

가상현실 프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 선자세 균형에 미치는 영향

영남대학교의료원 물리치료실
김 중 휘
대구대학교 재활과학대학 물리치료학과
김 중 선*

Effects of Virtual Reality Program on Standing Balance in Chronic Stroke Patients

Kim, Joong-hwi, P.T., Ph.D.
Department of Physical Therapy, Yeungnam University Medical Center
Kim, Chung-sun, P.T., Ph.D.
Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

<Abstract>

The purpose of this study was to identify effects of virtual reality(VR) program related to standing postural control on balance, gait and brain activation patterns in chronic hemiplegic stroke patients.

Subjects were assigned randomly to either VR group (n=12) or the control group (n=12) when the study began. Both groups received conventional physical therapy for 2 to 3 times per week. In addition to conventional physical therapies, VR group trained 3 types of virtual reality programs using IREX for standing postural control during 4 weeks (4 times/week, 30 minutes/time).

*교신저자: 대구광역시 남구 대명동 2288 대구대학교 재활과학대학 물리치료학과 e-mail: chskim@deagu.ac.kr

Subjects were assessed for static and dynamic balance parameters using BPM, functional balance using Berg Balance Scale related to movement of paretic lower limb before and after 4 weeks of virtual reality training.

The results of this study were as follows.

1. Following VR training, VR group demonstrated the marked improvement on dynamic mean balance, anteroposterior limits of stability (AP angle) and mediolateral limits of stability (ML angle).
2. Following VR training, both groups scored higher on Berg Balance Scale. However, a comparison of mean change revealed differences between groups.

In conclusion, these data suggest that the postural control training using VR programs improve dynamic and functional balance performance in chronic hemiplegic stroke patients.

Key word : virtual reality, balance, stroke

I. 서 론

각기 다른 과제와 환경의 상황에서 기저면 위로 신체 중심을 유지하고 제어하는 것은 기능적 활동과 일상생활을 영위하는 데 있어서 가장 중요한 운동 제어 요소들 중 한 가지이다. 이를 균형이라고 정의하는데, 균형은 지지하고 있는 관절과 기저면 위로 연결된 신체 분절들의 동작을 제어하는 것을 의미하며(MacKinnon과 Winter, 1993), 연결된 신체 분절들 간의 역동적인 상호제어는 균형에 있어서 매우 중요하다(Nashner와 McCollum, 1985; Yang 등, 1990).

일상생활의 활동을 효과적이고 효율적으로 수행하기 위하여 가만히 서있거나, 선자세에서 팔을 뻗거나 과제를 수행하는 과정에서 발 위로 신체중심을 유지하거나 움직일 때, 일어나거나 앉는 동안 신체 중심을 올리거나 내릴 때, 보행하는 동안 한 장소에서 다른 장소로 신체를 이동할 때의 다양한 균형의 제어가 요구되며, 심지어 숨쉬기와 머리돌리기와 같은 활동들을 하는 동안에 발생하게 되는 미세한 중력선의 진동에 대해서도 주로 발목관절과 엉덩관절에서의 근육 활동으로서 균형의 제어가 일어난다(Bouisset과 Duchenne, 1994; Vandervoort, 1999).

안정된 자세를 유지하고 제어하는 능력은 효과적인 운동기술의 실행과 밀접한 관련성이 있으며 수행되는 과제의 특성과 환경과 분리될 수 없다(Carr와 Shepherd, 1998). 또한 근력, 관절의 가동범위와 같은 역학적인 요소, 근긴장도의 제어 요소, 운동 협응의 요소, 그리고 감

각 통합 요소 등 다양하고 혼합된 요소들에 의해서 영향을 받는다(Horak 등, 1997).

선자세에서 균형은 한 쪽 하지로 체중을 이동하는 능력과 밀접한 관련이 있는데, 이는 기능적인 가동성과 일상생활을 영위하는데 있어 필수조건이며, 이는 일어서기, 이동하기, 걷기, 방향 바꾸기, 계단 오르기 등의 활동을 위하여 중요하다(Eng과 Chu, 2002).

대부분의 뇌졸중 환자들은 뇌졸중 이후 발생하는 운동적, 감각적, 지각적, 인지적인 문제들로 인해 선자세 균형을 제어 하는 데 있어 상당한 어려움에 직면하게 되며 균형 수행과 보행 수행시 마비측으로 체중을 옮기는 능력의 감소로 나타난다. 이로 인해 편마비 뇌졸중 환자들은 기능적 활동과 일상생활을 영위하는 데 있어서 상당한 불편과 어려움을 느낀다.

Goldie 등(1996a)은 힘판(force platform)을 이용한 체중분배의 특성에 관한 연구에서, 뇌졸중 환자들은 선자세에서 마비측 하지로 체중분배의 감소를 나타냈으며, 마비측 하지로 체중을 옮기는 능력 또한 감소되었음을 보고 하였다. 편마비 뇌졸중 환자에게 여러 방향으로 체중 분배를 유도한 연구들은 편마비 환자들이 마비측 뿐만 아니라 비마비측 하지로도 체중을 이동하는 능력에 제한을 나타낸다고 하였다(Dettman 등, 1987; Di Fabio와 Badke, 1990; Goldie 등, 1996b; Turnbull 등, 1996).

뇌졸중 환자의 부적합한 자세 제어(postural control)와 체중분배 능력을 개선시키는 것은 편마비 뇌졸중 환자의 삶의 질을 높이는 데 있어서 매우 중요하며, 기능훈련

과정에서 중요하게 고려되어야 할 치료적 목표가 되어왔다. 편마비 환자의 비정상적 자세 제어와 체중분배를 해결하기 위하여 여러 연구를 통하여 검증되고 임상적으로 시도되고 있는 중재방법들 중 가장 대표적인 방법들은 물리치료를 통하여 이루어지는 도수적 치료 접근법(Wong 등, 1999), 힘판을 이용한 피드백 훈련(Cheng 등, 2001; Engardt 등, 1993; Geiger 등, 2001; Hocherman 등, 1984) 그리고 특정 과제에 한정된 훈련(task-specific training)(Dean 등, 2000; Duncan 등, 1998; Visintin 등, 1998) 등을 들 수 있는데 이는 나라와 지역과 의료 기관에 따라 매우 다양하게 적용되고 있는 실정이다.

근래에 들어 과학의 비약적인 발전과 함께 여러 분야에 적용되어오던 가상현실이 여러 장애를 가진 환자를 대상으로 한 기능향상을 위한 중재 도구로서 도입되고 있으며, 그 가능성과 효용성에 대한 광범위한 연구가 진행되고 있다. 가상현실은 지금으로부터 30여 년 전에 미국 항공우주국에 의해 우주공간에서의 환경적 자극을 지상에서 재공할 목적으로 처음 고안되고 사용되었다. 이러한 가상현실은 외과적 수술, 인지/지각 훈련, 원격의학, 원격병리학, 로봇학, 해부학 교육, 정신의학, 그리고 통신 장비 등 다양한 분야에 널리 사용되어오고 있으며 근래 들어 가상현실의 기술은 보건산업에 접목되기에 이르렀다(박정미, 김중선, 2004). 최근 들어 첨단 영상장비와 컴퓨터 기술의 발달과 맞물려 현재는 사람이 가상현실에 직접 참여하여 가상환경과 상호작용할 수 있는 단계에 까지 이르렀고, 최근 몇 년 전부터 이러한 가상현실 기술들이 장애인들의 기능 향상을 위한 평가와 중재의 도구로서 사용되기 시작하였다(Cunningham과 Krishack, 1999a). 현재 가상현실은 뇌졸중, 외상성 뇌손상, 관절염, 척수손상, 주의력 결핍 장애, 파킨슨씨병, 다발성 경화증, 정형외과적 장애, 그리고 알츠하이머병 등 다양한 질병을 개선시킬 목적으로 기능훈련 분야에 도입되어 그 타당성과 가능성에 대한 많은 연구와 임상적 시도가 진행되고 있는 중이다(Broeren 등, 2004; Christiansen 등, 1998; Grealy 등, 1999; Rizzo와 Buckwalter, 1997; Rose 등, 1999).

본 연구는 뇌졸중 환자의 자세 제어 측면에서 가상현실이 갖는 다양한 장점들을 뇌졸중 환자들의 자세 제어 능력의 개선을 위한 중재 수단으로 적용하는 것이 뇌졸중 환자들의 정적 선자세 균형과 동적 선자세 균형 및 기능적 균형 수행 능력에 어떠한 영향을 미치는 지를 연구하

는데 있다.

II. 연구목적

본 연구의 목적은 첫째, 가상현실 중재 전·후 정적 선자세 균형의 양상을 분석하고, 둘째, 가상현실 중재 전·후 동적 선자세 균형에서의 체중분배율과 신체 중력중심의 양상을 분석하고, 셋째, 가상현실 중재 전·후 기능적 균형 수행을 분석하는 데 있다.

1. 연구 가설

본 연구의 목적을 성취하기 위하여 설정한 가설은 다음과 같다.

- 1) 각 집단내, 집단간 가상현실 프로그램을 이용한 훈련 중재 전·후의 정적 선자세 균형 변수들에는 차이가 있을 것이다.
- 2) 각 집단내, 집단간 가상현실 훈련 중재 전·후 동적 선자세 균형 변수들에는 차이가 있을 것이다.
- 3) 각 집단내, 집단간 가상현실 훈련 중재 전·후 기능적 균형 변수는 차이가 있을 것이다.

III. 연구방법

본 연구는 무선배치 대조군 설계로 단일 맹검된 사전-사후 검사 설계에 기초하여 시행하였다.

본 연구는 성인 편마비 환자들을 대상으로 가상현실에서의 일어서기와 앉기 또는 다양한 방향으로의 체중이동을 유도할 수 있는 가상현실 프로그램들을 통하여 선자세에서 동적 과제들을 수행하는 훈련이 편마비 뇌졸중 환자의 정적 선자세 균형과 동적 선자세 균형 및 기능적 균형에 어떠한 영향을 미치는 지를 분석하였다. 이를 위하여 연구에서 설정한 기준에 부합하는 뇌졸중으로 인한 성인 편마비 환자 5명을 대상으로 2004년 11월 1일부터 11월 30일까지 예비실험을 거쳐 문제점을 보완 수정하여 2005년 1월 1일부터 2월 28일까지 연구 대상자들에 대한 본 실험을 실시하였다.

1. 대상자

본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비로 진단을 받고 ○ ○대학교 의료원 재활의학과에서 기능 회복을 위하여 치료를 받고 있는 환자들 중 본 연구에서 정한 기준에 부합하는 24명의 환자들을 대상으로 기능 회복을 위하여 이루어지는 기존의 물리치료에 추가로 가상현실 훈련을 시행한 가상현실 훈련군과 기존의 물리치료만을 받고 가상현실 훈련을 시행하지 않은 대조군으로 분류하고 각 집단에 12명씩 무선배치 하였다. 본 연구에서 정한 대상자의 조건은 다음과 같았다.

- 1) 뇌졸중으로 인해 편마비가 된지 1년 이상 경과한 만성 뇌졸중 환자로 재발병력이 없는 자
- 2) 시야결손과 전정기관에 이상이 없으며, 시지각검사 도구인 성인용 MVPT(motor free visual perception test)로 평가했을 때 마비측으로 시각무시증후군(visual neglect syndrome)이 없고 시지각 능력이 정상범주에 속한 자
- 3) 하지와 제간에 정형외과적 질환이 없는 자
- 4) 타인의 도움 없이 30분 이상 선자세 유지가 가능한 자
- 5) 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있으며 연구에 자발적으로 참여하는 자

2. 실험

1) 실험 도구

본 연구에서는 가상현실을 통한 훈련을 중재수단으로 사용하기 위하여 신경학적, 정신의학적, 소아과적, 정형외과적, 노인성 질환 등으로 인해 활동장애와 기능적 제한을 가진 환자들의 기능 향상을 위하여 고안되어 도전적이고 재미있는 가상현실의 환경을 구현할 수 있는 Interactive Rehabilitation and Exercise System (IREX, JesterTek Inc., Canada)을 이용하였다(그림 1, A). IREX는 여러 연구와 임상적용을 통하여서 그 활용도가 인정된 비디오 캡처 방식을 통하여 구현되는 가상현실 시스템(video-based virtual reality system)이다(Burdea, 2003; Cunningham과 Krishack, 1999b; Sveistrup, 2004; Weiss 등, 2004). 이 시스템의 특징은 대상자가 직접 가상현실에 참여하여 가상환경과 상호 활동할 수 있도록 고안된 특수한 시스템이다. 이 시스템은 환자가 막아내야 할 날아오는 가상의 물체나 탐험해야 할 코스를 환자 앞에 놓여있는 커다란 모니터에 나타내 준다. 모니터 위에서 환자를 향해 배치된 한 대의 비디오

카메라가 대상자의 영상을 잡아내고 가상의 장면위에 잡은 영상을 포개서 환자가 가상의 영상이 만들어준 환경에 실제로 존재하는 것으로 나타내 준다. 컴퓨터는 특수한 소프트웨어를 통하여 환자의 위치를 추적해서 가상의 물체와 대상자의 신체부위가 닿았는지를 계산하거나 운동학적인 계측을 하게 된다. 이 작업은 가상현실 속에서 이루어지는 게임의 진행에 대해 대상자의 관절의 위치와 동작의 범위에 관한 계측을 정확하게 제공하여 주어 가상현실과 대상자가 오차 없이 정확하게 상호활동 할 수 있도록 해준다. 시스템은 카메라가 대상자를 비출 때 뒷면의 배경으로 사용되는 녹색의 스크린과 대비되는 환자의 외곽선을 추적함으로써 환자의 위치를 계산하고, 녹색으로 설치된 배경 스크린과 환자의 전체적인 이미지를 대표하는 녹색 이외의 다른 색상들과의 색깔 차이를 이용하여, 배경으로 제공된 녹색을 컴퓨터가 만들어낸 장면으로 대체해서 나타낼 수 있게 해준다. 일단 컴퓨터가 환자의 외곽선을 결정하고 난 다음 개개의 신체 부위를 계산한다. 이 작업은 캡처된 환자의 모서리 모양을 평면하고 어떤 모양의 모서리가 머리, 어깨, 팔꿈치 등 각각의 몸 부위를 나타내는가를 복합적인 법칙들을 이용해서 분석하게 된다. 그렇게 해서 컴퓨터가 몸의 각 체지와 관절이 어디에 있는가를 알게 되면, 팔다리의 위치와 방향은 양쪽 체지의 모서리간의 중심선에 의해서 계산되어진다.

IREX는 이러한 방식으로 환자의 몸을 특수한 방식으로 계측하고 분석하여 연구자가 환자의 동작을 정확하게 평가할 수 있도록 도와주어 환자에게 필요한 적합한 가상현실 프로그램과 난이도를 결정하도록 도와준다. 환자에게 제공된 가상현실 프로그램은 대상자의 단일 관절에서 전체적인 몸의 기능까지 참여할 수 있는 흥미로운 쌍방향 운동프로그램이다. 대상자들은 자신들의 신체가 반영된 가상현실에 몰입하게 되고, 사지를 이용하여 날아오는 물체를 막거나, 온 몸으로 가상현실 안을 탐험하기도 하고, 단순히 가상의 교사(virtual teacher)와 반응할 수도 있다. 이런 시스템을 통하여 연구자는 자신이 환자의 상황과 치료의 목적에 부합하도록 적합한 가상현실 프로그램을 설정해 줄 수 있으며, 정확한 방법으로 환자를 운동시킬 수 있도록 프로그램에 다양한 옵션을 통해 지속적인 변화를 제공해 줄 수 있다. 대상자는 자신이 움직이는 동작을 통하여 움직임의 크기, 정확성, 균형 등의 수행과 관련된 감각되먹임을 프로그램 전반에 걸쳐서 화면과 음향을 통하여 제공받을 수 있다.

2) 가상현실 훈련 프로그램

IREX는 약 20여 가지의 가상환경을 제공해주며 각각의 환경은 다양한 옵션을 갖고 있다. 그 옵션들은 가상 물체들의 종류와 속도와 방향을 제어하고 연구자가 환자 상태에 부합하는 다양한 운동 유형을 적용시킬 수 있도록 해준다. 본 연구는 편마비 뇌졸중 환자의 비대칭적이고 비효율적인 선자세 제어의 문제를 가상현실이라는 중재 수단을 이용하여 해결하도록 고안되었다. 따라서 본 연구에 적용된 가상현실 프로그램은 뇌졸중 환자에게 나타나는 특징적인 선자세 제어의 문제를 해결하기 위하여 선자세 제어를 요구하는 과제들이 포함된 3가지의 가상현실 프로그램들 예비실험을 거쳐 선정하였는데, 이러한 프로그램들은 다음과 같은 과제 특성을 가지고 있다.

- 1) 가상현실에서의 과제 수행시 체중 지지기저면에 대해 다양한 방향으로 체중이동을 요구하는 과제
- 2) 과제 수행시 기저면에 대해 발목관절, 무릎관절, 엉덩관절의 굴곡과 신전을 요구하는 과제
- 3) 과제 수행의 성취에 대한 선명한 시각적 감각되먹임과 정확한 청각적 감각되먹임을 제공하는 과제
- 4) 환자가 과제를 수행하는 데 있어서 능동적으로 참여하고 흥미를 느낄 수 있는 과제

(1) 스텝 올리기/내리기 프로그램(step up/down program)

이 프로그램은 모니터를 통하여 가상의 교사가 실행하는 동작을 환자가 따라하도록 고안된 가상현실 프로그램들 중 하나이다. IREX 가상현실 훈련은 여러 가지의 시뮬레이션 프로그램을 제공하는 데 그 중 스텝 올리기/내리기 프로그램은 연구에 앞서 실시한 예비실험을 통하여 환자가 시상면에서 한쪽 하지의 신전을 유지한 상태에서 다른 쪽 하지의 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절의 굴곡과 신전 동작을 통하여 적절한 스텝을 제어 할 수 있는 훈련 프로그램이다.

스텝 올리기/내리기 프로그램에서 먼저 대상자는 양 발을 어깨넓이로 벌리고 똑바로 선 자세를 유지하도록 한다. 그리고 너비 60×40cm, 높이 8cm의 판을 환자의 발끝 앞 10cm되는 지점에 둔다. 환자는 모니터의 가상의 교사가 실행하는 동작의 속도에 따라서 가능한 체간의 신전을 유지하고 흔들림을 최소화 한 상태에서 한쪽의 발을 들어 판 위로 올린 다음 판 위에 놓인 발 위로 발목관절의 배측굴곡이 만들어질 수 있을 때까지 신체중심이 옮겨

지도록 훈련한다. 올라간 방법의 역순으로 내려오면 과제가 종료된다. 과제의 난이도는 가상의 교사가 판 위로 올라가고 내려오는 횟수와 속도로서 제어할 수 있다. 이 프로그램에서 판 위로 스텝을 올리고 내리는 타이밍과 속도는 화면의 가상의 교사를 통하여 안내되어지고, 환자는 시각적인 안내에 따라서 동작을 수행할 수 있으며, 지정된 동작을 성공적으로 수행하였을 경우 청각적인 되먹임이 제공된다(그림 1, B).

(2) 스노우보딩 프로그램(snowboarding program)

이 프로그램은 좁은 경사 길을 실제로 스노우보드를 타고 내려가는 것을 상당히 정확히 재현한 활동 프로그램이다. 이 게임의 목적은 가상환경이 구현하는 슬로프에서 여러 종류의 장애물을 피하면서 가능한 많은 수의 점프대를 통과하는 것을 요구한다.

환자는 정면에 있는 모니터를 보고 양 발을 어깨 넓이로 벌린 상태로 똑바로 서서 초기 자세를 취한다. 특수한 과정을 통하여 환자의 신체가 계측되어지고 환자 신체의 모습이 역상으로 처리되어 눈이 쌓여있는 스키장의 슬로프의 출발선에 뒷모습으로 서있는 것처럼 연출된다. 프로그램이 시작되면 대상자는 다양한 장애물들을 피하고 점프대를 통과하며 슬로프를 내려온다. 가상현실에서 신체 중심을 좌우로 이동하는 것을 통하여 좌우 방향을 조절할 수 있으며 실제 대상자의 움직임도 이와 유사하게 나타난다. 난이도는 슬로프를 내려오는 속도와 장애물의 개수로 결정되며 성공적으로 통과한 점프대의 개수가 화면에 시각적인 되먹임으로 제공된다(그림 1, C).

(3) 상어미끼 프로그램(sharkbait program)

이 프로그램은 상어, 전기뱀장어, 그리고 다른 종류의 바다생물체들이 있는 깊은 바다 속을 유영하는 스쿠버 다이빙을 하는 상황을 재현해 놓은 가상환경이다. 이 게임의 성공적인 수행은 장애물을 피해가며 가상의 수중 환경에 출현하는 별들을 가능한 많이 획득해내는 것이다. 만약 환자가 상어와 닿게 되면 상어는 바로 환자를 삼켰다가 다시 내뱉는다. 만약 환자가 전기뱀장어와 닿는다면 환자는 잠시 동안 쇼크를 받은 상태가 되어 움직일 수 없게 된다. 과제의 난이도는 가상현실에 출현하는 상어와 전기뱀장어 등의 수중생물의 수, 별모양의 보석 개수로 조정하고, 난이도 범위는 1단계에서 10단계까지 적용이 가능하며, 수행에 대한 감각되먹임은 화면에 나타나는 점수 표시로 제공된다(그림 1, D).³⁾ 자료 측정

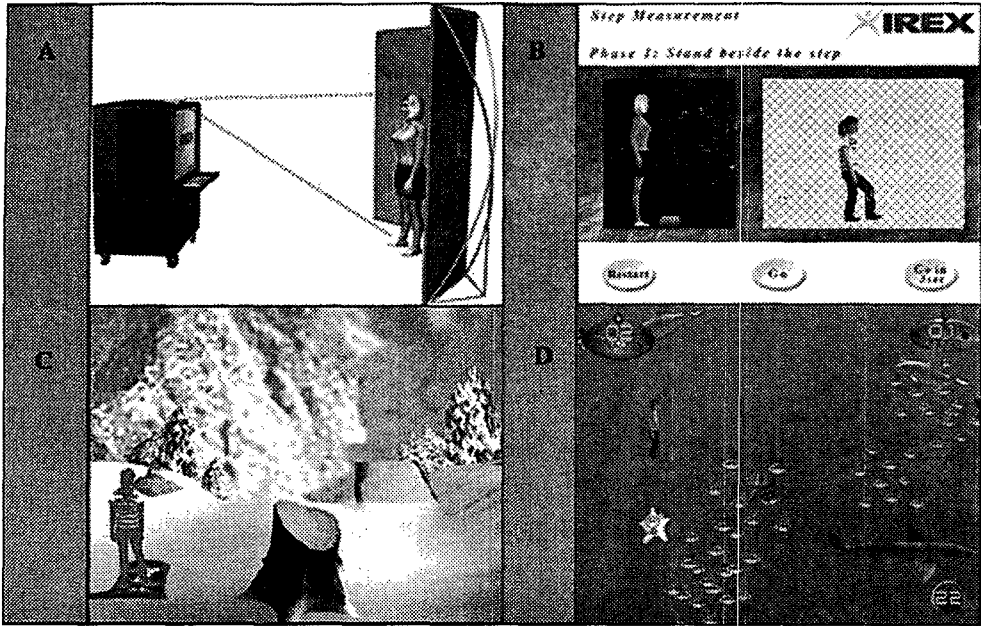


그림 1. IREX program for VR training. A. IREX system, B. step up/down program, C. snowboarding program, D. sharkbait program.

3) 자료 측정

(1) 균형 자료 측정

① Balance Performance Monitor(BPM)

편마비 뇌졸중 환자의 균형과 관련된 임상적 자료를 수집하기 위하여 BPM(Dataprint software 5.3, SMS Healthcare Inc., UK)을 이용하였다.

BPM은 다양한 시각 및 청각 피드백을 제공하는 균형 훈련과 균형을 측정하기 위한 도구로서 고안된 시스템으로 경제성과 이동성의 장점을 갖는다. 이 도구는 컴퓨터화된 두 발 선자세용 발판과 시각적, 청각적 피드백을 제공해 주기 위한 피드백용 장치로 구성되어 있다. 두 발 기립용 발판은 이동이 가능한 두 개의 발판으로 구성되어 있고 각 발판 위에는 발의 모양이 그려져 있으며 그 위에 발의 방향과 수직이 되는 선이 표시되어 정확한 발의 위치를 들 수 있도록 제작되었다. BPM은 신체중심의 분포와 동요각, 동요거리, 동요속도, 동요주기 등을 컴퓨터화된 측정과 계산을 통하여서 정확하게 제공해 주어 임상에서도 균형을 위한 훈련과 평가도구로서 많이 사용되어 오고 있다(Sackley와 Baguley, 1993).

본 연구에서는 뇌졸중 환자의 선자세 균형을 정적 선자세 균형과 동적 선자세 균형으로 나누어 측정하였다.

정적 선자세 균형은 김중휘(2000)의 연구에서와 동일하게 BPM의 피드백 장치 없이 발판 위에 4인치 너비로 올라서서 전방 1m 벽 중앙에 눈높이의 약 15° 위 지점에 부착된 직경 3cm의 표시에 시선을 고정한 채로 편안하게 30초간 서있는 자세를 유지하는 동안 마비측 하지의 체중부하율(weight bearing in paretic side), 동요면적(sway area), 동요거리(sway path) 그리고 최대동요속도(maximal sway velocity)를 측정하였다. 동적 선자세 균형은 정동훈(1999)의 연구와 동일한 방법으로 정적 선자세와 동일한 자세에서 시작 신호와 함께 지지기저면의 변화 없이 가능한 엉덩관절에서 일어나는 동작을 최소화하고 발목관절에서의 동작만을 이용해 환자가 본인에게 가장 편안한 속도로 30초간 전·후 및 좌·우로 최대의 수의적인 체중 이동을 하였을 때 평균 체중분배율(동적 평균 균형: dynamic mean balance), 전후 안정성 한계를 반영하는 전후 동요각(anteroposterior angle) 그리고 좌우 안정성 한계를 반영하는 좌우 동요각(mediolateral angle)을 측정하였다

② Berg 균형 척도

균형에 대한 기능적 수행의 정도를 측정하기 위하여

뇌졸중 환자를 위한 균형의 척도로서 신뢰도와 타당도가 인정된 Berg 균형 척도를 이용하였다(Berg 등, 1989, 1992; Botner 등, 2005; Wee 등, 2003).

Berg 균형 척도는 14개의 항목으로 구성되어 앉기, 서기, 자세변화의 3개 영역으로 크게 나눌 수 있다. 최소 0점에서 최고 4점을 적용하고 14개 항목에 대한 총합은 56점이다. 앉기 항목은 의자의 등받이에 기대지 않고 바른 자세로 앉기, 서기 항목으로는 잡지 않고 서있기, 두 눈을 감고 잡지 않고 서있기, 두 발을 붙이고 잡지 않고 서있기, 한 다리로 서있기, 왼쪽과 오른쪽으로 뒤돌아보기, 바닥에 있는 물건을 집어 올리기, 한 발 앞에 다른 발을 일자로 두고 서있기, 선자세에서 앞으로 팔을 뻗어 내밀기, 자세변화 항목으로는 앉은 자세에서 일어나기, 선자세에서 앉기, 의자에서 의자로 이동하기, 제자리에서 360° 회전하기, 일정한 높이의 발판 위에 발을 교대로 놓기로 구성되어 있다. 전체 항목을 수행하는 데에는 약 15분이 소요되었다. 이 측정도구는 측정자 내 신뢰도와 측정자 간 신뢰도가 각각 $r=0.99$, $r=0.98$ 로서 균형을 평가하는 데 높은 신뢰도와 내적 타당도를 가지고 있다(Berg 등, 1989; Bogle Thorbahn과 Newton, 1996).

3. 실험절차

실험에 앞서 연구자는 연구 보조원 3명에게 연구의 목적 및 실험방법에 대한 이론적인 교육과 실습을 시행한 후 연구자는 가상현실 훈련을 담당하게 하였고, 보조연구자 1명은 BPM과 Berg 균형 척도에 대한 정보를 측정하게 하였으며, 1명은 GAITRite, MMAS, 10m 보행 검사에 대한 정보를 측정하도록 하였고, 나머지 1명은 환자의 특성을 기록 하고 균형과 보행에 관한 자료를 수집하고 정리하도록 하였다. 균형과 보행에 대한 정보를 측정하는 보조 연구자들은 가상현실 훈련군과 대조군을 알 수 없도록 하였다. 본 연구에 참여하기를 동의한 대상자 전원에게는 연구의 목적 및 실험방법에 대한 설명과 함께 시범을 보인 후 모든 대상자에게 동일한 순서대로 진행하였다.

먼저 훈련군과 대조군 모두를 대상으로 대상자들의 특성에 관한 자료를 수집하였다. 환자의 선자세 균형에 대한 운동학적인 자료를 얻기 위하여서 BPM을 이용해 정적 선자세 균형과 동적 선자세 균형을 측정하였다. 정적 선자세 균형은 환자가 BPM의 두발 기립용 발판에 30초 동안 정지하여 서있는 동안 신체 중심의 동요 양상을 측

정하여 정지하여 서있는 상태에서의 마비측 체중부하율(weight bearing in paretic side), 동요면적(sway area), 동요거리(sway path), 최대동요속도(maximal sway velocity)를 측정하여 비교하였고, 동적 선자세 균형은 환자가 수의적으로 엉덩전락을 사용하지 않고 발목 전락만을 사용해 안정성 한계 내에서 30초 동안 전후, 좌우로 각각 편안하게 신체 중심을 최대한 움직일 수 있도록 하여 동적 평균 균형(dynamic mean balance), 전후 동요각(anteroposterior angle), 좌우 동요각(mediolateral angle)을 측정하였고, 균형의 기능적 수행능력의 측정은 Berg 균형 척도를 이용하여 측정하였다. 훈련군으로 선발된 12명에게는 기존의 기능 향상을 목적으로 하는 물리치료(주 3회, 1회 40분씩)에 추가적으로 IREX를 이용한 가상현실훈련을 4주간에 걸쳐(주 4회, 1회 30분, 각 프로그램 당 10분씩) 적용하였다. 가상현실 훈련 프로그램이 끝나는 4주 후에 균형에 관련된 검사를 실험전과 동일하게 실시하여 이를 통하여 얻은 실험 후 측정값들을 실험전의 측정값들과 비교 분석하고 대조군과도 비교하였다. 각 검사 값은 3회씩 시행한 결과의 평균값을 이용하였다.

4. 분석 방법

IREX가 제공하는 가상현실 프로그램의 치료적 중재 효과를 알아보기 위하여 SPSS/Window(version 12.0)을 이용해 통계 처리하였다. 가상현실 훈련이 뇌졸중 환자의 균형 수행에 미치는 영향에 관해 분석하기 위하여 본 연구에서 정한 정적, 동적 그리고 기능적 균형 수행 변수들을 통하여 훈련군과 대조군 각 집단에서 가상현실 훈련 전과 후의 균형 수행에 있어서의 차이를 비교하였고, 각 집단에서의 균형 수행 변수들에 대한 평균차를 통하여 훈련군과 대조군의 차이를 비교 분석하였다. 각 집단내 가상현실 훈련 전·후 비교를 위하여서 BPM을 통한 정적 선자세와 동적 선자세에서의 체중분배와 동요양상에 대한 검사 값들과 기능적 균형인 Berg 균형 척도 점수를 대응표본 t 검정을 통하여 비교 분석하였고, 훈련군과 대조군의 균형 수행 변수들에 대한 집단간 훈련 전·후 평균차 비교는 독립표본 t 검정을 통하여 분석하였다. 통계학적 유의 수준을 검증하기 위한 유의수준은 .05와 .01로 정하였다.

Ⅳ. 연구결과

1. 연구 대상자의 특성

1) 연구 대상자의 일반적 특성

훈련군은 남자 6명, 여자 6명으로 모두 12명이었으며, 평균 나이 52.45세, 체중 59.50kg, 키 162.00cm이었다. 뇌졸중 원인은 뇌출혈 8명, 뇌경색 4명이었고,

마비측은 우측 7명, 좌측 5명이었으며, 발병이후 유병 기간은 평균 25.91개월이었다. 대조군은 남자 7명, 여자 5명으로 모두 12명이었으며, 평균 나이 51.75세, 체중 62.25kg, 키 165.08cm이었다. 뇌졸중 원인은 뇌출혈 5명, 뇌경색 7명이었고, 마비측은 우측 5명, 좌측 7명이었으며, 발병이후 유병 기간은 평균 24.25개월이었다(표 1).

표 1. Baseline characteristics of subjects in virtual reality(VR) groups and the control groups

	VR group (n=12)	Control group (n=12)
Age (yr)*	52.42±10.09	51.75±7.09
Genger		
Male	6	7
Female	6	5
Body weight (kg)*	59.50±7.50	62.25±7.30
Body height (cm)*	162.00±7.83	165.08±9.89
Type of stroke		
Hemorrhage	8	5
Infarction	4	7
Paretic side		
Right	7	5
Left	5	7
Time from onset (mo)*	25.91±9.96	24.25±8.87

* values given as mean ± standard deviation (SD)

2. 가상현실 훈련이 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향

1) 가상현실 훈련 전·후 정적 균형 변수 비교

BPM의 두발 기립용 발판에 30초 동안 정적 선자세 균형을 유지하고 있을 때, 가상현실 훈련군과 대조군에서의 가상현실 훈련 전·후 정적 균형 변수들의 평균값을 비교한 결과는 다음과 같았다(표 2).

훈련군에서 마비측 정적 체중부하율(weight bearing in paretic side)은 훈련 전 45.00%, 훈련 후 48.56%로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p>.05$). 동요면적(sway area)은 훈련 전 479.08mm², 훈련 후 291.58mm²으로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(그림 2). 동요거리(sway path)는 훈련 전

398.25mm, 훈련 후 231.08mm로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(그림 3). 최대동요속도(maximal sway velocity)는 훈련 전 55.50mm/s, 훈련 후 31.42mm/s로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(그림 4).

대조군에서 마비측 체중부하율은 훈련 전 47.47%, 훈련 후 48.66%로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p>.05$). 동요면적은 훈련 전 298.33mm², 훈련 후 353.33mm²으로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p>.05$). 동요거리는 훈련 전 377.67mm, 훈련 후 321.00mm로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p>.05$). 최대동요속도는 훈련 전 67.50mm/s, 훈련 후 55.00mm/s로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p>.05$).

표 2. The comparison of static balance parameters between pretest and post-test for VR group and the control group

Parameters	VR group			Control group		
	Pre/Post	t	p	Pre/Post	t	p
Weight bearing in paretic side (%)	45.00±10.58 48.56±2.56	-1.310	0.218	47.47±4.25 48.66±4.08	-1.312	0.216
Sway area (mm ²)	479.08±336.31 291.58±218.75			2.884		
Sway path (mm)	398.25±186.40 231.08±107.73	2.285	0.043	377.67±247.13 321.00±142.33	1.603	0.137
Maximal sway velocity (mm/s)	55.50±40.36 31.42±35.28			2.324		

Pre: pretest, Post: post-test, mean ± standard deviation.

2) 정적 균형 변수에 대한 집단간 훈련 전·후 평균차 비교

훈련군과 대조군의 정적 균형 변수에 대한 훈련 전·후 평균차 비교는 다음과 같았다(표 3).

마비측 체중부하율은 훈련군에서 3.55이고, 대조군에서 1.19로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

동요면적은 훈련군에서 -187.50이고, 대조군에서 55.00으로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

동요거리는 훈련군에서 -167.17이고, 대조군에서 -56.67로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

최대동요속도는 훈련군에서 -24.08이고, 대조군에서 -12.50로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

표 3. The comparison of mean changes for static balance parameters between VR group and the control group for mean difference

	VR group	Control group	df	t	p
Weight bearing in paretic side	3.55±9.43	1.19±3.14	22	0.825	0.418
Sway area	-187.50±345.28	55.00±416.33	22	-1.751	0.440
Sway path	-167.17±139.43	-56.67±248.46	22	-0.300	0.767
Maximal sway velocity	-24.08±21.00	-12.50±43.69	22	-0.133	0.911

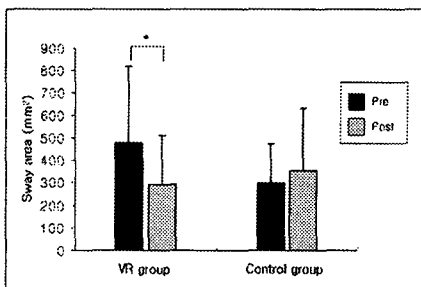


그림 2. Sway area of VR group and the control group. Bar graphs are group mean and standard deviation(±). Pre: pretest, Post: post-test, *: p<.05.

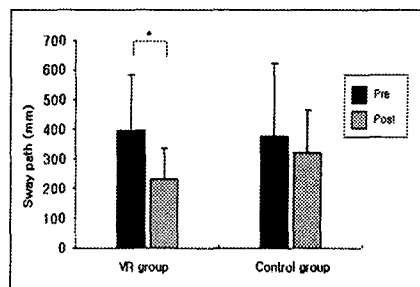


그림 3. Sway path of VR group and the control group

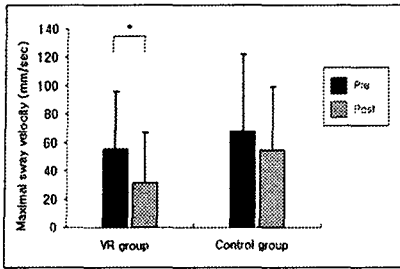


그림 4. Maximal sway velocity of VR group and the control group

3) 가상현실 훈련 전·후 동적 균형 변수 비교

BPM의 두발 기립용 발판에 서서 환자가 엉덩전락을 사용하지 않고 30초 동안 수직적으로 전·후, 좌·우 방향으로 신체중심 이동을 하였을 때 BPM에 의해 측정된 동적 선자세 균형에서, 가상현실 훈련군과 대조군에서의 가상현실 훈련 전·후 동적 균형 변수들의 값을 비교한 결과는 다음과 같았다(표 4).

훈련군에서 동적 평균 균형(dynamic mean balance)은 마비측에서 훈련 전 40.90%, 훈련 후 45.48%로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .01$)(그림 5). 전 동요각(anterior angle)은 훈련 전 3.80° , 훈련 후 5.05° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .01$)(그림 6). 후 동요각(posterior angle)은 훈련 전 1.25° , 훈련 후 1.98° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .01$)(그림 6). 전후 동요각(anteroposterior angle)은 훈련 전 5.05° , 훈련 후 7.03° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .01$)(그림 6). 마비측 동요각(paretic angle)은 훈련 전 1.98° , 훈련 후 4.38° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .01$)(그림 7). 비마

비측 동요각(nonparetic angle)은 훈련 전 4.24° , 훈련 후 5.41° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .01$)(그림 7). 좌우 동요각(mediolateral angle)은 훈련 전 6.22° , 훈련 후 9.79° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .01$)(그림 7).

대조군에서 동적 평균 균형은 훈련 전 43.35%, 훈련 후 43.94%로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$). 전 동요각은 훈련 전 3.78° , 훈련 후 3.92° 로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$). 후 동요각은 훈련 전 1.49° , 훈련 후 1.55° 로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$). 전후 동요각은 훈련 전 5.27° , 훈련 후 5.47° 로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$). 마비측 동요각은 훈련 전 3.02° , 훈련 후 3.44° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(그림 7). 비마비측 동요각은 훈련 전 4.55° , 훈련 후 4.98° 로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$). 좌우 동요각은 훈련 전 7.57° , 훈련 후 8.42° 로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$).

표 4. The comparison of dynamic balance parameters between pretest and post-test for VR group and the control group

Parameters	VR group			Control group		
	Pre/Post	t	p	Pre/Post	t	p
Dynamic mean balance (%)	40.90±5.51 45.48±2.84	3.711	0.003	43.35±4.35 43.94±4.24	0.505	0.623
Anterior angle (degree)	3.80±0.98 5.05±1.12	-7.618	0.000	3.78±0.91 3.92±0.66	-0.560	0.587
Posterior angle (degree)	1.25±0.65 1.98±0.76	-4.086	0.002	1.49±0.79 1.55±0.73	-0.493	0.632

AP angle (degree)	5.05±1.24 7.03±1.83	-3.833	0.003	5.27±1.45 5.47±1.36	-2.082	0.061
Paretic angle (degree)	1.98±1.06 4.38±0.82	-7.094	0.000	3.02±0.82 3.44±0.80	-2.927	0.014
Nonparetic angle (degree)	4.24±0.82 5.41±0.60	-5.169	0.000	4.55±0.95 4.98±0.68	-2.070	0.063
ML angle (degree)	6.22±1.42 9.79±1.34	-7.598	0.000	7.57±1.74 8.42±2.25	-0.306	0.765

AP: anteroposterior, ML: mediolateral

4) 동적 균형 변수에 대한 집단간 훈련 전·후 평 균차 비교

훈련군과 대조군의 동적 균형 변수에 대한 훈련 전·후 평균차 비교는 다음과 같았다(표 5).

동적 평균 균형은 훈련군에서 4.58이고, 대조군에서 0.59로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(그림 5). 전 동요각은 훈련군에서 1.25이고, 대조군에서 0.14로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$)(그림 6). 후 동요각은 훈련군에서 0.74이고, 대조군에서 0.06로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$)(그

림 6). 전후 동요각은 훈련군에서 1.98이고, 대조군에서 0.20로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$)(그림 6). 마비측 동요각은 훈련군에서 2.40이고, 대조군에서 0.43로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$)(그림 7). 비마비측 동요각은 훈련군에서 1.17이고, 대조군에서 0.43로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(그림 7). 좌우 동요각은 훈련군에서 3.57이고, 대조군에서 0.85로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$)(그림 7).

표 5. The comparison of mean changes for dynamic balance parameters between VR group and the control group for mean difference

	VR group	Control group	df	t	p
Dynamic mean balance	4.58±4.28	0.59±4.06	22	2.345	0.028
Anterior angle	1.25±0.57	0.14±0.88	22	3.686	0.001
Posterior angle	0.74±0.62	0.06±0.41	22	3.143	0.005
AP angle	1.98±1.20	0.20±1.00	22	1.593	0.002
Paretic angle	2.40±0.97	0.43±0.50	22	4.962	0.000
Nonparetic angle	1.17±0.78	0.43±0.73	22	2.391	0.026
ML angle	3.57±1.40	0.85±2.88	22	3.046	0.008

5) 가상현실 훈련 전·후 기능적 균형 변수 비교

Berg 균형 척도를 이용한 가상현실 훈련군과 대조군에서의 훈련 전·후 기능적 균형 수행 검사를 비교한 결과는 다음과 같았다(표 6).

훈련군에서 Berg 균형 척도 점수는 훈련 전 44.42점,

훈련 후 51.18점으로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$)(그림 8).

대조군에서 Berg 균형 척도 점수는 훈련 전 46.67점, 훈련 후 48.25점으로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$)(그림 8).

표 6. The comparison of Berg Balance Scale(BBS) between pretest and post-test for VR group and the control group

Parameters	VR group			Control group		
	Pre/Post	t	p	Pre/Post	t	p
BBS	44.42± 5.99 51.18±4.02	-6.502	0.000	46.67±3.75 48.25±4.22	-4.710	0.001

6) 기능적 균형 변수에 대한 집단간 훈련 전·후
평균차 비교
훈련군과 대조군의 Berg 균형 척도를 이용한 기능적

균형 수행검사에 대한 훈련 전·후 평균차 비교에서 훈련
군에서 6.75이고, 대조군에서 1.58로 통계학적으로 유
의한 차이가 있었다($p < .01$)(표 7)(그림 8).

표 7. The comparison of mean change for BBS between VR group and the control group for mean difference

	VR group	Control group	df	t	p
BBS	6.75±3.60	1.58±1.16	22	4.735	0.000

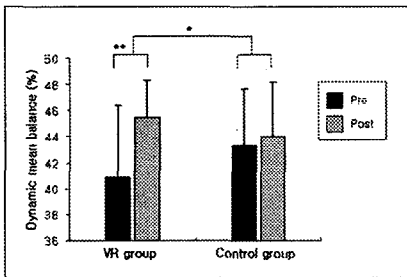


그림 5. Dynamic mean balance of VR group and the control group. *: $p < .05$, **: $p < .01$.

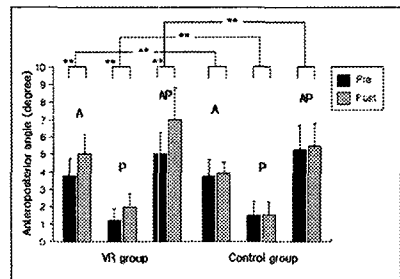


그림 6. Anteroposterior angle of VR group and the control group. Bar graphs are group mean and standard deviation(\pm). Pre: pretest, Post: post-test. A: anterior angle, P: posterior angle, AP: anteroposterior angle.

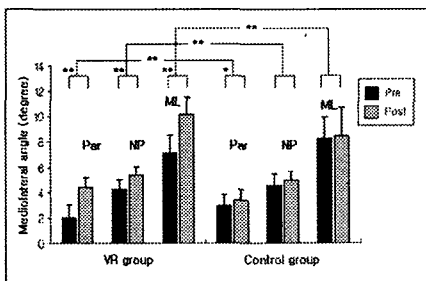


그림 7. Mediolateral angle of VR group and the control group. Par: paretic angle, NP: nonparetic angle, ML: mediolateral angle.

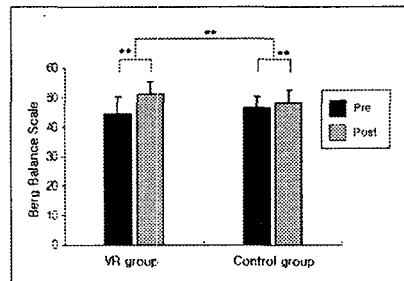


그림 8. Berg Balance Scale of VR group and the control group

V. 고 찰

뇌졸중 환자의 자세 제어의 문제를 해결하는 것은 오랜 세월에 걸쳐 뇌졸중 환자의 기능 향상을 위한 중요한 목표가 되어 왔으며, 물리치료 분야에 있어서도 대표적으로 신경촉진 모형(neurofacilitation model)을 근거로 하는 물리치료사에 의한 도수적인 치료, 힌판을 이용한 치료, 시스템 모형을 근거로 하는 특정 과제에 한정된 훈련 등의 방식으로 뇌졸중 환자의 균형을 재확립하기 위한 다양한 중재 방법들이 시도되어 왔다.

근래에 들어 가상현실이 장애를 가진 환자들의 기능 회복을 돕기 위한 치료적 중재의 도구로서 사용되기 시작하였다. 가상현실을 통한 치료적 중재는 다른 중재방법들에 비해 상대적으로 쉬운 환경제어와 환경선택의 용이성, 과제 난이도의 단계적 제어를 통한 능력에 따른 훈련 제공, 과제수행에 대한 신속하고 정확한 감각되먹임 제공, 안전한 환경에서의 자가 학습의 기회 제공, 경제적 훈련 환경 구현 등의 장점을 갖는다(Jack 등, 2001; Rizzo와 Buckwalter, 1997; Rose 등, 1999; Schultheis 등, 2001, 2002).

본 연구는 가상현실을 이용해 뇌졸중 환자의 자세 제어를 훈련시킬 목적으로 IREX가 제공하는 가상현실 프로그램을 이용하였다. IREX는 20여 가지의 다양한 가상현실 훈련 프로그램을 제공하는데, 그 중 뇌졸중 환자의 자세 제어의 개선을 위한 훈련의 목적으로 본 연구에서 예비실험을 통하여 선택한 프로그램은 스텝 오르기/내리기(step up/down), 스노우보딩(snowboarding), 상어미끼(sharkbait) 프로그램이었다. 스텝 오르기/내리기 프로그램은 가상의 교사(virtual teacher)가 수행하는 스텝 동작을 따라서 자신의 동작을 모니터를 통하여 비교하며 수행하는 훈련 방식으로 프로그램 전반에 걸쳐 시각 의존적인 되먹임 제어(feedback control)가 요구되며, 스노우보딩과 상어미끼 프로그램은 과제를 수행하기 위하여 수의적인 노력으로 안정성 한계 내에서 자세를 제어하거나 장애물을 피하기 위하여 반응적이거나 예견된 자세 제어를 위한 미리먹임 제어(feedforward control)가 요구된다. 본 연구의 가상현실 프로그램은 운동 제어 이론들 중 과제의 목적을 성취하기 위하여 인체의 각 시스템들 간의 상호작용을 통하여 자유도를 제한하는 방식으로 이루어지는 시스템 이론(system theory)이 지양하는 특정 과제에 한정된 훈련 접근방식을 택한 훈련 방법이며, 운동학습 이론의 측면에서 한 프로그램 안에서 운

동수행에 대한 결과 지식(knowledge of result)이 시각적, 청각적 감각 되먹임을 통하여 즉시적으로 제공되는 즉시적 되먹임(immediate feedback) 방식과 각 프로그램의 전반에 걸친 수행 정보가 마지막 단계에서 수행 결과의 데이터 값을 통하여 제공되는 통합 되먹임(summary feedback) 방식이 동시에 제공되는 운동학습 방법이라고 할 수 있다.

본 연구는 뇌졸중 환자의 선자세 제어를 개선하기 위하여 위에서 언급한 특정 과제에 한정된 가상현실 프로그램을 이용한 4주간(주당 4회, 회당 30분)의 집중적인 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 정적 균형과 동적 균형 및 기능적 균형에 미치는 영향에 관해 알아보았다. 가상현실 훈련 전·후 균형 수행을 비교하기 위하여 BPM을 이용하여 선자세에서의 체중분배 특성과 신체 동요 양상을 측정하였고, Berg 균형 척도를 이용하여 기능적 균형 수행을 측정하였다.

정적 선자세 균형은 BPM의 발판에서 양 발의 간격 4인치 너비로 편안하게 서있는 자세에서 30초 동안 마비측 하지의 체중부하율과 신체중심의 동요 양상을 나타내 주는 동요면적, 동요거리, 최대동요 속도를 구하여 비교하였다. BPM은 정적 선자세 균형에서 가상현실 훈련군의 정적 선자세 균형에서 마비측 하지의 체중부하율은 훈련 전 45%에서 훈련 후 48.56%로 향상되었지만 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 훈련군에서 동요면적(sway area)은 훈련 전 479.08mm², 훈련 후 291.58mm²로 187.50mm² 감소하였고, 동요거리(sway path)는 훈련 전 398.25mm, 훈련 후 231.08mm로 167.17mm 감소하였고, 최대동요속도(maximal sway velocity)는 훈련 전 55.50mm/s, 훈련 후 31.42mm/s로 24.08mm/s 유의한 감소가 있었으나, 대조군과의 평균차 비교에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다.

Horak 등(1997)은 정적 선자세에서의 자세동요의 양상이 안정성에 대한 개개인의 지각력이나 넘어지는 경향과 필수적인 상관관계가 있는 것은 아니며, 보행과 같은 동적 행동과는 연관성이 적다고 하였다. 그는 정적 선자세에서 자세동요의 감소와 제한이 안정성의 향상을 반영하는 요소는 아니라고 하였다. Carr와 Shepherd(1998)는 일부 뇌손상 환자에게서 관찰되는 자세동요의 감소는 균형 능력이 좋다는 것을 반영하는 것이 아니라 뇌 손상 이후 넘어짐에 대한 불안감과 불안정한 균형에 적응하기 위한 반응으로 나타나는 결과이며, 정적 선자세

균형에서의 적은 범위의 자세동요를 보이는 뇌졸중 환자들은 오히려 안정성이 떨어지며 쉽게 넘어질 수 있는 확률이 높다고 하였다. 본 연구에서 가상현실 후 훈련군에서 정적 선자세 균형 변수인 동요면적, 동요거리, 최대동요속도에 있어서 유의한 감소를 나타내었지만 대조군과의 비교에서 유의한 차이가 없었는데, 이는 동적인 자세동요의 제어를 요구하는 가상현실 훈련의 과제 특성이 정적 선자세를 유지하기 위하여 요구되는 자세동요의 제한과는 다른 과제의 특성을 지니고 있었기 때문이라고 생각된다.

동적 선자세 균형은 BPM의 발판에서 정적 선자세 균형과 동일한 자세에서 엉덩전락을 사용하지 않고 발목전락만을 이용해 30초간 수의적으로 편안한 속도에서 체중을 전후 및 좌우로 최대로 이동시켰을 때의 동적 평균 균형과 측방동요주기 그리고 전후 및 좌우의 동요각을 통한 안정성 한계를 측정하였다.

본 연구 결과 가상현실 훈련군에서의 동적 평균 균형(dynamic mean balance)은 마비측에서 훈련 전 40.90%에서 훈련 후 45.48%로 4.58% 증가하였으며 집단내 비교와 집단간 비교에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다. Nashner(1990)는 정상 성인의 4인치 발을 벌린 선자세에서 전·후 안정성 한계는 12°이고 좌우 안정성 한계는 16°라고 하였다. 또한 권오윤, 최홍식(1996)은 20대 연령의 정상 성인에서 4인치 양발을 벌린 기립자세에서 전후 안정성 한계는 11.72°이며, 좌우 안정성 한계는 15.10°라고 하였다. 정동훈(1999)은 뇌졸중 환자의 전후 안정성 한계는 5.36°이었고, 좌우 안정성 한계는 7.92°로 정상인에 비해 큰 감소를 보인다고 하였다. 본 연구에서 훈련군에서의 훈련 전 전후 안정성 한계는 5.05°이었고, 좌우 안정성 한계는 6.22°이었으며, 대조군에서의 훈련 전 전후 안정성 한계는 5.27°이었고, 좌우 안정성 한계는 7.57°로 정동훈(1999)의 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 가상현실 훈련군에서 가상현실 훈련 후 전후 안정성 한계는 7.03°로 훈련 전과 비교해 1.98° 증가하였고, 좌우 안정성 한계는 8.42°로 훈련 전과 비교해 3.57° 증가하였으며, 집단내 비교와 집단간 비교는 통계학적으로 유의한 증가를 나타내었다. 이상의 결과는 가상현실을 통한 자세 훈련이 뇌졸중 환자의 동적 선자세 균형 전반에 걸쳐 의미 있는 향상을 가져오는 결과를 확인시켜 주었다.

균형 능력을 평가하기 위하여 기능적인 일상생활 동작을 응용하여 만들어진 Berg 균형 척도는 초기 노인 또는

균형에 장애가 있는 환자들을 대상으로 고안되어 사용되어 왔으나(Berg 등, 1989), 최근 여러 연구자들에 의해 뇌졸중 환자의 기능적인 균형 수행 능력을 판별하기 위한 도구로서 널리 사용되어 오고 있다(Botner 등, 2005; Geiger 등, 2001; Walker 등, 2000; Wee 등, 2003). Berg 균형 척도는 운동분석 시스템을 이용하여 균형을 분석하는 방식처럼 정확하고 섬세한 측정이 어렵다는 단점이 있기는 하지만, 쉽고 비용이 들지 않으며 실생활 기능을 반영하는 기능적 균형에 대한 해석이 가능하다는 장점이 있다.

본 연구 결과 Berg 균형 척도 점수는 가상현실 훈련군에서 훈련 전 44.42점, 훈련 후 51.18점으로 평균 6.75점이 증가한 것으로 나타났고, 대조군은 훈련 전 46.67점, 훈련 후 48.25점으로 평균 1.58점이 증가한 것으로 나타났으며, 두 집단 모두에서 통계학적으로 유의한 증가를 나타내었으며, 두 집단간의 평균차 비교에서도 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다. 따라서 가상현실 훈련은 뇌졸중 환자의 Berg 균형 척도에서 의미 있는 향상을 가져오는 것으로 확인되었다.

VI. 결 론

본 연구는 뇌경색 및 뇌출혈로 인한 뇌졸중으로 진단 받고 ○○대학교 의료원 재활의학과에서 입원 또는 외래 통원으로 기능 회복을 목적으로 하는 물리치료를 받고 있는 환자들 중 본 연구의 필요조건을 충족하는 편마비 뇌졸중 환자 24명을 대상으로 가상현실 훈련군과 대조군으로 각각 12명씩 무선 배치시켜 두 집단으로 나누고, 훈련군에게 가상현실을 프로그램을 구현하는 IREX를 이용하여 선자세 제어와 관련된 3가지의 가상현실 프로그램을 4주간에 걸쳐 훈련시킨 후 가상현실 훈련 전후의 정적 선자세, 동적 선자세 그리고 기능적 균형 능력을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 가상현실 프로그램은 훈련군의 전후 동요 면적에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었지만($p < .05$), 대조군과의 평균차 비교에서는 유의한 차이가 없었다($p > .05$).
2. 가상현실 프로그램은 훈련군의 전후 동요 거리에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었지만($p < .05$), 대조

군과의 평균차 비교에서는 유의한 차이가 없었다 (p>.05).

3. 가상현실 프로그램은 훈련군의 최대 동요 속도에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었지만(p<.05), 대조군과의 평균차 비교에서는 유의한 차이가 없었다 (p>.05).

4. 가상현실 프로그램은 훈련군의 동적 평균 균형에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며(p<.05), 대조군과의 평균차 비교에서도 유의한 차이가 있었다 (p<.05).

5. 가상현실 프로그램은 훈련군의 전, 후, 전후 안정성 한계에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며 (p<.05), 대조군과의 평균차 비교에서도 모두 유의한 차이가 있었다(p<.05).

6. 가상현실 프로그램은 훈련군의 좌, 우, 좌우 안정성 한계에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며 (p<.05), 대조군과의 평균차 비교에서도 모두 유의한 차이가 있었다(p<.05).

7. 가상현실 프로그램은 훈련군과 대조군 모두 Berg 균형 척도에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며(p<.05), 집단간 평균차 비교에서도 유의한 차이가 있었다(p<.05).

따라서, 가상현실 프로그램은 만성 뇌졸중 환자의 동적 선자세 균형과 기능적 균형 능력을 개선시키는 중재 도구로서 효과가 있는 것으로 확인 되었다.

〈 참고 문헌 〉

권오윤과 최홍식. : 20대 연령에서 다양한 감각 조건에 따른 안정성 한계의 비교. 대한물리치료학회지. 3(2), 129-139, 1996.

김중휘 : 플라스틱 단하지 보조기와 신발 착용이 편마비 환자의 정적 선자세 균형에 미치는 영향. 미간행 대구대학교 대학원 석사학위 청구논문, 2000.

박정미와 김중선 : 가상현실 프로그램의 집중적 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복에 미치는 영향. 대한물리치료학회지, 16(4), 687-698, 2004.

정동훈 : 편마비 환자의 비대칭적 체중지지가 기립균형 안정성한계에 미치는 영향. 미간행 대구대학교 대학원 석사학위 청구논문, 1999.

Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI et al : Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. Physiotherapy Canada, 41, 304-311, 1989.

Berg KO, Maki BE, Williams JI, Holliday PJ et al : Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. Arch Phys Med Rehabil, 73(11), 1073-1080, 1992.

Bogle Thorbahn LD, & Newton RA : Use of the Berg Balance Test to predict falls in elderly persons. Phys Ther, 76, 576-585, 1996.

Botner EM, Miller WC, & Eng JJ : Measurement properties of the Activities-specific Balance Confidence Scale among individuals with stroke. Disabil Rehabil, 27(4), 156-163, 2005.

Bouisset S, & Duclenne J-L : Is body balance more perturbation in seating than in standing posture? Neuroreport, 5, 957-960, 1994.

Broeren J, Rydmark M & Sunnerhagen KS : Virtual reality and haptics as a training device for movement rehabilitation after stroke: a single-case study. Arch Phys Med Rehabil, 85, 1247-1250, 2004.

Burdea GC : Virtual rehabilitation-benefits and challenges. Methods Inf Med, 42(5), 519-23, 2003.

Carr JH, & Shepherd RB : Neurological Rehabilitation Optimizing Motor Performance. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1998.

Cheng PT, Wu SH, Liaw MY et al : Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention. Arch Phys Med Rehabil, 82, 1650-1654, 2001.

Christiansen C, Abreu B, Ottenbacher K et al : Task performance in virtual environments used for cognitive rehabilitation after traumatic injury. Arch Phys Med Rehabil, 79, 888-892, 1998.

Cunningham D & Krishack M : Virtual reality promotes visual and cognitive function in rehabilitation. CyberPsych Behav, 2, 19-23, 1999a.

- Cunningham D & Krishack M : Virtual reality: a wholistic approach to rehabilitation. *Stud Health Technol Inform*, 62, 90-93, 1999b.
- Dean CM, Richards CL & Malouin F : Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 81, 409-417, 2000.
- Dettmann MA, Linder MT & Sepic SB : Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessments of the hemiplegic patient. *Am J Phys Med*, 66, 77-90, 1987.
- Di Fabio RP & Badke MB : Extraneous movement associated with hemiplegic postural sway during dynamic goal-directed weight redistribution. *Arch Phys Med Rehabil*, 71, 365-371, 1990.
- Duncan P, Richards L, Wallace D et al : A randomized, controlled pilot study of a home-based exercise program for individuals with mild and moderate stroke. *Stroke*, 29, 2055-2060, 1998.
- Eng JJ & Chu KS : Reliability and comparison of weigh-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 83, 1138-1144, 2002.
- Engardt M, Ribbe T & Olsson E : Vertical ground reaction force feedback to enhance stroke patients' symmetrical body-weight distribution while rising/sitting down. *Scand J Rehabil Med*, 25, 41-48, 1993.
- Geiger RA, Allen JB, O'Keefe J et al : Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/forceplate training. *Phys Ther*, 81, 995-1005, 2001.
- Goldie PA, Matyas TA, Evans OM et al : Maximum voluntary weight-bearing by the affected and unaffected legs in standing following stroke. *Clin Biomech*, 11, 333-342, 1996a.
- Goldie PA, Evans O & Matyas TA : Performance in the stability limits test during rehabilitation. *Gait Posture*, 4, 315-322, 1996b.
- Grealy MA, Jonson DA & Rushton SK : Improving cognitive function after brain injury: the use of exercise and virtual reality. *Arch Phys Med Rehabil*, 80(6), 661-667, 1999.
- Hocherman S, Dickstein R & Pillar T : Platform training and postural stability in hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil*, 65, 588-592, 1984.
- Horak FB, Henry SM & Shumway-Cook A : Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. *Phys Ther*, 77, 517-533, 1997.
- Jack D, Boian R, Merians AS et al : Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. *IEEE Trans Rehabil Eng*, 9, 308-318, 2001.
- MacKinnon CD & Winter DA : Control of whole body balance in frontal plane during human walking. *J Biomech*, 26, 633-644, 1993.
- Nashner LM : Sensory, neuromuscular, and biomechanical contributions to human balance. *Proceedings of the APTA Forum*. APTA publication, 1990.
- Nashner NL & McCollum G : The organization of human postural movement: a formal basis and experimental synthesis. *Behav Brain Sci*, 8, 135-172, 1985.
- Rizzo AA & Buckwalter JG : Virtual reality and cognitive assessment and rehabilitation: the state of the art. *Stud Health Technol Inform*, 44, 123-145, 1997.
- Rose FD, Brooks BM, Attree EA et al : A preliminary investigation into the use of virtual environments in memory retraining after vascular brain injury: indication for future strategy? *Disabil Rehabil*, 21, 548-554, 1999.
- Sackley CM & Baguley BI : Visual feedback after stroke with the balance performance monitor: Two single-case studies. *Clin Rehabil*, 7, 189-195, 1993.
- Schultheis MT & Rizzo AA : The application of

- virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabil Psych*, 46, 296-311, 2001.
- Schultheis MT, Himmelstein J & Rizzo AA : Virtual reality and neuropsychology: upgrading the current tools. *J Head Trauma Rehabil*, 17, 378-394, 2002.
- Sveistrup H : Motor rehabilitation using virtual reality. *J Neuroengineering Rehabil*, 1(1), 10, 2004.
- Turnbull GI, Chateris J & Wall JC : Deficiencies in standing weight shifts by ambulant hemiplegic subjects. *Arch Phys Med Rehabil*, 77, 356-362, 1996.
- Vandervoort AA : Ankle mobility and postural stability. *Physiother Theory Pract*, 15, 91-103, 1999.
- Visintin M, Barbeau H, Korner-Bitensky N et al : A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. *Stroke*, 29, 1122-1128, 1998.
- Walker C, Brouwer BJ & Culham EG : Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke. *Phys Ther*, 80, 886-895, 2000.
- Wee JY, Wong H & Palepu A : Validation of the Berg Balance Scale as a predictor of length of stay and discharge destination in stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*, 84(5), 731-735, 2003.
- Weiss PL, Rand D, Katz N et al : Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *J Neuroengineering Rehabil*, 1(1), 12, 2004.
- Wong MK, Tsai CJ & Tang FT : An investigation of gait analysis for stroke patients by computer dynography system. *J Rehabil Med Assoc ROC*, 27, 123-133, 1999.
- Yang JF, Winter DA & Wells RP : Postural dynamics in the standing human. *Biol Cybern*, 62, 309-320, 1990.

