

## 시각 흐름 속도에 따른 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 영향

강형규<sup>1</sup>, 정이정<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>삼육대학교 대학원 물리치료학과, <sup>2</sup>삼육대학교 보건과학대학 물리치료학과

### The Effects of Visual Flow Speed's Modulation-Based Virtual Reality Program on Gait Function in Stroke Patients

Hyung-Kyu Kang<sup>1</sup> and Yijung Chung<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, The Graduate School, Sahmyook University

<sup>2</sup>Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Sahmyook University

**요 약** 본 연구는 시각흐름 속도에 따른 가상현실 프로그램이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 영향을 알아보고자 시행하였다. 연구 대상자는 서울시 소재 M재활전문병원에 입원 중인 뇌졸중 환자 중 무작위로 31명을 선정하였고 대상자는 가상현실 프로그램에 몰입하여 보행분석기 위에서 보행을 실시하였으며 가상현실 프로그램의 4가지 조건은 정상 보행과 0.25배, 1배, 2배의 시각흐름 속도변환 가상현실 프로그램으로 구성되었다. 중재동안 보행분석은 GaitRite 보행분석시스템을 이용하여 보행 속도, 분속수, 활보장, 보장, 단하지지지 시간, 양하지지지 시간을 측정하였다. 그 결과 0.25배의 느린 시각흐름 가상현실 프로그램에서 연구 대상자는 보행속도, 분속수, 환측 활보장, 건측 활보장, 환측 보장, 건측 활보장이 통계적으로 유의하게 감소하였고( $p < .05$ ), 환측 단하지지지시간, 건측 단하지지지시간, 환측 양하지지지시간, 건측 양하지지지시간이 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p < .05$ ). 또한 2배의 빠른 시각흐름 가상현실 프로그램에서 연구 대상자는 보행속도, 분속수, 환측 활보장, 건측 활보장, 환측 보장, 건측 활보장, 환측 단하지지지시간이 유의하게 증가하였고( $p < .05$ ), 건측 단하지지지시간, 환측 양하지지지시간, 건측 양하지지지시간이 유의하게 감소하였다( $p < .05$ ). 따라서 가상현실 보행 프로그램의 적용 속도에 따라서 뇌졸중 환자의 보행 능력이 유의하게 차이를 나타낸다는 것을 알았다. 그러므로 뇌졸중 환자의 운동 프로그램을 계획할 때 보행 훈련 프로그램을 증가시킬 수 있는 다양한 훈련 프로그램이 요구된다.

**Abstract** The purpose of this study was to evaluate the effects of a visual flow speed's modulation-based VR(virtual reality) program on gait function in stroke patients. Thirty one stroke patients were randomly selected at Dep. of Rehabilitation medicine of M hospital in Seoul. We carried out the gait analysis by dividing them with four conditions : one condition had applied without the visual flow modulation-based VR and another had done three visual flow speed's modulation-based VR(0.25, 1, 2 times). The gait analysis was used with GaitRite system. The data were collected using gait velocity, cadence, stride length, step length, single support time, and double support time during treatment. The results were as follows. First, the slow visual flow(0.25 times)-based VR program on the condition was significant decrease gait velocity, cadence, stride length, step length and increase single support time, double support time( $p < .05$ ). Second, the fast visual flow(2 times)-based VR program on the condition was significant increase gait velocity, cadence, stride length, step length, single support time on paretic lower limb and decrease single support time on non-paretic lower limb, double support time( $p < .05$ ). Third, the normal visual flow(1 times)-based VR program on the condition was not significant differ gait velocity, cadence, stride length, step length, single support time, double support time. In conclusion, the visual flow speed's modulation-based VR program improves gait function in chronic stroke patients

**Key Words** : Gait, Stroke, Visual flow, Virtual reality

본 논문은 2010년도 삼육대학교 학술연구비 지원에 의하여 쓰여진 것임.

\*교신저자 : 정이정(yijung36@syu.ac.kr)

접수일 11년 11월 25일

수정일 11년 12월 9일

게재확정일 12년 01월 05일

## 1. 서론

뇌졸중은 뇌혈관 이상으로 인해 갑작스레 발생하는 국소적 신경장애로 반영구적인 장애를 초래한다[1]. 뇌졸중 환자의 보행주기의 특징은 보행주기와 보행속도가 느리고, 환측 보장과 건측 보장간의 활보장의 차이가 나타나며, 환측의 짧은 입각기와 상대적으로 긴 유각기 등이 나타나기 때문에, 물리치료에서 정상적인 보행을 그 첫째 목적으로 한다[2]. 그 중 뇌졸중환자에게 있어 편마비 보행의 전체적인 능력을 평가할 수 있는 가장 민감하고 유의하며 신뢰도가 높은 인자는 보행속도이다[3].

뇌졸중 환자의 보행 문제점을 개선하기 위하여 하지의 점진적 저항운동[4], 로봇을 이용한 하지보조기 훈련[5], 피드백 훈련[6], 트레드밀 보행훈련[7] 등의 기존 치료 방법 이외에 다양한 다른 방법들이 시도되고 있으며, 그 중 하나인 시각 신호를 이용한 가상현실에서의 보행 훈련이 새로운 치료적 접근법으로 이용되고 있다.

최근 뇌졸중 환자를 대상으로 한 가상현실 훈련은 균형 및 보행 능력 향상을 위한 연구로 20세기 말 처음으로 재활의 평가와 치료에 적용할 수 있는 도구로 개발되어 연구되기 시작하였고[8], 현실과 흡사한 환경적 요소를 제공하고 참여자들이 상호작용과 되먹임(feedback)을 통해 다양한 기술을 습득할 수 있는 단계로 발전시켰다[9]. 또한 뇌손상 또는 행동장애 환자의 운동기능 평가 및 치료도구로 3차원 영상을 제공하는 가상현실을 이용하고 있고 이로 인해 이들 환자의 운동기능 향상이 보고되고 있으며 뇌손상환자의 평가방법으로 가상환경을 이용한 결과, 평가의 신뢰도와 타당성이 높게 나타났다[10]. 특히 가상현실은 환자의 장애에 따라 가상환경과 과제수행의 난이도를 변화시킬 수 있어 인지장애와 운동장애치료에 효과적임이 여러 연구를 통해 밝혀졌다[11].

가상현실 훈련에서 보행과 같은 이동운동을 제어함에 있어서 시각 정보는 매우 중요하고 시각 신호는 실제 환경에서 움직임을 위한 이동 패턴을 조절하기 위해 즉각적으로 사용된다. 보행 중 장애물을 피하기 위해 발을 내딛는 위치의 조절과 방향제어 등 이동 운동에 의해 발생된 시각 흐름은 다양한 단서 역할을 하며 보행 변수(gait parameter)가 시각 흐름 속도의 조절에 의해 향상된다는 것을 증명했다[12].

Lamontagne 등[13]은 뇌졸중 환자에게 실내 복도를 구현한 가상현실을 적용하여 사인곡선 상으로 변화하는 시각 흐름 속도와 일정한 시각 흐름 속도를 비교 연구한 결과 일정한 시각 흐름 속도를 적용하였을 때 보행 능력에 더 큰 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 de Smet 등[14]은 정상 성인 환자에게 -2배, 1배, 2배의 시각 흐름 속도

변화를 적용하여 가상복도에서 보행분석을 실시한 연구에서 후진방향의 시각 흐름보다 전진방향의 시각흐름에서 보행속도, 보장(step length)의 유의한 향상을 가져온다고 보고하였다[14]. 따라서 가상현실 훈련과 시각 흐름의 적용은 정상 성인과 뇌졸중 환자의 시공간적 보행 요소들을 향상시킨다고 증명되었다. 그러나 뇌졸중 환자를 대상으로 한 시각 흐름 속도에 따른 보행 지표의 변화에 대한 선행연구에서 기존 보행 속도보다 느린 시각 흐름 속도와 빠른 시각 흐름 속도가 시공간적 보행 요소들을 어떻게 변화시키는 지에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실을 기반으로 시각 흐름의 속도 별 적용에 따른 보행분석을 실시하여 보행 중 시공간적 효과의 차이가 있는지를 비교하여 앞으로 뇌졸중 환자의 보행연구 및 보행훈련에 기초 자료를 제공하고 뇌졸중 환자의 재활프로그램의 보행 훈련 시 중재법으로서 시각흐름의 사용 적합성과 근거를 제시하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구의 대상

본 연구의 대상자는 서울특별시 소재하고 있는 M 재활전문병원에서 뇌졸중을 진단받은 환자 중 6개월 이상 경과한 편마비 환자, 독립적으로 10m 이상 보행이 가능한 자, 시각적 이상이나 반맹이 없는 자로 본 연구를 이해하고 적극적으로 참여 의사를 밝힌 31명을 무작위로 선정하여 단면적 연구(cross sectional study)를 실시하였다[13].

기타 보행에 영향을 미치는 정형외과적 또는 신경학적 질환을 가지고 있는 자, 한국형 간이정신상태 검사(Mini-mental State Examination-K, MMSE-K) 점수가 24점 미만인 자는 실험 대상에서 제외하였다.

### 2.2 실험 절차

본 연구는 만성 뇌졸중 환자에게 가상현실을 기반으로 하는 시각흐름의 속도 별 적용에 따른 보행특성의 차이를 알아보고자 다음과 같은 연구를 설계하였다.

실험은 서울시 소재 M재활병원에 입원 중인 성인 뇌졸중 환자를 대상으로 2011년 3월부터 4월에 걸쳐 진행되었다. 선정기준에 부합하는 뇌졸중 환자 31명은 실험 전 의사의 진료를 통하여 과거력, 유병기간, 발병 부위의 진단, MMSE-K 점수 등의 의학적 특성과 일반적 특성인

성별, 나이, 체중, 신장이 기록되었다. 선정된 대상자들은 연구목적에 따라 사전에 보행 분석기(GAITRite, CIR system Inc, USA, 2008)를 이용하여 보행속도에 대한 평가를 실시한 후 측정된 보행속도에 따라 가상현실을 기반으로 시각 흐름 속도를 0.25배, 1배, 2배로 나누어 프로그램을 적용하였으며 보행 실시 전 5분간의 적응과정을 거친 후 프로젝트에서 영사된 가상현실 프로그램을 응시하며 보행분석기 위에서 보행을 3회 반복 실시하여 평균 값을 분석하였다.

### 2.3 실험 방법

본 연구의 모든 대상자는 실험 전 가장 안정적이고 편안한 걸음으로 GAITRite를 걷게 한 후 측정된 개개인의 정상보행속도에 따라 가상현실 프로그램을 0.25배, 1배, 2배의 3가지 시각 흐름 속도로 나누어 프로젝트에서 영사된 상을 바라보며 보행변화를 측정하였다. 가상현실 프로그램은 거리걸기를 재현하였고, 대상자의 정상보행 시 다가오는 화면의 빠르기보다 느린 0.25배, 정상보행 시 다가오는 화면의 빠르기와 같은 1배, 그리고 정상보행 시 다가오는 화면의 빠르기보다 빠른 2배의 시각흐름을 적용하여 가상현실 프로그램의 속도를 제어하였다[13]. 실험 전 환자는 시각 흐름 속도 별 가상현실 프로그램을 바라보며 5분간의 적응과정을 거침으로서 환자 자신이 실제 프로젝트에서 영사된 화면 안에서 몰입하여 걸을 수 있도록 구두로 지시한 후 영사된 가상현실 프로그램을 바라보며 GAITRite를 걷게 하였다. 3가지 시각 흐름 속도의 변화를 준 가상현실 프로그램은 무작위순으로 3번씩 반복 측정하였고, 실험에 참가한 환자의 안전을 위하여 환자 1명당 보조자 1명이 실험을 보조하였으며, 환자의 안전을 위하여 한발지팡이와 네발지팡이의 사용을 허용하였다.

### 2.4 측정 도구와 자료 수집 과정

#### 2.4.1 시공간적 보행 능력 검사

시공간적 보행 능력 검사는 환자의 보행 유형에 대한 양적인 보행 분석의 자료를 수집하기 위하여 보행 분석기(GAITRite, CIR system Inc, USA, 2008)를 이용하여 시간적·공간적 보행 능력을 측정한다[15]. 보행 분석기(GAITRite)는 길이 5 m, 폭 61 cm, 높이 0.6 cm인 전자식 보행판으로, 직경 1 cm의 16,128개의 센서가 1.27 cm마다 보행판을 따라 수직으로 배열되어 시간적, 공간적 변수에 대한 정보를 수집한다. 수집된 시간적, 공간적 변수에 대한 정보는 GAITRite GOLD, Version 3.2b(CIR system Inc, USA, 2007) 소프트웨어로 처리를 하였다. 실

험은 대상자를 보행판 전방에 서 있도록 한 다음, 검사자의 구두신호에 의하여 가장 편안한 보행 속도로 걸어서 보행판 밖으로 나오면 된다. 측정은 보행속도(velocity), 분속수(cadence), 보 시간(step time), 보행 주기 시간(cycle time), 유각기 시간(swing time), 입각기 시간(stance time), 단하지 지지 시간(single limb support time), 양하지 지지 시간(double limb support time)등의 시간적 보행 특성과 보장(step length), 활보장(stride length), 기능적 보행 지수(FAP)의 공간적 보행 특성을 컴퓨터화 된 분석을 통하여 정확히 측정하도록 해준다. 이 검사의 측정자 신뢰도는  $r = .90[16]$ 이고, 편안한 보행 속도의 모든 보행 측정 급내 상관 계수(ICC= .96)는 0.96 이상이며 [15], 종이와 연필(paper & pencil)을 이용한 보행 특성 측정(ICC= .95)과 비디오 동작 분석을 이용한 보행 특성 측정(ICC= .94) 사이에 높은 상관관계를 가졌다[17].

측정은 보행의 가속기와 감속기를 제외하기 위해 보행판을 포함한 전·후 2 m 앞에서 대상자가 가장 편안한 보행 속도로 걷게 하였다. 필요에 따라 지팡이 등 보조도구는 사용할 수 있게 하였다. 각 3회씩 반복측정을 하였으며 측정 간 3분의 휴식시간을 주어 근 피로에 대한 영향을 최소화 하였다.

### 2.4 분석방법

본 연구를 위한 자료처리 방법은 SPSS version 12.0 for Window 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 대상자의 중재 방법의 차이를 비교하기 위해 반복측정 분산 분석(repeated ANOVA)을 실시하였다. 모든 통계적 유의 수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

## 3. 결과

### 3.1 연구대상자의 일반적 특성

연구 대상자는 뇌졸중 환자(n=31) 중 남성은 19명 여성은 12명이었고, 나이는 평균  $59.70 \pm 15.65$ 세였으며, 신장은 평균  $164.72 \pm 10.42$ cm였고 체중은 평균  $65.34 \pm 7.39$ kg이었다. 마비유형으로 보았을 때 우측편마비가 13명 좌측편마비 18명이었고, 발병기간은 평균  $13.74 \pm 6.86$ 개월 이었고, MMSE-K점수는 평균  $27.36 \pm 2.45$ 점이였다[표 1].

[표 1] 대상자의 일반적 특성

[Table 1] General characteristics of subjects

항목	실험군(n=31)	
성별(남/여)	19/12	
나이(세)	59.70	± 15.65
신장	164.72	± 10.42
체중	66.24	± 9.39
마비측(우/좌)	13/18	
발병기간(월)	13.74	± 6.86
MMSE-K	27.36	± 2.45

MMSE-K (mini mental state examination -Korean)

### 3.1 가상현실 프로그램의 시각흐름 속도에 따른 보행능력의 변화

가상현실 프로그램의 속도가 0.25배일 경우 보행속도가 37.74±13.53cm/sec, 분속수가 66.73± 11.23 step/min, 환측 활보장이 64.81±15.81cm로, 건측 활보장이 64.24±16.59cm, 환측 보장이 32.43±9.40cm로, 건측 활보장이 32.02±16.89cm로 유의하게 감소하였고 환측 단하지

지시시간이 .49±.23sec, 건측 단하지지시시간이 .57±.13sec, 환측 양하지지시시간이 .80±.29sec, 건측 양하지지시시간이 .82±.34로 유의하게 증가하였다(p<.05).

가상현실 프로그램의 속도가 1배일 경우 보행속도가 51.07±20.04cm/sec, 분속수가 79.00±13.34 step/min, 환측 활보장이 72.10±20.87cm로, 건측 활보장이 71.86±20.53cm, 환측 보장이 36.54± 10.85cm로, 건측 활보장이 35.84±10.17cm, 환측 단하지지시시간이 .37±.04sec, 건측 단하지지시시간이 .55±.10sec, 환측 양하지지시시간이 .66±.31 sec, 건측 양하지지시시간이 .67±.31sec로 유의한 차이가 없었다(p<.05).

가상현실 프로그램의 속도가 2배일 경우 보행속도가 63.90±23.98cm/sec, 분속수가 89.15±11.21 step/min, 환측 활보장이 80.04±21.89cm로, 건측 활보장이 79.82±21.09cm, 환측 보장이 40.76± 11.31cm로, 건측 활보장이 39.45±11.12cm, 환측 단하지지시시간이 .41±.10sec로 유의하게 증가하였고 건측 단하지지시시간이 .48±.10sec, 환측 양하

지시시간이 .48±.12sec, 건측 양하지지시시간이 .48±.12로 유의하게 감소하였다(p<.05)[표 2].

[표 2] 시각흐름 속도에 따른 보행 능력의 비교

[Table 2] Comparison of visual flow speed's modulation on gait function

항목	정상보행속도	0.25배	1배	2배	F	P
보행속도 (cm/sec)	51.03 ± 19.97	37.74 <sup>†</sup> ± 13.53	51.07 ± 20.04	63.90 <sup>†</sup> ± 23.98	89.752	.00
분속수 (step/min)	78.97 ± 13.29	66.73 <sup>†</sup> ± 11.23	79.00 ± 13.34	89.15 <sup>†</sup> ± 11.21	114.219	.00
환측 활보장 (cm)	70.26 ± 19.42	64.81 <sup>†</sup> ± 15.81	72.10 ± 20.87	80.04 <sup>†</sup> ± 21.89	42.362	.00
건측 활보장 (cm)	71.82 ± 20.48	64.24 <sup>†</sup> ± 16.59	71.86 ± 20.53	79.82 <sup>†</sup> ± 21.09	45.873	.00
환측 보장 (cm)	36.52 ± 10.84	32.43 <sup>†</sup> ± 9.40	36.54 ± 10.85	40.76 <sup>†</sup> ± 11.31	36.928	.00
건측 보장 (cm)	35.77 ± 10.12	32.02 <sup>†</sup> ± 6.89	35.84 ± 10.17	39.45 <sup>†</sup> ± 11.12	27.679	.00
환측 단하지 지시시간 (sec)	.37 ± .03	.49 <sup>†</sup> ± .23	.37 ± .04	.41 <sup>†</sup> ± .10	6.891	.00
건측 단하지 지시시간 (sec)	.55 ± .09	.57 <sup>†</sup> ± .13	.55 ± .10	.48 <sup>†</sup> ± .10	11.260	.00
환측 양하지 지시시간 (sec)	.67 ± .29	.80 <sup>†</sup> ± .29	.66 ± .31	.48 <sup>†</sup> ± .12	27.109	.00
건측 양하지 지시시간 (sec)	.68 ± .29	.82 <sup>†</sup> ± .34	.67 ± .31	.48 <sup>†</sup> ± .12	28.302	.00

평균±표준편차

<sup>†</sup>정상보행속도와 유의한 차이가 있을 때 (p<.05)

#### 4. 고찰

본 연구는 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실을 기반으로 0.25배, 1배, 2배의 시각 신호 속도를 적용하여 보행분석을 실시하여 보행 중 시공간적 효과의 차이가 있는지를 비교하였다.

뇌졸중 환자의 기능 회복 과정에서 보행능력의 개선은 환자와 치료사의 주된 목표가 되는데, 그 이유는 기능적 독립성을 이루는데 보행이 중요한 요인이 되기 때문이다 [18]. Edwards [19] 는 뇌졸중 환자들의 보행 방식은 대체로 느리고, 과도한 노력이 요구되며 급박하게 이루어지고, 협응이 잘 이루어지지 않는 것이 특징이라고 하였다.

본 연구에서 0.25배의 느린 시각흐름에서는 보행속도, 분속수, 환측 활보장, 건측 활보장, 환측 보장, 건측 보장이 유의하게 감소하였고 환측 양하지지지시간, 건측 양하지지지시간, 환측 단하지지지시간, 건측 단하지지지시간이 유의하게 증가하였으며, 2배의 빠른 시각흐름에서는 보행속도, 분속수, 환측 활보장, 건측 활보장, 환측 보장, 건측 보장, 환측 양하지지지시간이 유의하게 증가하였고 건측 양하지지지시간, 환측 단하지지지시간, 건측 단하지지지시간이 유의하게 감소하였다.

de Smet 등[14]은 정상 성인 환자에게 -2배, 1배, 2배의 시각 흐름 속도 변화를 적용하여 가상복도에서 보행 분석을 실시한 연구에서 후진방향의 시각 흐름보다 전진방향의 시각흐름에서 보행속도, 보장(step length)의 유의한 향상을 가져온다고 보고하였다. 본 연구에서도 선형연구의 전진 방향의 시각흐름과 마찬가지로 빠른 시각흐름 속도인 2배에서 보행속도와 보장(step length)이 유의하게 증가하였다.

시각적 정보는 보행속도의 조절과정에 주요한 역할을 수행한다. 시각흐름 속도는 피실험자의 보행속도보다 더 빠르거나 느린 시각흐름 속도의 지각을 통하여 시각과 하지로부터의 고유수용성감각 정보의 부조화를 줄임으로써 피실험자의 보행속도에 변화를 발생시킨다. 이러한 시각흐름은 시각흐름이 환경에서 기대되는 자신의 이동 속도와 방향[13]에 대한 정보를 제공하여 보행의 방향조절과 속도조절에 사용할 수 있는 시각정보의 근원이 됨으로써 궁극적으로 인간의 보행속도에 강력한 영향을 준다고 하였다[14]. 이는 시각흐름 속도가 하지로부터의 고유수용성감각 정보와 부조화가 이뤄질 때 보행속도는 부조화를 줄여 동시 진행을 위해 적응하게 됨으로써 이루어진다고 하였다[20].

본 연구에서 1배의 정상 보행속도와 동일한 시각흐름 속도에서는 보행지표의 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 가상현실 상에서의 보행지표는 가상현실을 배제

한 정상보행과 비교하여 보행속도, 분속수, 환측 활보장, 건측 활보장, 환측 보장, 건측 보장의 증가와 환측 양하지지지시간, 건측 양하지지지시간, 환측 단하지지지시간, 건측 단하지지지시간의 감소를 나타내었다.

가상현실 훈련은 시각과 움직임 사이에서 근본적인 시각과 운동의 상호작용을 알아내기 위한 강력한 도구이다. 가상현실에서의 시각적 피드백은 동기를 유발시켜 환자의 능동적인 치료 참여를 이끌어내고, 집중력을 향상시킬 뿐만 아니라, 자세적 안정성에도 기여하고 정상 보행 패턴을 유발하여[21], 뇌졸중 환자의 보행 능력을 향상시킴[22], 낙상의 위험도 줄일 수 있다고 하였다[23].

이것은 가상현실 훈련을 통한 뇌 재조직화는 뇌졸중 환자에서 신경가소성의 증가에 중요한 역할을 하여 궁극적으로 이동 능력을 회복시키기 때문이라고 보고하였다 [24]. 뇌 재조직화는 기능적, 구조적으로 항상 변화하고 개조될 수 있는 뇌의 능력을 말한다[25]. 기능적인 대뇌 피질의 재조직화와 운동 회복은 손상된 사지를 사용하게 하는 치료의 강도와 새로운 운동기술의 습득을 위한 노력으로 이루어진다[26]. 또한 다양하고 집중적인 훈련을 통해 신경계의 재조직화는 신경계의 긍정적인 가소적 변화를 일으킨다[27]. You 등[28]은 뇌졸중 환자에게 가상현실 훈련을 적용한 후 손상된 반대측 뇌 활성화를 알아보는 편측화 지수(laterality index)를 평가하여 일차감각 운동피질영역의 유의한 향상을 보임으로써 마비측 하지의 기능회복을 확인하였고, 또한 감각운동피질과 보조운동영역의 편측화 지수가 동측에서 반대측으로 변화를 보여 신경가소성을 확인할 수 있었다. Jang 등[29]은 가상현실 훈련 후 동측 일차감각운동피질영역의 활성화와 운동 기능의 향상을 가져온다고 하였으며, You 등[24]은 편마비 뇌성마비 아동에게 가상현실 훈련 후 반대측 일차감각운동피질영역이 활성화됨으로써 신경가소성을 강화시킨다는 증거를 제시하였다.

결론적으로 가상현실을 기반으로 한 시각 신호 속도 변환 프로그램이 뇌졸중 환자의 하지로부터의 고유수용성감각 정보와 시각 신호 간의 부조화가 이뤄질 때 보행속도는 부조화를 줄여 동시 진행을 위해 적응하게 되고, 시각적 되먹임을 통하여 운동행동에 있어서 원하는 방향으로 성취를 빠르게 진행시킬 수 있으며, 운동 수행 시 계속적인 시각적 정보를 통한 자기 스스로 교정이 가능하게 한다. 또한 뇌의 운동 계획과 운동 수행 영역에 반복적인 자극을 주어 신경 재생을 유도함으로써 시각 신호의 속도에 따라 보행 능력이 일정하게 변화시킨다는 것을 알 수 있었다.

## References

- [1] Susan BO, Thomas JS. Physical Rehabilitation: Assessment and Treatment. Fourth Edition, Jaypee Brothers, 2000.
- [2] Mauritz KH. Gait training in hemiplegia. *Eur J Neurol*, Vol. 9 No. 1, pp. 23-9, 2002.
- [3] Frigo C, Carabalona R, Dalla Mura M, Negrini S. The upper body segmental movements during walking by young females. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, Vol. 18, No. 5, pp. 419-425, 2003.
- [4] Flansbjerg UB, Miller M, Downham D, Lexell J. Progressive resistance training after stroke: effects on muscle strength, muscle tone, gait performance and perceived participation. *J Rehabil Med*, Vol. 40, No. 1, pp. 42-48, 2008.
- [5] Freivogel S, Schmalohr D, Mehrholz J. Improved walking ability and reduced therapeutic stress with an electrical mechanical gait device. *J Rehabil Med*, Vol. 41, No. 9, pp. 734-739, 2009.
- [6] Krishnamoorthy V, Hsu WL, Kesar TM, Benoit DL, Banala SK, Perumal R, Sangwan V, Binder-MacLeod SA, Agrawal SK, Scholz JP. Gait training after stroke: a pilot study combining a gravity-balanced orthosis, functional electrical stimulation, and visual feedback. *J Neurol Phys Ther*, Vol. 32, No. 4, pp. 192-202, 2008.
- [7] Roerdink M, Lamoth CJ, van Kordelaar J, Elich P, Konijnenbelt M, Kwakkel G, Beek PJ. Rhythm perturbations in acoustically paced treadmill walking after stroke. *Neurorehabil Neural Repair*, Vol. 23, No. 7, pp. 668-678, 2009.
- [8] Rizzo A, Pair J, Mc Nerney PJ, Eastlund E, Manson B, Gratch J, Hill R, Swartout B. Development of a VR therapy application for Iraq war military personnel with PTSD. *Stud Health Technol Inform*, vol. 111, pp. 407-413, 2005.
- [9] Kang YJ, Ku J, Han K, Kim SI, Yu TW, Lee JH, Park CI. Development and Clinical Trial of Virtual Reality-Based Cognitive Assessment in Patients with Stroke: Preliminary Study. *CyberPsychol Behav*, Vol. 11, No. 3, pp. 329-339, 2008.
- [10] Zhang L, Abreu BC, Seale GS, Masel B, Christiansen CH, Ottenbacher KJ. A virtual reality environment for evaluation of a daily living skill in brain injury rehabilitation: reliability and validity. *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 84, No. 8, pp. 1118-1124, 2003.
- [11] Rizzo AA, Bowerly T, Buckwalter JG, Klimchuk D, Mitura R, Parsons TD. A virtual reality scenario for all seasons: the virtual classroom. *CNS Spectr*, Vol. 11, No. 1, pp. 35-44, 2006.
- [12] Regan D, Beverly KI. How do we avoid confounding the direction we are looking and the direction we are moving?. *Science*, Vol. 215, No. 4529, pp. 194-196, 1982.
- [13] Lamontagne A, Fung J, McFadyen BJ, Faubert J. Modulation of walking speed by changing optic flow in persons with stroke. *J Neuroeng Rehabil*, Vol. 4, pp. 22, 2007.
- [14] de Smet K, Malcolm P, Lenoir M, Segers V, De Clercq D. Effects of optic flow on spontaneous overground walk-to-run transition. *Exp Brain Res*, Vol. 193, No. 4, pp. 501-508, 2009.
- [15] van Uden CJ, Besser MP. Test-retest reliability of temporal and spatial gait characteristics measured with an instrumented walkway system (GAITRite). *BMC Musculoskelet Disord*, Vol. 17, No. 5, pp. 13, 2004.
- [16] Portney LG, Watkins MP. Foundations of clinical research: applications to practice. Connecticut: Appleton & Lange, 1993.
- [17] McDonough AL, Batavia M, Chen FC, Kwon S, Ziai J. The validity and reliability of the GAITRite system's measurements: A preliminary evaluation. *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 82, No. 3, pp. 419-25, 2001.
- [18] Turnbull GI, Charteris J, Wall JC. A comparison of the range of walking speeds between normal and hemiplegia subjects. *Scand J Rehabil Med*, Vol. 27, No. 3, pp. 175-182, 1995.
- [19] Edwards S. Neurological Physiotherapy: A Problem-Solving Approach. Churchill Livingstone, Edinburgh. 1996.
- [20] Prokop T, Schubert M, Berger W. Visual influence on human locomotion. Modulation to changes in optic flow. *Exp Brain Res*, Vol. 114, No. 1, pp. 63-70, 1997.
- [21] Horlings CG, Carpenter MG, Küng UM, Honegger F, Wiederhold B, Allum JH. Influence of virtual reality on postural stability during movements of quiet stance. *Neurosci Lett*, Vol. 451, No. 3, pp. 227-231, 2009.
- [22] Shumway-Cook A, Woollacott M. Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, Vol. 55, No. 1, pp. 10-16, 2000.
- [23] Virk S, McConville KM. Virtual reality applications in improving postural control and minimizing falls. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, Vol. 1, pp. 2694-2697, 2006.
- [24] You SH, Jang SH, Kim YH, Kwon YH, Barrow I,

- Hallett M. Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, Vol. 47, No. 9, pp. 628-635, 2005.
- [25] Nudo RJ, Plautz EJ, Frost SB. Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. *Muscle Nerve*, Vol. 24, No. 8, pp. 1000-19, 2001.
- [26] Fisher BE, Sullivan KJ. Activity-dependent factors affecting poststroke functional outcomes. *Top Stroke Rehabil*, Vol. 8, No. 3, pp. 31-44, 2001.
- [27] Kim YH, Jang SH., Byun WM, Han BS, Lee KH, Ahn SH. Ipsilateral motor pathway confirmed by combined brain mapping of a patient with hemiparetic stroke: a case report. *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 85, No. 8, pp. 1351-1353, 2004.
- [28] You SH, Jang SH, Kim YH, Hallett M, Ahn SH, Kwon YH, Kim JH, Lee MY. Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study. *Stroke*, Vol. 36, No. 6, pp. 1166-1171, 2005.
- [29] Jang SH, You SH, Hallett M, Cho YW, Park CM, Cho SH, Lee HY, Kim TH. Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: an experimenter-blind preliminary study. *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 86, No. 11, pp. 2218-2223, 2005.

정 이 정(Yijung Chung)

[정회원]



- 2003년 8월 : 연세대학교 대학원 재활학과 (이학석사)
- 2006년 8월 : 연세대학교 대학원 재활학과 (이학박사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 삼육대학교 보건복지대학 물리치료학과 조교수

<관심분야>

신경계 물리치료, 근전도, 동작분석

강 형 규(Hyung-Kyu Kang)

[정회원]



- 2010년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 박사과정

<관심분야>

신경계 물리치료