞는 난이도로 설정되어 실시 되도록 제작되었다. 열매 수확 게임은 무작위로 열려 있는 열매를 다 따낼 경우에 다음 난이도의 열매로 바뀌면서 게임을 실행 할 수 있도록 하였다 (Fig. 1).

삼차원 균형 훈련기를 이용한 훈련은 환자 개인의 난이도에 맞추어 하루 30분간 실시를 하였으며 10분 시행, 5분 휴식으로 정하여 한 세션(session) 당 총 20분간 훈련을 실시하고 10분간 휴식으로 실시하였다. 매 시행 후 과일을 수확한 개수를 기록하여 참여자에게 훈련의 동기부여를 가질 수 있도록 하였다.

4) 측정방법 및 도구

모든 측정을 위하여 평가자는 2년 이상의 경력을 가진 물리치료사 5명으로 구성되어졌다. 측정을 위하여 평가자에게 측정에 대한 충분한 연습을 하도록 하였고 사전, 사후 측정 모두 동일한 측정자가 실시하였다.

(1) 동적 균형능력 측정

가) 버그 균형 검사(Berg Balance Scale, BBS): 이 검사는 자세 유지, 수의적 운동에 의한 자세조절, 외부동요에 대한 반응 등 3가지 측면을 고려한 기능적인 균형 검사로 낙상의 고 위험도를 가진 노인과 신경계 질환 환자의 동적인 균형 능력을 목적으로 사용되어 왔다. 14개의 항목으로 구성되어 0~4점의 5점 척도로 구성되어 있고 56점이 만점이다. 본 연구에서는 대상자가 측정을 의식하지 않도록 3회 연습 후 충분한 휴식 후에 3회 반복 측정하여 평균값을 구하여 측정하였다.

나) 일어나 걸어가기 검사(Time Up and Go, TUG): 일어나 걸어가기 검사는 기본적인 운동성과 균형을 빠르게 평가할 수 있는 검사법으로 팔걸이가 있는 의자에서 앉아 “시작”이라는 신호에 따라 의자에서 일어나 전방 3m 지점까지 걸어난 후 돌아와서 의자에 앉기까지의 시간을 측정하는 방법으로 본 연구에서 측정자는 초 시계를 사용하여 3회 측정하여 평균값을 구하여 기록하였다.

(2) 보행 대칭성 측정

보행의 시, 공간 변수들은 보행 대칭성을 구할 수 있는 중요한 요인이 된다.¹⁷ 이러한 보행의 시, 공간적 변수를 수집하기 위하여 보행 분석기(GAITRite, CIR system Inc, USA 2008)를 사용하였다. GAITRite는 보도(walkway) 활동영역이 폭 61 cm, 길이 5 m, 높이 0.6 cm로 되어 있으며 보도에는 특수한 센서가 부착되어 있어 대상자의 시간적, 공간적 변수에 대한 정보를 수집하여 컴퓨터화 된 분석을 통하여 정확히 측정하도록 해준다. 본 연구에서 수집된 시간적 변수로는 보행 속도, 분속수, 한발 지지기로 수집하

였고 공간적 변수로는 보장과 활보장을 수집하였다. 수집된 정보에서 시, 공간 대칭 비율을 이용하여 보장 대칭률과 한발지지기 대칭률을 측정하여 보행 대칭성 값을 구하였고 대칭률의 공식은 Patterson¹⁸과 Yang 등¹⁹의 연구에서 사용된 공식을 이용하여 구하였다(Fig. 2). 절대값을 사용한 보행 대칭률은 비율 값이 1에 가까울수록 보행 대칭성이 증가하고, 1에서 멀어질수록 보행 대칭성 감소를 말한다.²⁰ 측정은 대상자를 보도판 1.5 m 앞에서 있도록 한 후 측정자의 구두지시에 의하여 가장 편안한 속도로 보도판 위를 걷도록 하고 보도판 밖으로 나와 1.5 m 지나서 있도록 하였다. 측정하는데 의식하지 않도록 측정 전 3회 연습 후 5분간 충분한 휴식을 취한 후에 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

(3) 낙상 효능감 측정(Falls Efficacy Scale-Korea, FES-K)

자가 효능감(self-efficacy) 이론에 근거해서 만들어진 낙상 효능감 검사는 총 10문항으로 구성된다.²¹ 각 문항은 목욕이나 샤워를 한다, 옷장(벽장) 안에서 물건을 꺼낸다, 가벼운 집안일을 한다(먼지 닦기/옷장 청소 등), 집 주변을 산책한다, 잠자리에 들고, 일어난다, 밤에 화장실 가기 위해 일어난다, 의자에 앉고 선다, 옷을 입고 벗는다, 세수, 머리 빗기 등 몸단장을 한다, 변기에 앉고 선다 항목으로 구성되었다. 각 항목은 최고 10점에서 최저 1점으로 측정되며, 10점은 '아주 잘 할 수 있다'로 낙상을 하지 않을 것이라는 자신감이 높다는 것을 나타낸다. 검사는 설문지 형식으로 측정자와 환자의 1:1 인터뷰 형식으로 시행된다. 본 연구에서는 설문지에 대한 의식을 최소화하기 위하여 사전 검사 후 24시간 후에 같은 검사자로 재평가를 실시하여 두 번의 검사의 합을 평균하였고 중재 후에 사후 검사에서도 측정 후 24시간 후에 재평가를 실시하였다.

$$\frac{SL_{non\ paratic}}{SL_{paratic}} = \text{Spatial symmetry ratio}$$

$$\frac{SLS_{nonparatic}}{SLS_{paratic}} = \text{Temporal symmetry ratio}$$

Fig. 2. A formula of the gait symmetry ratio (spatial symmetry ratio, temporal symmetry ratio). $SL_{non\ paratic}$ and $paratic$: Step length of non paratic side and paratic side. $SLS_{nonparatic}$ and $paratic$: Single limb support (% of gait cycle) of non paratic side and paratic side.

5) 통계 분석

모든 통계분석은 SPSS ver. 15.0을 이용하였다. 중재 시작 전과 중재 후에 측정한 값들을 평가하기 위하여 Wilcoxon signed-rank test를 사용하였고, 실험군과 대조군의 두 군간 측정값들의 변화를 비교하기 위해서는 Mann-Whitney U-test를 이용하였다. 통계적 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

1) 연구 대상자의 일반적 특성

연구에 참여한 일반적인 특성은 Table 1과 같다. 대상자들은 총 20명으로 구성되어 있으며 실험군과 대조군 모두는 남자가 7명, 여자가 3명이었고, 우측 편마비 환자가 8명 좌측 편마비 환자가 2명으로 동일하게 구성되었다. 발병 원인으로 실험군에서는 뇌경색이 6명, 뇌출혈이 4명이었고, 대조군에서는 뇌경색이 7명, 뇌출혈이 3명이었다. 실험군에서는 평균 연령이 51.6 ± 5.78 세, 키는 166.81 ± 9.27 cm, 체중은 64.25 ± 9.86 kg이었다. 유병 기간은 평균 4.9 ± 0.32 개월이었다. 대조군에서는 평균 연령이 50.7 ± 7.75 세, 키는 166.91 ± 7.63 cm, 체중은 62.80 ± 8.40 kg이었다. 유병 기간은 평균 4.8 ± 0.42 개월이었다.

2) 중재 전 균형, 보행 대칭성 및 낙상 효능감의 평가 결과

대상자 총 20명의 환자들의 중재 시작 전 균형 평가로 BBS는 실험군 42.0 ± 2.98 점, 대조군 42.2 ± 3.61 점이었으며, TUG는 실험군 21.52 ± 2.23 초, 대조군 $21.30 \pm$

Table 1. General Characteristics of the Subjects

Variable	Experimental group (n = 10)	Control group (n = 10)
Sex		
Male/Female	7/3	7/3
Paretic side		
Left/Right	8/2	8/2
Etiology		
Infarction/Hemorrhage	6/4	7/3
Age (years)	$51.6 \pm 5.78^*$	50.7 ± 7.75
Height (cm)	166.81 ± 9.27	166.91 ± 7.63
Weight (kg)	64.25 ± 9.86	62.80 ± 8.40
Onset duration (months)	4.9 ± 0.32	4.8 ± 0.42
MMSE-K (scores)	26.4 ± 0.967	26.2 ± 1.03

*Values are mean \pm standard deviation. MMSE-K: mini mental state examination-Korean.

2.28초이었다. 보행 대칭성에서 보장 대칭성은 실험군 0.70 ± 0.30 , 대조군 0.77 ± 0.19 이었으며, 한발지지기 대칭성은 실험군 1.61 ± 0.17 , 대조군 1.62 ± 0.14 으로 나타났다. 낙상 효능감은 실험군 51.1 ± 5.6 점, 대조군 49.9 ± 5.6 점이었었다. 중재 시작 전 모든 평가 결과는 실험군과 대조군에서 차이가 없이 동질한 결과에서 중재를 시작하였다.

3) 삼차원 균형 훈련에 따른 대상자의 동적 균형 능력의 변화

4주간의 중재 기간 후에 실험군과 대조군 모두에서 중재 전과 후를 측정된 결과들을 비교 시 BBS, TUG에서 모두 통계적으로 의미 있는 향상을 보여주었다. 실험군에서 BBS는 42.0 ± 2.98 점에서 50.8 ± 1.69 점으로 유의하게 증가하였으며($p < 0.01$), 대조군은 42.2 ± 3.61 점에서 48.5 ± 2.17 점으로 의미 있게 향상하였다($p < 0.01$). 두 군간의 비교에서 실험군이 대조군 보다 유의한 향상을 보였다($p < 0.05$). TUG는 실험군에서 21.52 ± 2.23 초에서 12.12 ± 1.09 초로 유의한 증가를 보였고($p < 0.01$), 대조

군은 21.30 ± 2.28 초에서 14.09 ± 1.51 초로 향상하였다($p < 0.01$). 두 군간의 차이에서도 실험군이 대조군 보다 유의한 향상을 나타냈다($p < 0.05$) (Fig. 3).

4) 삼차원 균형 훈련에 따른 대상자의 보행 대칭성에 대한 변화

보행 대칭성에 대한 결과는 보장 대칭성과 한발지지기 대칭성으로 구분하여 나타났다. 보장 대칭성은 실험군에서는 중재 시작 전에 0.70 ± 0.30 에서 중재 후에 1.00 ± 0.02 로 1에 가까운 대칭성을 보였으며($p < 0.01$), 대조군은 0.77 ± 0.19 에서 0.95 ± 0.20 으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 한발지지기 대칭성에서는 실험군에서 중재 시작 전에 1.61 ± 0.17 에서 중재 후에 1.12 ± 0.61 으로 유의한 차이의 대칭성을 보였으며($p < 0.01$), 대조군에서도 1.62 ± 0.14 에서 1.25 ± 0.69 로 유의한 향상을 나타냈다($p < 0.01$). 두 군간 차이에서는 보장 대칭성($p < 0.05$)과 한발지지기 대칭성($p < 0.01$) 모두에서 실험군이 대조군 보다 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 2).

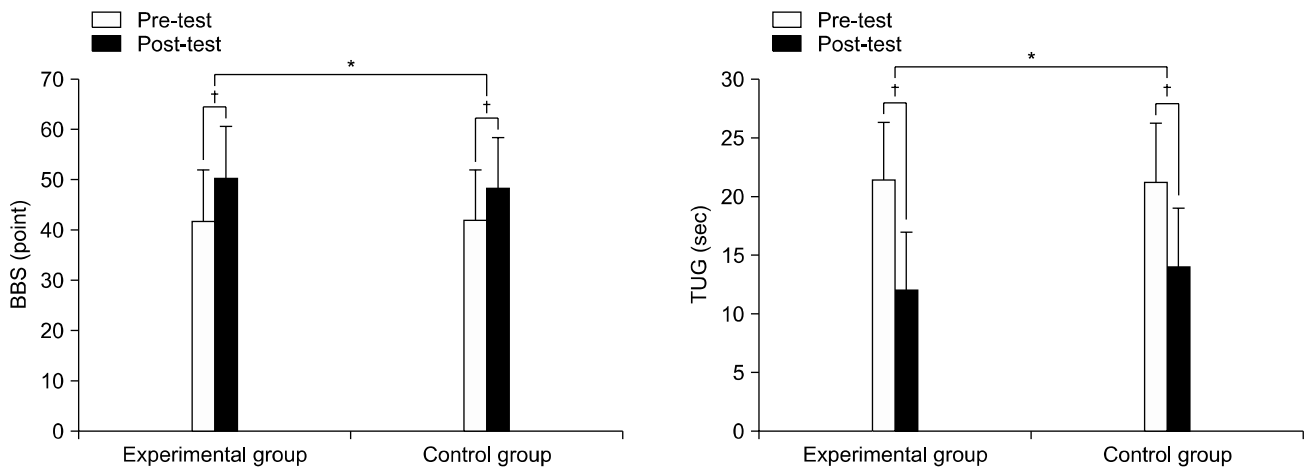


Fig. 3. Dynamic balance parameters (BBS, TUG) were assessed before intervention, after 4 weeks of intervention. During the 4 weeks, both groups showed statistically significant improvements in all parameters. BBS: Berg balance scale, TUG: timed up and go test. * $p < 0.05$, $^{\dagger}p < 0.01$.

Table 2. Quantitative Measurements of Gait Symmetry Parameters in the Experimental (n = 10) and Control Group (n = 10)

Parameter	Pre-treatment		Post-treatment	
	Experimental group	Control group	Experimental group	Control group
SL symmetry ratio	0.70 ± 0.30	0.77 ± 0.19	$1.00 \pm 0.02^{* \dagger}$	$0.95 \pm 0.20^{*}$
SLS symmetry ratio	1.61 ± 0.17	1.62 ± 0.14	$1.12 \pm 0.61^{* \dagger}$	$1.25 \pm 0.69^{*}$

Values are mean \pm standard deviation. SL symmetry ratio: step length symmetry ratio, SLS symmetry ratio: single limb support symmetry ratio. * $p < 0.01$, † Comparison between two groups after 4 weeks ($p < 0.05$), ‡ Comparison between two groups after 4 weeks ($p < 0.01$).

Table 3. Quantitative Measurements of Fall Efficacy Parameters in the Experimental (n = 10) and Control Group (n = 10)

Parameter	Pre-treatment		Post-treatment	
	Experimental group	Control group	Experimental group	Control group
FES-K	51.1 ± 5.6	49.9 ± 5.6	65.1 ± 4.1*	60.7 ± 6.5*

Values are mean ± standard deviation. FES-K: fall efficacy scale-Korean. *p<0.01.

5) 삼차원 균형 훈련에 따른 대상자의 낙상 효능감에 대한 변화

대상자에 따른 낙상 효능감에 대한 결과는 실험군은 중재 전 51.1 ± 5.6점에서 4주간의 중재 후에 65.1 ± 4.1점으로 의미 있는 결과를 보였고(p<0.01), 대조군에서도 49.9 ± 5.6점에서 60.7 ± 6.5점으로 통계적으로 유의한 결과를 보였고(p<0.01). 하지만 두 군간의 변화 비교에서는 통계적으로 의미 있는 결과를 보이지는 못하였다 (Table 3).

고 찰

하나의 중력 중심점을 유지하기 위한 능력으로 다양한 움직임들과 외적인 불안정을 가지는 동안 적절하게 자세를 유지하고 조절하는 것을 균형이라 정의하며, 정적인 균형과 동적인 균형으로 분류할 수 있다.²² 정적인 균형 능력은 안정된 바닥 위에서 기립 자세를 유지 할 수 있는 능력을 말하며, 동적인 균형 능력은 외적인 자극과 움직이는 바닥에 대하여 자세를 유지할 수 있는 능력을 나타낸다.²³ 임상에 있어서, 정적인 균형 능력과 자세 동요는 일반적으로 힘판을 이용하여 측정을 하고,²⁴ 이에 반하여 BBS와 TUG는 동적인 균형 능력을 평가하기 위하여 사용되어져 왔다. 따라서 본 연구에서는 체중의 좌우 이동과 슬관절 움직임을 통한 자세의 수직 이동을 반영한 동적인 균형 훈련인 삼차원 균형 훈련기를 이용하여 훈련을 실시하였기 때문에 동적인 균형 능력 평가인 BBS와 TUG를 사용하여 측정하였다. 또한 최근 편마비 환자의 균형 능력 향상을 위하여 시각적 피먹임을 이용한 균형 훈련 시스템을 통해 마비측 하지에 체중 부하를 증진 시키는 훈련이 많이 시행되고 있다.^{25,26} 선행 연구에서 과제지향적 체성 감각 균형훈련과 시각적 피먹임을 이용한 균형 훈련을 일반적 물리치료와 비교하였는데, 시각적 피먹임 균형 훈련을 시행한 그룹에서 일반적인 물리치료를 시행한 그룹보다 하지 운동 능력과 균형 및 자가보행속도에서 유의한 향상을 보였다고 보고하였다.²⁷ 또한 최근에 Yang 등²⁸은 6주 동안 컴퓨터화된 자세조절훈련을 고식적인 신경계 물

리치료와 비교하여 균형 능력과 근 활성도에 미치는 영향을 알아본 연구를 실시하였다. 그 결과 압력 중심의 총 궤적길이와 신체 중심 이동 면적, 안정성 한계를 통한 컴퓨터화된 자세조절훈련이 하지 근육의 근 활성도 향상에 따라 균형 능력이 증가하였음을 보고하였다. Cho 등²⁹은 게임을 기반으로 한 균형 조절 훈련을 6주간 실시하여 정적 균형 능력, 동적 균형 능력의 효과를 알아보았는데 동적 균형 능력이 정적 균형 능력보다 더 크게 향상되었음을 보여주었다. 선행 연구들에 따라 본 연구에서도 동적 균형 능력의 효과를 평가하기 위하여 BBS와 TUG를 이용하여 측정한 결과 일반적인 물리치료와 함께 동적 균형 조절 훈련기를 이용하여 균형 훈련을 시행한 경우에서 일반적인 물리치료만 시행 했을 경우 보다 동적 균형 능력이 더 크게 향상되었음을 나타냈다(p<0.05).

또한 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 보행 균형에 있어 가장 특징적인 양상은 보행의 좌우 비 대칭성으로³⁰ 편마비 환자에서 균형 능력 저하를 야기하는 가장 대표적인 요인 중 하나이다. 체중부하의 좌, 우 비대칭성으로 인한 균형 능력의 저하는 정상적인 일상생활 수행을 방해하고 낙상의 위험률을 높이는 것으로 보고되었다.²⁵ 일반적으로 편마비 후 마비측에 비해 비마비측의 입각기가 증가하고 비마비측의 유각기가 감소하여 마비측으로의 체중부하가 감소하는 보행의 비대칭성을 나타낸다.³¹ 보행 대칭성은 유각기와 입각기의 대칭성, 한발지지기와 보장의 대칭성을 이용하여 보행 균형 훈련의 효과를 입증하는데 이용되고 있다.^{19,31,32} 본 연구에서는 보행 균형 능력을 평가하기 위해 GaitRite를 이용하여 보행 능력을 측정하였고 측정값을 계산하여 보행 대칭성을 평가하였다. 이 때 계산된 값은 1에 가까울수록 좌우 대칭적임을 나타낸다.^{18,19} 본 연구에서 4주간의 게임을 기반으로 한 삼차원 균형 훈련 결과, 실험군에서 보장 대칭성이 0.70 ± 0.30에서 1.00 ± 0.02로 1에 가까운 유의한 대칭성 향상을 보였고(p<0.01), 한발지지기 대칭성은 1.62 ± 0.17에서 중재 후에 1.12 ± 0.06으로 통계적으로 유의한 대칭성을 보였고(p<0.01). 나아가 실험군과 대조군의 보행 대칭성 변화의 차이에서는 보장 대칭성(p<0.05)과 한발지지기 대칭성(p<0.01) 모두에서 실험군이 대조군 보다 통계적으로

유의한 향상을 보였다고 결과 되었다. 선행 연구에서는 체중지지 비대칭의 특징을 가지고 있는 뇌졸중 환자에서 수의적인 움직임 수행하는 동안 환측 하지의 근 활성도의 감소를 나타내고 기립 시 체중 지지의 비대칭을 보이는데 이것은 보행 대칭성과 이동에도 연관을 가진다고 하였다.³⁴ 본 연구에서는 4주간의 훈련 결과 동적인 균형 능력의 향상이 의미 있는 체중지지의 대칭성 향상을 보였고 이 결과는 보행의 대칭성 증진으로 이어지는 것으로 사료된다. 이 결과로 본 연구에서는 삼차원 균형 훈련을 통해 아급성기 뇌졸중 환자의 보행 균형 능력에도 다양한 향상을 확인하였다.

기존 연구에 따르면 뇌졸중은 가장 흔하게 낙상을 일으키는 원인 질환으로 알려져 있다.¹¹ 이는 뇌졸중 후 발생하는 기능적 손상 및 균형 저하에 기인하며 이로 인해 뇌졸중 환자에서 실제 낙상 뿐만 아니라 낙상에 대한 두려움도 커지게 된다.³³ 낙상 효능감 척도는 Bandaura의 자기 효능감 이론에 근거해서 Tinetti 등이 1990년에 개발하여 노인을 대상으로 만들어졌다.³⁵ Tsai 등³⁶은 뇌졸중 환자에게 있어 낙상 자기 효능감이 낙상의 중요한 요인이라고 하였다. 이러한 낙상을 줄이기 위하여 선행 연구에서 뇌졸중 환자의 균형을 향상 시키고 낙상의 위험요소를 감소시키기 위해서는 균형 훈련을 통하여 안정성 한계의 범위를 증진시켜야 된다고 보고하였다.³⁷ Cheng 등³⁸의 연구에서는 앉고-서기 움직임(Sit to standing movement)이 뇌졸중 환자에서 낙상 위험률을 감소시키는데 중요한 연관성을 가진다고 증명하였다. 본 연구에서는 삼차원 균형 훈련이 낙상 효능감에 미치는 영향을 미치는지 연관성을 알아보았다. 그 결과 실험군과 대조군 모두 중재 후 낙상 효능감에 효과를 보였다($p < 0.01$). 하지만 두 군간 낙상 효능감의 상승 정도 차이는 의미 있는 결과를 나타내지 않았는데, 이는 낙상 효능감 척도가 실질적인 낙상에 대한 기능적인 평가가 아닌 자가 설문지 형식으로 실험군, 대조군 모두에서 동적 균형의 호전을 보인 결과에 따라 주관적인 낙상 효능감의 상승으로 연결된 것이라고 생각된다.

최근까지 연구에서 뇌의 자연적인 회복과 신경 가소성이 발병 후 6개월까지를 최대한 회복이 일어날 수 있는 기간이라고 보고되었다.³⁹ 하지만 다른 선행 연구에서는 뇌졸중 발병 후 3개월 이 지난 아급성기 뇌졸중 환자 52명을 대상으로 3개월 동안 30명의 입원 환자는 가중된 재활 치료를 실시하였고 나머지 22명의 뇌졸중 환자에게는 단지 집안에서 보호만을 받은 연구에서 연장되어진 재활 치료가 움직임과 기능 회복에 가중된 도움이 되고 나아가 삶의 질에 영향을 미친다고 보고하였다.⁴⁰ 선행 연구에 따라 본 연구에 참여한 환자들은 뇌졸중 발병 후 3개월이

지나고 6개월이 경과되지 않은 아급성기 편마비 환자들을 대상으로 실시하였고 일반적인 물리치료와 함께 삼차원 균형 훈련기를 이용한 동적 균형 훈련을 가중하여 실시한 후 일반적인 물리치료만을 실시한 경우와 비교하여 그 효과가 얼마나 가중되는 지를 알아보고자 하였다. 선행 연구에서 삼차원 균형 훈련기를 이용한 동적 균형 조절 훈련을 시행한 Byun 등¹⁰의 연구에서는 자연적 신경회복을 배제하고자 만성기 편마비 환자들을 대상으로 하여 고식적 재활치료와 더하여 하지 균형 조절 훈련기를 이용한 치료를 추가로 시행한 후 고식적 재활치료만을 실시한 경우를 비교하여 추가적인 효과를 알아보고자 하였다. 하지만 본 연구에서는 일반적인 물리치료만 시행한 대조군에서도 중재 전과 후에서 통계적으로 유의한 결과를 보였지만 선행 연구에서는 대조 기간 동안 6분 보행 검사를 제외한 모든 측정치에서 통계적으로 유의한 호전 정도를 나타내지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 아급성기 뇌졸중 편마비 환자들을 대상으로 자연적 신경회복에 가중하여 일반적인 물리치료와 함께 삼차원 균형 훈련기를 이용한 동적 균형 훈련이 얼마나 더 큰 효과를 나타내는지를 알아보고자 아급성기 단계의 뇌졸중 편마비 환자들을 대상으로 연구를 실시하였다.

본 연구의 제한 점은 실험군에서 균형훈련을 실시한 것에 대비하여 대조군에서 같은 시간만큼의 다른 치료를 추가로 시행하여 단순히 추가적인 훈련에 의한 효과를 완전히 배제하지 못하였다. 그리고 적은 수의 대상자로 제한되어 모든 뇌졸중 환자에게 일반화하기 어렵다고 할 수 있고, 중재 기간 후에 지속적으로 추적 관찰을 실시하지 않았기 때문에 치료 효과가 얼마나 지속되는가에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각된다. 또한 대상자 선정을 보조도구의 사용에 상관없이 어느 정도 독립적인 보행이 가능한 기능적으로 높은 수준의 대상자로만 선정을 하였다. 향후 연구에서는 독립적인 보행이 어려운 환자들을 대상으로 하여 삼차원 균형 훈련기를 이용한 동적 균형 훈련이 균형 및 보행 능력에 얼마나 큰 향상을 보이는지에 대한 연구가 필요할 것이다. 또한 본 연구에 사용된 삼차원 균형 훈련기가 임상에서 평가 도구로써는 아직 신뢰도와 타당도의 검증은 받지 않았기 때문에 이에 대한 자체 평가 프로그램이 있으나 향후 추가적인 연구가 도움이 될 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 게임 과제를 통한 삼차원 균형 훈련이 동적 균형 능력, 보행 대칭성

및 낙상 효능감에 미치는 효과를 입증하고자 실시하였다. 연구 결과 삼차원 균형 훈련을 추가로 시행한 군에서 일반적인 물리치료만 시행한 대조군 보다 동적 균형 능력에 있어서 더 유의한 향상을 보였고 보행 대칭성에서도 보장 대칭성과 한발지지기 대칭성에서 개선을 보였다. 본 연구의 결과를 통하여 뇌졸중 후 편마비 환자에서 삼차원 균형 훈련기를 이용한 훈련이 동적 균형 능력과 보행 대칭성 능력의 증진에 도움이 되어 임상에서 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78:1231-1236
- 2) Kelley RE, Borazanci AP. Stroke rehabilitation. *Neurol Res.* 2009;31:832-840
- 3) Smania N, Picelli A, Gandolfi M, Fiaschi A, Tinazzi M. Rehabilitation of sensorimotor integration deficits in balance impairment of patients with stroke hemiparesis: a before/after pilot study. *Neurol Sci.* 2008;29:313-319
- 4) Shumway CA, Wollacott M. Motor control: translating research into clinical practice. 3rd ed. Maryland: Lippincott Williams & Wilkins; 2007:157-162
- 5) Kim EJ, Hwang BY, Kim JH. The effect of core strength exercises on balance and walking in patients with stroke. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21:17-22
- 6) Yavuzer G, Eser F, Karakus D, Karaoglan B, Stam HJ. The effects of balance training on gait late after stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2006;20:960-969
- 7) Lee HS, Kim MC. The effect of balance task-related circuit training on chronic stroke patients. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21:23-30
- 8) De Seze M, Wiart L, Bon-Saint-Come A, Debelleix X, de Seze M, Joseph PA, Mazaux JM, Barat M. Rehabilitation of postural disturbances of hemiplegic patients by using trunk control retraining during exploratory exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:793-800
- 9) Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction of balance. Suggestion from the field. *Phys Ther.* 1986;66:1548-1550
- 10) Byun SD, Cho DH, Choi WD, Hong YH, Lee ZI, Lee YS. Effects of the balance control training in chronic hemiplegic stroke patients. *Brain & NeuroRehabilitation.* 2012;5:32-38
- 11) Lee SH, Byun SD, Kim CH, Go JY, Nam HU, Huh JS, Jung TD. Feasibility and effects of newly developed balance control trainer for mobility and balance in chronic stroke patients: a randomized controlled trial. *Ann Rehabil Med.* 2012;36:521-529
- 12) Kwolek A, Lewicka K. Analysis of reasons for falls of hemiparetic inpatient rehabilitated patients. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2002;4:606-612
- 13) Bohannon RW, Tinti-Wald D. Accuracy of weightbearing estimation by stroke versus healthy subjects. *Percept Mot Skills.* 1991;72:935-941
- 14) Hyndman D, Ashburn A, Strack E. Fall events among people with stroke living in the community: circumstances of falls and characteristics of fallers. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002; 83:165-170
- 15) Botner EM, Miller WC, Eng JJ. Measurement properties of the Activities-specific Balance Confidence Scale among individuals with stroke. *Disabil Rehabil.* 2005;27:156-163
- 16) Ashburn A, Hyndman D, Pickering R, Yardley L, Harris S. Predicting people with stroke at risk of falls. *Age Ageing.* 2008;37:270-276
- 17) Brandstater ME, de Bruin H, Gowland C, Clark BM. Hemiplegic gait: analysis of temporal variables. *Arch Phys Med Rehabil.* 1983;64:583-587
- 18) Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, Closson V, Verrier MC, Staines WR, Black SE, McIlroy WE. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89:304-310
- 19) Yang YR, Wang RY, Chen YC, Kao MJ. Dual-task exercise improves walking ability in chronic stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88:1236-1240.
- 20) Patterson KK, Gage WH, Brooks D, Black SE, McIlroy WE. Evaluation of gait symmetry after stroke: a comparison of current methods and recommendations for standardization. *Gait Posture.* 2010;31:241-246
- 21) Pang MY, Eng JJ. Fall-related self-efficacy, not balance and mobility performance, is related to accidental falls in chronic stroke survivors with low bone mineral density. *Osteoporos Int.* 2008;19:919-927
- 22) Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Phys Ther.* 1993;73: 346-351
- 23) Berg KO, Maki BE, Williams JL, Holliday PJ, Wood-Dauphinee SL. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73:1073-1080
- 24) Era P, Heikkinen E, Gause-Nilsson I, Schroll M. Postural balance in elderly people: changes over a five-year follow-up and its predictive value for survival. *Aging Clin Exp Res.* 2002;14:37-46
- 25) Nichols DS. Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Phys Ther.* 1997;77:553-558
- 26) Liston RA, Brouwer BJ. Reliability and validity of measures obtained from stroke patients using the Balance Master. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77:425-430
- 27) Kim WG. Effect of balance training on gait and functional activity in stroke patients. Korea University. *Dissertation of Master's Degree.* 2009
- 28) Yang DJ, Park SK, Kang JI, Lee JH, Uhm YH. Effect of computerized feedback postural training on balance and muscle activity in stroke patients. *J Kor Soc Phys Ther.* 2012;24:348-354
- 29) Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training

- with a video-game system improves dynamic balance in chronic stroke patients. *Tohoku J Exp Med.* 2012;228:69-74
- 30) Wall JC, Turnbull GI. Gait asymmetries in residual hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 1986;67:550-553
 - 31) Lin PY, Yang YR, Cheng SJ, Wang RY. The relation between ankle impairments and gait velocity and symmetry in people with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87:562-568
 - 32) Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84:1185-1193
 - 33) Teasell R, McRae M, Foley N, Bhardwaj A. The incidence and consequences of falls in stroke patients during inpatient rehabilitation: factors associated with high risk. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83:329-333
 - 34) Brunt D, Vander Linden DW, Behrman AL. The relation between limb loading and control parameters of gait initiation in persons with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76:627-634
 - 35) Tinetti ME, Richman D, Powell L. Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol.* 1990;45:P239-243
 - 36) Tsai SF, Yin JH, Tung TH, Shimada T. Falls efficacy among stroke survivors living in the community. *Disabil Rehabil.* 2011;33:1785-1790
 - 37) Tyson SF, Hanley M, Chillala J, Selley A, Tallis RC. Balance disability after stroke. *Phys Ther.* 2006;86:30-38
 - 38) Cheng PT, Liaw MY, Wong MK, Tang FT, Lee MY, Lin PS. The sit-to-stand movement in stroke patients and its correlation with falling. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79:1043-1046
 - 39) Ross EZ, Goodall S, Stevens A, Harris I. Time course of neuromuscular changes during running in well-trained subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:1184-1190
 - 40) Lee JH, Kim SB, Lee KW, Lee JY. The effect of prolonged inpatient rehabilitation therapy in subacute stroke patients. *Ann Rehabil Med.* 2012;36:16-21