

## 컴퓨터 상호작용 운동 프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향

송민영 · 이태식 · 백일훈<sup>1</sup>

동의과학대학교 물리치료과, <sup>1</sup>부산가톨릭대학교 대학원 물리치료학과

### Effects of an Interactive Computer Exercise Programs on Balance Performance in People with Chronic Stroke

Min-young Song, PT, MS, Tae-Sik Lee, PT, PhD, Il-hun Baek, PT, MS<sup>1</sup>

*Department of Physical Therapy, Dong-Eui Institute of Technology*

*<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Catholic University of Busan*

#### <Abstract>

**Purpose** : The purpose of this study was to examine the feasibility and efficiency of balance training program through an interactive video game regimen in people with chronic stroke.

**Methods** : Thirty patients with chronic hemiparetic stroke were recruited. Participants were randomly assigned to either a control group (n=15) or an experimental group (n=15). The control group received the general physical therapy including of strengthening and balance exercise five times a week whereas the experimental group received a program of balance exercise with video game play based on virtual reality as well as the same typical physical therapy. The experimental group received 6 sessions for four weeks. Each session was given 5 minutes. An interactive computer game exercise regimen lasted 30 minutes without rest periods. Outcome measures for weight transfer to paretic side, non-paretic side and sit-squat-speed, sit-squat-length, sit-to-stand-speed and sit-to-stand-area for the control group (n=15) and experimental group (n=15) before and after treatment were obtained by using the biosecure.

**Results** : Outcomes demonstrated significant improvement in the experimental group compared with the control group in weight transfer to paretic side, non-paretic side and sit-squat-speed, sit-squat-length, sit-to-stand-speed. No significant training effect was showed in sit-to-stand-area between pretraining and post-training.

**Conclusion** : An interactive computer game exercise based on task oriented approach for balance in chronic stroke were feasible. In other words, This regimen resulted in a greater improvement in dynamic balance for

people with chronic stroke.

**Key Words** : Balance, Computer Exercise, Chronic stroke

## I. 서 론

균형이란 역동적인 중력의 변화에 저항하여 바로 세운(upright)자세를 유지하는 능력을 말하며, 몸의 무게중심이 지지면(base of support) 안에 위치하도록 하는 자세 조절 기전(postural control mechanism)을 통해 균형은 유지되어진다(Brunnstrom S, 1970). 그러나 뇌졸중 환자들은 대부분 감각의 소실, 체간 안정성의 문제, 자세 흔들림, 마비측과 비마비측과의 부조화로 인해 체중 지지와 균형을 유지하는데 어려움을 가지고 있으며, 이러한 균형감각의 상실은 뇌졸중 이후 환자들에게 보행을 방해하는 가장 큰 요인 중 하나로 여겨지고 있다(Gross와 Stevenson 등, 1998).

Geiger와 그의 동료들의 연구에서는 이러한 균형감각의 문제들이 균형을 잃지 않고 주어진 방향으로 최대한 이동할 수 있는 안정성 한계(Limit of stability)에도 영향을 주며, 특히 뇌졸중 환자들은 이러한 안정성 한계가 떨어진다고 하였다. 불안정한 균형능력과 자세조절 능력의 부조화는 뇌졸중 환자들에게 독립적인 기능을 하는데 방해 요소가 되며, 낙상의 위험에서도 자유로울 수 없다. 또한 계속되는 이러한 심리적 불안정은 사회활동의 감소와 삶의 질 저하와 같은 심각한 결과를 초래할 수도 있다(Poole 등, 2002).

이와 같은 이유로, 뇌졸중 후 환자들의 균형 능력을 향상시키기 위한 전도유망한 연구들이 이루어지고 있으며, 각각의 다양한 운동 프로그램들 또한 많이 개발되거나 수정되어 지는 것이 사실이다. 이러한 운동 프로그램들의 대부분은 목표지향적인 뇌졸중 환자의 특성을 이용하여 보다 구체적이고 과제 지향적이면서 기능적인 과제를 포함하고 있다. 일반적인 이러한 운동 프로그램들은 일정한 시간 안에 과제를 반복 하게 함으로써 환자의 치료에 대한 동기 뿐만 아니라 흥미, 집중력 부재로 잠재적인 치료적 운동 효과를 방해 할지도 모른다. 특히 만성

신경계 질환을 가지고 있는 환자에 있어서 일정한 강도의 운동을 할 때는 더욱 산만함이 더해 질 수 있다.

임상적으로, 시지각을 이용한 되먹임 시스템은 뇌졸중 환자의 균형을 평가하고 치료하는데 많이 이용되었으며 이것은 실시간 시각적 자극을 제공하고 피실험자가 정확하게 무게중심(center of gravity)을 찾아 갈수 있도록 고안되었다. 체중을 옮기거나 자세를 이동하는 동안, 무게 중심점을 통하여 자세와 움직임이 모니터에 기록되며 피실험자는 이러한 시각적인 정보를 이용함으로써 적절한 전략을 계획하고 가능한 가장 적절한 자세조절을 한다(Moore와 Woollacott, 1993). 시각적 환경을 기반으로 한 이러한 되먹임 시스템 또한 비약적인 발전을 이루고 있으며, 최근에는 신경계 환자의 성공적인 회복과 관련되어 보다 재미있고 흥미로운 프로그램들을 선보이고 있다(Schultheis와 Rizzo, 2001; You과 Jang, 2005). 이러한 프로그램들은 차후 환자들의 회복기간을 앞당겨 줄 것이며 가정에서의 재활훈련에도 많은 도움을 제공 해 줄 것이다.

그럼에도 불구하고, 최근 시지각 되먹임 시스템을 이용한 컴퓨터 운동 프로그램들의 연구들은 대부분 상지의 운동 기능이나 회복에 초점을 맞추고 있다. 또한 전형적인 신경계 물리치료와 동시에 가상현실을 이용한 시지각 되먹임 시스템 훈련 프로그램이 뇌졸중 환자의 균형능력의 향상에 부가적인 효과가 있는 지에 대한 연구들도 아직은 부족한 현실이다.

그러한 이유로, 이 연구의 궁극적인 목적으로 가상현실을 이용한 상호작용 컴퓨터 운동 프로그램이 만성 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향을 알아보기 위한 것이다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

부산 D 의료원에 재원하고 있는 30명의 만성 뇌졸중 환자들을 대상으로 2010년 9월 27일부터 2010년 10월 24까지 4주간 실시하였으며 매주 3회 실시하였다. 환자에 있어서는 다음과 같은 기준을 적용하여 선정하였다. 1) 뇌졸중 발병이후 1년 이상이 된 환자. 2) 전통적인 신경계 물리치료 후 운동기능의 회복이 최고조에 있으며, 안정기에 있는 환자. 3) 30분동안 선자세를 유지할 수 있고 실내에서 30미터 거리를 독립적으로 걸을 수 있는 환자.

제의 대상에 관한 기준으로는 1) 무시증후군이나 인지 능력에 문제가 있거나 심각한 시지각의 장애를 가진 환자. 2) 실험에 잠재적인 방해 요인이 될 정도의 근골격계의 이상소견을 가진 환자들로 설정하였다.

환자들은 무작위로 실험군(n=15)과 대조군(n=15)으로 분류하였으며, 대조군은 30분의 전통적인 신경계 물리치료만을 시행하였고 반면에 실험군은 일반적인 신경계 물리치료와 더불어 가상세계를 기반으로

로 하는 상호작용 컴퓨터 운동 프로그램을 적용하여 균형 훈련을 실시하였다.

### 2. 연구도구 및 측정방법

본 연구에서는 뇌졸중 환자의 균형 유지 능력을 검사하기 위해 균형능력 측정 및 훈련 시스템(Analysis systems by biofeed back, AP1153 BioRescue., France)을 사용하였고, 평가는 연구 대상자들이 치료받고 있는 의료기관의 물리치료실에서 청각적인 요소를 최대한 배제하여 실시하였고, 1인의 물리치료사에 의해 실시되었다. 검사는 편평한 바닥에 균형측정 플랫폼을 설치하여 신발을 벗고 발모양의 정형화된 측정 장비에 바로 서게 하여 실시하였다. 각각 운동은 한 게임당 5분, 총 30분을 휴식 없이 실시하였다.

### 3. 치료적 중재

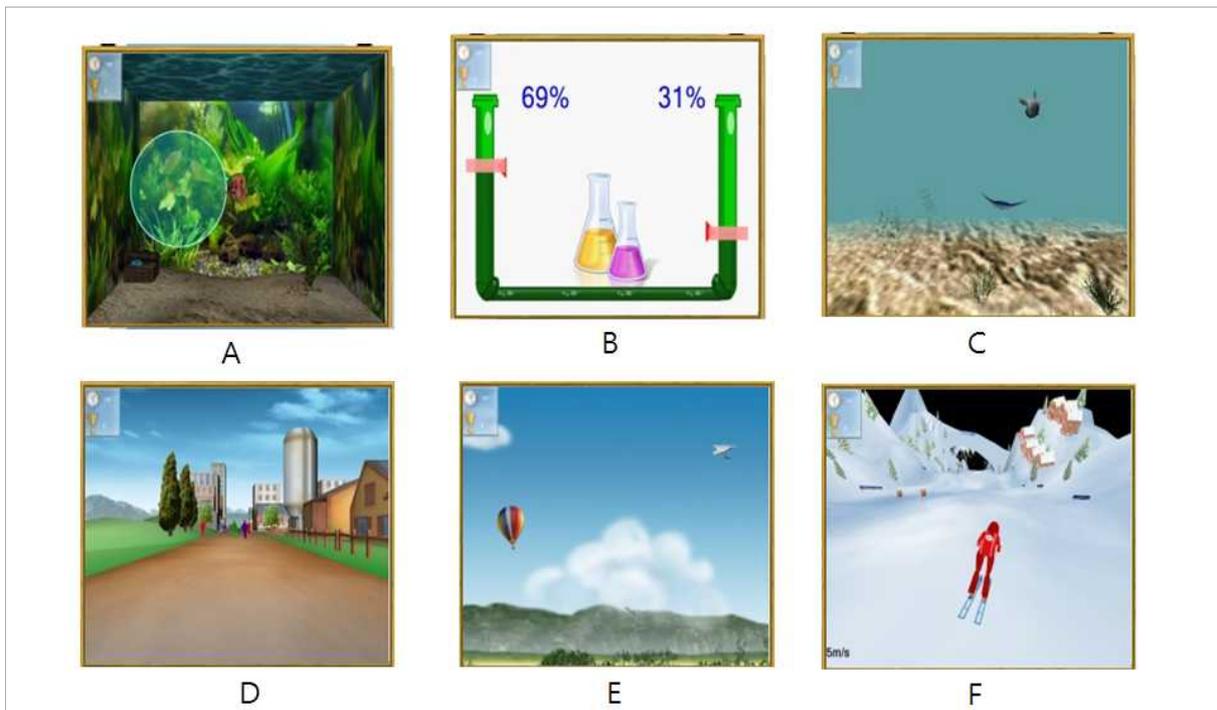


Fig 1. The experimental setup : the interactive gaming system, including the pressure platform and interface and the laptop computer screenshots of the interactive tasks : (A) Bubble (B) Flask (C) Pursuit (D) City Walk (E) Hot Air Balloon (F) Downhill Ski

모두 3가지 목적으로 치료를 위한 게임들이 고안되었다(Fig 1).

(1) 안정성

A-환자는 물고기를 물방울 안으로 유도해야 한다. 주어진 시간동안 유도된 물고기는 그 위치를 유지해야 한다. 그 후 물방울이 다른 지역에 나타나면 물고기를 다시 이동된 물방울로 유도한다.

B-환자는 컴퓨터가 요구하는 만큼 체중을 이동하여 액체를 채우고 일정 시간 유지해야 한다.

(2) 체중 이동

C-환자는 플랫폼위에서 체중을 이동함으로 돌고래를 움직일 수 있으며 앞으로 이리저리 달아나는 가오리를 잡아야 한다.

D-환자는 우연히 마주치는 사람들을 좌우로 피해 걸어가야 한다.

E-환자는 기구가 날아가는 동안 상하로 장애물들을 피해야 한다.

(3) 체중 이동과 안정성

F-환자는 실제 스키를 타는 것처럼 주어진 두 개의 깃발사이로 통과하여 가파른 산을 내려와야 한다.

4. 자료 분석

뇌졸중 환자들의 나이, 발병일 등은 독립표본 t-검

정을 실시하였다. 치료 전과 치료 후, 대조군과 실험군간의 초기 결정값에 대한 비교는 대응표본 t-검정과 Mann-Whitney U 검정을 사용하였다. 치료 전과 치료 후 그리고 그룹간의 마비측과 비마비측의 체중이동(weight transfer)의 결과는 공분산분석을 이용하였으며, 90도 앉기 자세에서 일어나기 시 스피드와 길이변화, 앉았다 일어나기 동작시의 스피드와 면적은 각각 t 검정을 실시하였다.

III. 연구 결과

성별과 마비측 등 그룹 간에 차이는 없었으며 나이, 발병일, 키, 몸무게에서도 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 1).

실험 전 마비측과 비마비측의 체중이동(weight transfer) 결과는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 그러나 앉아서 90도 유지한 후 일어나기 시(Sit-Squat) 속도와 길이변화, 앉았다 일어나기(Sit-to-Stand) 동작 시 속도와 면적은 실험 전 그룹 간에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

Fig 2에서는 마비측과 비마비측으로 체중이동시 각각의 거리와 앉아서 90도 유지한 후 일어나기 시(Sit-Squat) 속도와 길이변화, 앉았다 일어나기(Sit-to-Stand) 동작시 속도와 면적에 대한 평균과 표준편차를 나타낸 것이다.

Table 1. Baseline demographic characteristics of the control and experimental groups

Variables	Control(n=15)	Experimental(n=15)	p-value
Age(years)	52.7(14.1)	51.0(12.1)	0.709
Post-stroke duration(months)	12.8(4.4)	16.9(6.1)	0.71
Gender			
Male	10	9	
Female	5	6	
Height(cm)	163.9(8.8)	165.3(8.8)	0.647
Weight (kg)	64.8(8.8)	65.7(12.7)	0.845
Affected side			
Right	10	10	
Left	5	5	

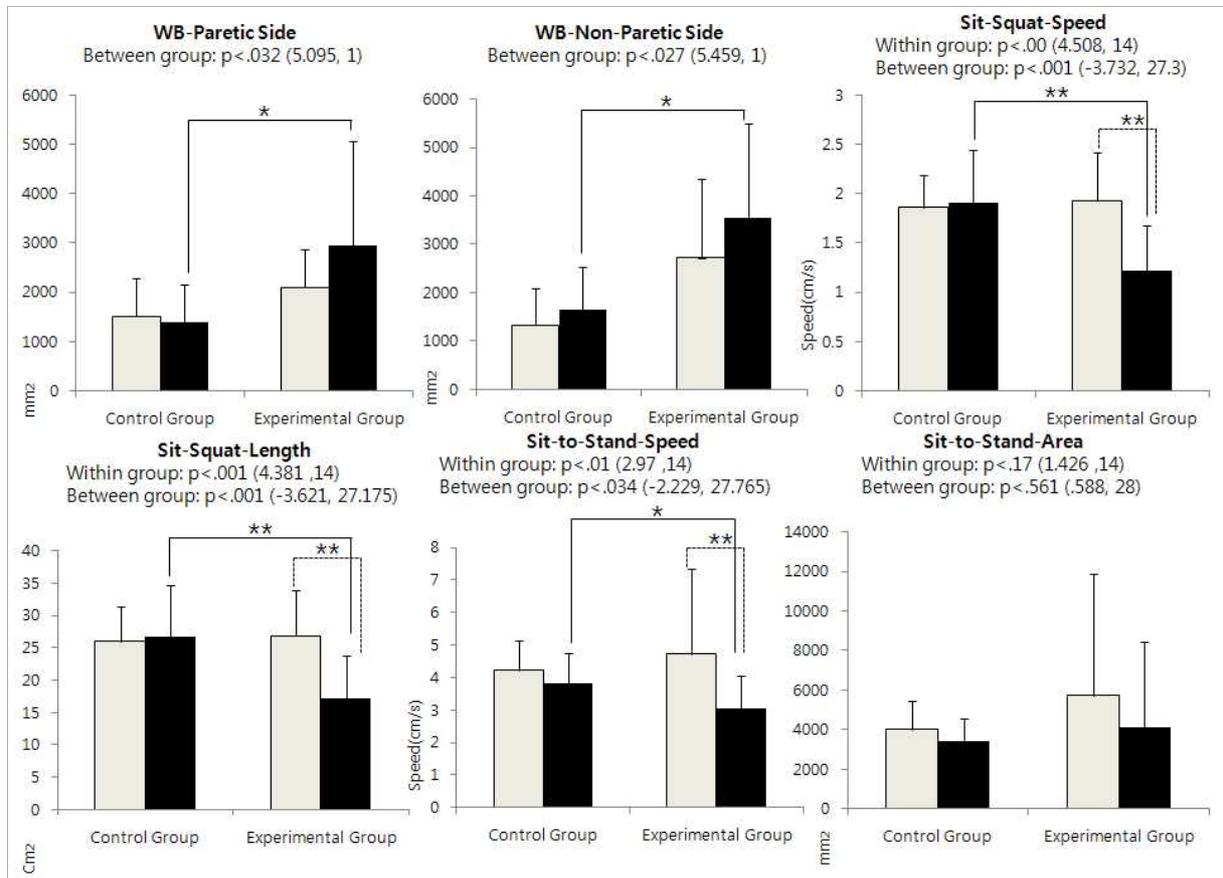
Note. Values are mean(SD)

\*P<.05, significant difference between control and experimental group.

중재 후 공분산 분석(ANCOVA) 결과, 마비측의 체중이동(weight transfer)에 있어서 실험군은 2935.40 ±2126.95mm<sup>2</sup>, 대조군은 1377.93±768.76mm<sup>2</sup>으로 유의한 차이가 있었으며 비마비측으로 체중이동에 있어서도 실험군은 3541.27±1953.74mm<sup>2</sup>이였으며 대조군에서는 1645.60±891.19mm<sup>2</sup>으로 유의한 차이를 보였다. 또한 실험군에서 앉아서 90도 유지(Sit-Squat)한 후 일어나기 시 속도는 중재 전 1.93±0.5cm/s에서 중재 후 1.22±0.46cm/s로 유의하게 증가하였으며 대조군에서는 오히려 중재 전 1.86±0.38cm/s에서 중재 후 1.9±0.54cm/s로 감소하였다. 중재 후 실험군과 대조군간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(<.05).

앉아서 90도 유지(Sit-Squat)한 후 일어나기 시 이동거리는 실험군에서 중재 전 26.89±7cm<sup>2</sup>에서 중재 후 17.22±6.58cm<sup>2</sup>로 짧아졌으며 통계학적으로 유의하게 나타났다. 반면에 대조군에서는 중재 전 25.94±5.35cm<sup>2</sup>에서 중재 후 26.79±7.85cm<sup>2</sup>로 오히려 더 증가하였다. 중재 후 실험군과 대조군 간에는 유의한 차이를 보였다.

앉았다 일어나기(Sit-to-Stand) 동작 시 속도에서는 실험군은 4.73±2.6cm/s에서 3.05±1cm/s로 유의한 증가를 보였으며 반면 대조군은 4.21±0.9cm/s에서 3.83±0.9cm/s로 증가를 보였으나 통계학적으로 유의하지 않게 나타났으며 그룹 간에 유의한 차이를 보



\*p<.05, \*\*p<.01

Fig 2. □ Pre-treatment ■ Post-treatment

Group means (standard deviation of the mean) for Weight Bearing to Paretic Side, Non-Paretic Side and Sit-Squat-Speed, Sit-Squat-Length, Sit-to-Stand-Speed and Sit-to-Stand-Area. For Weight Bearing to Paretic Side, Non-Paretic Side, analysis of covariance results of between-group are presented at top of each plot as P value (F statistic, degrees of freedom). Results of the student T-test for within-group and between-group are presented in Sit-Squat-Speed, Sit-Squat-Length, Sit-to-Stand-Speed and Sit-to-Stand-Area plots as P value (t statistic, degrees of freedom).

였다.

앉았다 일어나기(Sit-to-Stand) 동작 시 면적은 중재 전과 후에 실험군은 각각  $5731.6 \pm 6172.7 \text{mm}^2$ 과  $4114.6 \pm 4311.48 \text{mm}^2$ 으로 작아졌으나, 유의한 차이는 없었다. 대조군에서 마찬가지로 중재 전과 후에 각각  $4003 \pm 1465.97 \text{mm}^2$ 과  $3437.47 \pm 1130 \text{mm}^2$ 으로 나타났으나 유의한 차이를 보이지 않았다.

#### IV. 고 찰

본 연구는 만성 뇌졸중 환자들에게 동적인 균형 능력을 향상시키는데 컴퓨터 상호작용 운동 프로그램이 치료적 가능성이 있는지를 평가하기 위해, 전형적인 물리치료만을 받은 대조군과 컴퓨터 상호작용 운동프로그램을 적용한 실험군을 비교하였다. 6가지의 다른 운동프로그램을 적용한 후 운동 전, 후 측정하여 대조군과 실험군의 효과를 평가하였다.

마비측과 비마비측으로의 체중이동에서는 대조군에 비해 실험군은 유의한 향상을 보였다. 90도 앉기 자세에서 일어서기시 속도와 길이변화, 앉았다 일어서기의 속도변화 또한 대조군에 비해 실험군에서 유의한 향상을 보였다. 앉았다 일어서기에서의 면적은 중재 후 그룹 간에 비록 통계학적인 유의한 차이는 보이지 않았지만 중증도(.07)의 크기효과(effect size)를 나타내었다.

최근 뇌졸중 후 환자의 균형 향상을 위해 역동적이고, 과제 지향적인 접근법에 대한 연구들이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 접근법은 매일 매일의 동작과 관련이 있으며 일상생활과도 적지 않게 밀접한 관련성을 가진다. 인간을 대상으로 한 연구에서 목표 지향적이고 구체적인 과제에 대해서는 여러 논문에서 그 근거를 제시하고 있으며, 이러한 접근법은 기능의 향상, 지구력 향상, 뇌신경의 적용에 대단한 영향을 미치고 있다고 한다(Carr 등, 1998; Dean 등, 2000; Remple 등, 2001; Richards 등, 2004; Silsupadol 등, 2006). 현재 뇌졸중 후 특수한 과제 지향적 균형 훈련 프로그램의 효과가 인정되어지고 있으며, 본 연구에서도 그 사실을 뒷받침 해 주고 있다(Marigold 등, 2005). 이러한 훈련 프로그램들은 뇌졸중 후 환자들이 갑작스런 충격에 직면 했을 때

적절한 균형 능력을 가지도록 해주며 나아가 사회의 참여도를 높이는데 기여하리라 사료된다.

또한 본 연구에서는 다양한 방향(Multidimensional approach)으로 중재를 제공함으로써, 실내에서나 실외에서 기본적인 일상생활을 할 때 주어진 환경에서 적절한 동작을 하는데 도움을 줄 것으로 판단되며, 빠르고 민첩한 동작을 요구하는 프로그램이므로, 예상치 못했던 상황에서의 균형 상실로 인한 낙상의 위험으로 부터도 예방 될 것으로 생각한다.

균형향상과 기능적 움직임 학습한다는 것은 여러 가지 감각시스템과 다양한 분절의 선택적인 움직임을 이용하여 시간에 맞게 움직임의 오차를 줄이는 것을 말한다. 그러므로, 운동을 하는 동안 과제의 다양성은 매우 중요한 부분을 차지한다.

Hagman 등(1983)과 Emken 등(2005)은, 그들의 연구에서 단순한 과제를 반복하는 것 보다 다양한 과제를 제공하는 것이 운동학습에 보다 효과적이라고 하였다. 본 연구에서도 비디오 게임을 이용한 상호작용 운동 접근법으로 다양한 강도와 속도 그리고 난이도를 제공 하였다. 게다가, 다양한 범위의 시공간적 과제와 때로는 인지적 과제를 함께 제공하여 보다 역동적이고 흥미로운 훈련이 되도록 하였다.

구체화된 훈련 프로그램과 동시에, 본 연구에서는 다른 연구에서와 마찬가지로 운동의 강도와 시간과 집중도에 대해서도 고려를 하였다. 지속적인 동기 부여와 운동을 끝까지 완수하는 것은 아주 중요한 변수이기 때문이다(Vearrier 등, 2005). 또한 게임을 통한 운동은 집중도도 높이고 즐거움을 동시에 주는 것이라는 것을 많은 연구에서 제시하고 있다(Johnson 등, 2007; Colombo 등, 2007; Betker 등, 2006). 또 다른 연구에서는 춤과 같은 여가 활동이 노인성 질환을 가진 환자들에게 정신적, 육체적 이득을 제공한다고 주장하였으며(Hui와 Chui 등, 2009), 많은 연구에서 닌텐도 위(Nintendo Wii)와 위 피트(Wii-Fit) 등 노인을 위한 프로그램의 긍정적 효과를 보고하고 있다. 최근에는 본 연구에서 사용한 프로그램과 비슷한 방법으로, 환자와 치료사 간의 과제에 대한 정보교환을 통해 운동을 실시하는 상호작용 과제들이 많이 선보이고 있으며, 이러한 것들은

환자가 스스로 평가하고 성공적인 진행을 측정함으로써 지속적인 흥미와 집중에 도움을 제공한다. 여러 연구와 더불어 본 연구에서도 구체적 과제인 상호작용 컴퓨터 프로그램이 뇌졸중후 환자의 균형능력 향상에 도움이 되는 접근법임을 확인하였다.

## V. 결 론

본 연구에서 상호작용 컴퓨터 운동 프로그램이 만성 뇌졸중 환자들의 균형능력 향상을 위한 가능성 있는 접근법임을 확인하였다. 대부분의 결과에서 보듯이 상호작용 컴퓨터 운동 프로그램을 하지 않고 전통적인 물리치료만을 받은 대조군에 비해 실험군에서 두드러진 균형능력 향상을 보였다. 이것은 상호작용 컴퓨터 운동 프로그램이 치료적으로 많은 이점을 가지고 있다는 것을 시사한다. 생체 되먹임과 여러 가지 방향으로의 움직임 유도하거나, 강도와 섬세함 그리고 난이도의 변화는 각각의 대상자에게 학습에 대한 강한 동기를 부여하고 목표 방향의 전환을 통하여 보다 더 역동적인 동작을 이끌어냈다.

향후 더욱 많은 뇌졸중 후 환자들을 대상으로 가정에서 쉽게 상지와 하지에 접근할 수 있는 컴퓨터를 이용한 상호작용 운동 프로그램의 효율적인 적용방법에 대하여 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이라 사료된다.

## 참 고 문 헌

Betker AL, Szturm T, Moussavi ZK, Nett C. Video game-based exercises for balance rehabilitation: a single-subject design. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87:1141-49.

Brunnstrom S. *Movement therapy in hemiplegia: a neurophysiological approach.* Philadelphia, PA: Harper & Row, 1970.

Carr JH, Shepherd RB. *Neurological Rehabilitation: Optimizing Motor Performance.* Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann Ltd; 1998.

Colombo R, Pisano F, Mazzone A, et al. Design

strategies to improve patient motivation during robot-aided rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil.* 2007;4:3.

Dean CM, Richards CL, Malouin F. Taskrelated circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81:409-417.

Emken JL, Reinkensmeyer DJ. Robotenhanced motor learning: accelerating internal model formation during locomotion by transient dynamic amplification. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2005;13:33-39.

Geiger RA, Allen JB, O'Keefe J, Hicks RR. Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/forceplate training. *Phys Ther* 2001;81:995-005.

Gross MM, Stevenson PJ, Charette SL, Pyka G, Marcus R. Effect of muscle strength and movement speed on the biomechanics of rising from a chair in healthy elderly and young women. *Gait Posture* 1998;8:175-85.

Hagman JD. Presentation- and test-trial effects on acquisition and retention of distance and location. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 1983;9:334-345.

Hui E, Chui BT, Woo J. Effects of dance on physical and psychological well-being in older persons. *Arch Gerontol Geriatr.* 2009;49:e45-e50.

Johnson MJ, Feng X, Johnson LM, Winters JM. Potential of a suite of robot computer assisted motivating systems for personalized, home-based, stroke rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil.* 2007; 4:6.

Marigold DS, Eng JJ, Dawson AS, et al. Exercise leads to faster postural reflexes, improved balance and mobility, and fewer falls in older persons with chronic stroke. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53: 416-423.

Moore S, Woollacott MH. The use of biofeedback

- devices to improve postural stability. *Phys Ther Practice* 1993;2:1-19.
- Remple MS, Bruneau RM, VandenBerg PM, et al. Sensitivity of cortical movement representations to motor experience: evidence that skill learning but not strength training induces cortical reorganization. *Behav Brain Res.* 2001;123:133-141.
- Richards CL, Malouin F, Bravo G, et al. The role of technology in task-oriented training in persons with subacute stroke: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2004;18:199-211.
- Schultheis MT, Rizzo AA. The application of virtual reality technology for rehabilitation. *Rehabil Psychol.* 2001;46:296-11.
- Silsupadol P, Siu KC, Shumway-Cook A, Woollacott MH. Training of balance under single- and dual-task conditions in older adults with balance impairment. *Phys Ther.* 2006;86:269-281
- Vearrier LA, Langan J, Shumway-Cook A, Woollacott M. An intensive massed practice approach to retraining balance poststroke. *Gait Posture.* 2005; 22:154-63.
- You SH, Jang SH, Kim YH, et al. Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study. *Stroke.* 2005;36:1166-171.