

# 기능적 전기자극을 병행한 거울치료가 만성 뇌졸중 환자의 균형 및 보행능력에 미치는 영향에 관한 융합적 연구

김동훈<sup>1</sup>, 김경훈<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>분당제생병원 물리치료사, <sup>2</sup>김천대학교 물리치료학과 교수

## A Convergence Study on the Effects of functional electrical stimulation with mirror therapy on balance and gait ability in chronic stroke patients.

Dong Hoon Kim<sup>1</sup>, Kyung Hun Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Physical Therapist, Department of Physcial Therapy, Bundang Jesaeng Hospital

<sup>2</sup>Professor, Department of Physcial Therapy, Gimcheon University

요 약 본 연구의 목적은 기능적 전기자극을 병행한 거울치료가 만성 뇌졸중 환자의 균형과 보행능력에 미치는 영향을 알아보기 위함이다. 선정기준에 따라 만성 뇌졸중 환자를 35명을 대상으로 세군으로 실시하였다. FMT군은 기능적 전기자극을 병행한 거울치료(n=11), MT군은 거울치료를 시행하였고(n=12), CON군(n=12)은 일반적인 물리치료를 시행하였다. 훈련은 1일 30분, 1주 5번, 총 4주간 시행하였다. 중재 전-훈련 4주 후에 균형과 보행능력을 검사 실시하였다. 훈련결과 기능적 전기자극을 병행한 거울치료 훈련군이 버그균형척도, 신체의 이동거리, 활보장, 분속수, 그리고 평균보행속도에서는 거울치료군과 대조군에 비해 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 그러므로 기능적 전기자극 치료와 거울치료 융합은 뇌졸중 환자의 균형과 보행능력을 위한 효과적인 중재로 활용 될 수 있으며, 다양한 뇌졸중 환자를 위한 지속적인 융합중재개발이 요구된다.

주제어 : 융합, FES, 거울치료, 뇌졸중, 균형, 보행

**Abstract** The purpose of this study was to investigate the effects of functional electrical stimulation (FES) with mirror therapy on balance and gait ability in chronic stroke patients. Thirty-five subjects who met the inclusion criteria were randomly allocated into three groups: the functional electrical stimulation with mirror therapy group(FMT group, n=11), mirror therapy group(MT group, n=12), and control group (n=12). The exercises were conducted for 30 min per day, five, per week for four weeks. Balance and gait ability were examined at baseline and after 4 weeks of intervention. After training, the FMT group showed significant improvement in berg balance scale (BBS), center of pressure (COP) length, affected step length (ASL), Cadence and average gait speed (AGS) compared MT group and control group(p<0.05). This findings show that FES and MT convergence can be an effective intervention for stroke patients balance and gait ability. Continued development of convergence interventions for stroke patients with balance and gait ability in practice, are suggested.

**Key Words** : Convergence, FES, Mirror therapy, stroke, balance, gait

\*This paper was supported by the fund of Gimcheon University in 2017.

\*Corresponding Author : Kyung-Hun Kim (huni040@naver.com)

Received August 16, 2018

Revised October 2, 2018

Accepted October 20, 2018

Published October 28, 2018

## 1. 서 론

### 1.1 연구필요성

뇌졸중은 뇌혈관의 순환장애로 인해 뇌 신경세포의 산소공급이 중단되어 뇌세포가 괴사되고 이로 인해 신체의 감각장애, 운동장애, 언어장애, 시각장애 그리고 지각 및 인지장애 등을 포함하여 여러 신경학적인 기능 손상을 동반하는 질환이다. 대부분 뇌졸중 환자들은 운동능력 감소가 주된 원인이 되며 이전의 상태로 완전한 회복하는데 어렵다[1,2]. 뇌졸중 환자의 재활은 균형능력의 향상과 일상생활의 기능적 움직임을 적절하게 만드는데 있다[3]. 하지만, 이러한 균형은 하나의 요소가 아니라 다양하고 혼합된 요소(전정기관, 시각, 체성감각)에 의해 이루어지기 때문에 뇌졸중 환자의 균형 능력을 회복하는데 어려움을 겪고 있으며, 장애로 인해 경제적 어려움을 겪게 된다[4]. 뇌졸중 환자의 재활은 중요하며, 재활 동기에 가장 중요한 것은 가족의 지지로 나타났다[5].

뇌졸중 환자의 균형훈련과 보행 재활훈련을 위하여 현재 많은 연구들이 이루어지고 있으며, 그러한 연구들 중 최근에 뇌 영상 기술의 발달로 인해 뇌졸중 후에 나타나는 환자들의 기능회복 기전에 대한 뇌신경 가소성의 효과를 이해하는 연구들이 증가하였으며, 가소성 훈련들은 이중과제 훈련[6], 신체의 진동을 이용한 훈련 등과 같이 환자의 마비된 사지에 능동적이고 반복적인 움직임을 요구하는 직접적 신체 훈련에 중점을 두고 있다[7]. 하지만 뇌졸중으로 인하여 감각신경, 운동신경, 인지기능의 저하 등으로 기능적 움직임에 문제가 있는 환자들은 직접적인 재활 훈련에 제약받을 수 있으며, 이전 경험에 의존적인 신경가소성 변화를 일으키는 것에 대해 문제가 제기 되면서, 운동수행에 의한 학습을 극대화 시킬 수 있는 방법으로 환자의 신체 움직임 없이 해당 뇌 영역의 활성화를 유도 할 수 있는 간접적 수행 방법들이 최근 많이 제시되고 있다. 뇌졸중의 회복은 신경 가소성에 의해 조절되고 신경회복은 뇌졸중 이후 기능회복을 위한 치료를 촉진하여 증가된다[8]. 뇌졸중 환자의 재활 목적은 현재 새로운 기술을 학습하는 것 보다 이전에 학습되었던 운동기술을 재학습하는 것이기 때문에 치료 훈련 과정에서 거울신경원을 근거로 하는 운동모방(motor imitation)을 많이 사용하고 있다.

거울치료란 거울뉴런을 신경학적 기초로 하여 인지적 중재 방법을 사용하여 Ramachandran이 환상통 치료를

위해 처음 소개 되었다[9]. 뇌졸중 환자의 거울치료는 거울 속에 투영되는 비 마비 측 하지의 움직임을 시각적인 되먹임으로 사용하여 마비측으로 착각하게 만드는 치료적 중재로[10] 이러한 착각으로 환자는 손실된 사지를 실제 존재하는 것 같이 환상을 받게 된다. 거울치료는 훈련하는 환자에게 흥미를 제공하면서 과제 수행을 할 수 있고 거울을 매개체로 하여 환자로 하여금 동기유발을 최대화 한다[11]. 또한 거울치료는 적은 시간으로 쉽고 간단하게 치료할 수 있고, 현재 임상에서 상위운동신경병변 환자들을 대상으로 적용하고 있으며 별도의 고비용장치가 필요하지 않아 적은 비용으로 큰 기대를 볼 수 있는 장점이 있다[12,13].

거울치료훈련은 거울신경시스템의 활성화에 근거를 두고 있다[8]. 현재 이러한 거울치료와 관련하여 진행된 연구들로는 Radajewska 등(2013)의 연구에서는 아급성기 뇌졸중 환자 60명을 대상으로 건측 손의 다양한 운동 훈련을 통해 마비측 손 기능과 일상생활활동 능력의 대해서 유의미한 향상을 확인할 수 있었다[14]. Yavuzer 등(2008)의 연구에서는 아급성 뇌졸중 환자들을 대상으로 한 수부 기능 향상에 거울치료를 사용하여 유의한 향상을 확인하였다[15].

기능적 전기 자극치료(functional electrical stimulation, FES)는 환자에게 근육의 능동적이고 반복적인 움직임을 제공을 통해 훈련을 진행하여 운동 재학습을 최대로 올릴 수 있도록 제공하는 치료법이며[16], 손상된 부위 이후의 잔여 신경전도도를 통하여 중추 신경계 장애를 가진 환자들에게 잃어버린 기능의 회복을 도와준다[17]. 또한 기능적 전기 자극치료는 환자 마비측 하지의 조절 능력을 증진 시킬 수 있다[18]. Sabut 등 (2011)연구에서 FES를 장딴지신경에 적용하여 환자의 보행 시 발등 굽힘근에 근력을 회복시켜 발 처짐을 방지하고, 발바닥 굽힘근에 대한 경직을 상대적으로 완화시켜 뇌졸중 환자의 보행 시 속도를 증가시키는데 효과적이라고 하였다[19].

그러나 현재 뇌졸중 환자에게 거울치료를 시행함에 있어 하지를 대상으로 중재를 적용하여 균형능력과 보행능력의 미치는 영향에 대해 알아보는 연구는 부족한 실정이며, 또한 기능적 전기자극 치료를 하지에 동반해 적용하여 연구한 연구는 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 만성 뇌졸중 환자의 하지에 기능적 전기자극을 병행한 거울치료를 실시하여 균형능력과 보행능력의 변화를 알아봄으로써 뇌졸중 환자의 균형과

보행능력에 증진을 위한 중재 설정에 참고자료를 제시하고자 한다.

### 1.2 연구목적

본 연구는 만성 뇌졸중 환자의 하지에 기능적 전기자극을 병행한 거울치료를 실시하여 균형능력과 보행능력의 미치는 영향을 조사하기 위함이며 다음의 연구가설을 검정하였다.

### 1.3 연구가설

본 여구의 구체적인 가설은 다음과 같다.

- 가설 1. 기능적 전기자극을 병행한 거울치료훈련이 만성 뇌졸중 환자의 균형 및 보행능력에 미치는 영향을 알아본다.
- 가설 2. 거울치료 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 형 및 보행능력에 미치는 영향을 알아본다.
- 가설 3. 기능적 전기자극을 병행한 거울치료훈련과 거울치료 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 균형 및 보행능력에 미치는 영향을 비교하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구설계

본 연구는 FES를 병행한 거울치료를의 효과를 규명하기 위한 유사실험연구로써 비 동등성 대조군 전후설계를 적용하였다.

### 2.2 연구대상

본 연구는 경기도 K 재활병원에 입원한 만성 뇌졸중 환자들을 대상으로 실험을 실시하였다. 병원 내 모집판을 통하여 환자분들을 섭외하였고, 다음의 선정기준에 의해 선정하였다. 1) 뇌졸중으로 진단받고 유병기간이 6개월 이상 경과된 환자 2) 독립적으로 기립균형이 가능한 환자 3) 10 m 이상 보행이 가능한 환자 4) 근골격계 손상이 없고 퇴행성 질환이 없는 환자 5) 한국형 간이정신 상태 검사(mini mental state examination, MMSE) 24점 이상인 환자 6) 편측무시 또는 반맹증이 없는 환자 7) 의사소통에 관한 실어증이 없는 환자로 선정하였다.

### 2.3 연구의 절차

모든 연구대상자들은 실험전과 4주간의 실험 후 균형검사와 보행능력을 평가하였다. 연구대상자는 초기 자발적인 참여의사를 밝힌 40명의 환자들을 모집하여 선정기준에 부합하지 않은 5명을 제외한 35명을 연구 대상자로 선정하였다. 선정된 연구대상자 35명의 대상자들은 무작위로 FMT 그룹(N=11), MT 그룹(N=12) 그리고 대조군(N=12)으로 분류하였다. 본 연구는 단일 맹검법을 이용하여 각 환자의 그룹에 대해서 알지 못하는 물리치료가 혼련 및 측정을 실시하였다.

모든 대상자들에게 주어진 훈련은 1일 30분, 1주 5번, 4주간, 총 20회 실시 하였다. 세 그룹 모두 병원에 입원한 자로 1회 30분, 1주 5번, 4주간 일반적인 물리치료를 받았다.

### 2.4 연구도구

#### 2.4.1 BioRrecue

대상자의 정적 균형능력을 알아보기 위해 Force plated에 선 자세에서 압력중심점(COP)의 이동 거리를 측정한다. 측정을 위해 BioRrecue (Analysis system by biofeedback, AP1153 biorescue., France)를 사용하였다. COP의 이동거리 측정은 바로 선 자세에서 30°정도 다리를 벌려 전방을 주시하게 하고 1분간 중심을 잡고 바로 서 있도록 하여 몸의 중심점 총 이동거리를 측정하였다. 이 평가에서 나온 수치는 작을수록 균형능력이 좋다는 것을 의미한다. 모든 연구대상자들은 3회 측정하여 평균값을 기록하였다.

#### 2.4.2 버그균형척도(berg balance scale, BBS)

BBS는 14개의 항목으로 구성되어 있으며, 큰 카테고리로는 앉기, 서기 자세, 자세변화의 3개영역으로 나눌 수 있다. 각 영역마다 최소 0점에서 최고 4점을 적용하여 14개 항목에 대한 총점은 56점이다. 정적인 균형과 동적인 균형 능력 수행을 측정하기 위하여 사용하였다. 전체 항목을 수행하는데, 약 20분정도의 시간이 소요된다. BBS 점수의 크기가 커질수록 균형능력이 좋다는 것을 의미한다. 이 측정도구는 측정자 내신뢰도 r=0.98, 측정자 간 신뢰도는 r=0.97 매우 높은 신뢰도와 내적 타당도를 가지고 있다[20]. BBS 검사는 3회 측정하여 평균값을 기록하였다.

### 2.4.3 옵토게이트(OptoGait)

보행검사는 환자의 보행 유형에 대한 양적인 보행 분석의 자료를 수집하기 위하여 보행 분석기(OptoGait, Microgate S.r.l, Italy, 2010)을 사용하였다. 보행 분석기는 총 4 m 길이의 두 개의 송·수신 바와 웹캠(Logitech Webcam Pro 9000)으로 구성되어 있으며 양쪽 바의 폭은 1 m로 지면에 설치하였다. 각각의 바 안쪽에는 1 cm 간격으로 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)가 설치되어 있으며 송신 바에서 수신 바로 계속해서 보내지는 적외선으로 통신한다. 통신하고 있는 송·수신바 사이에서 평지에서 총 10 m를 편안한 보행속도로 걷게 하여 처음 3 m와 마지막 3 m를 측정에서 제외하고 4 m를 걷는 동안 대상자의 발이 감지되고 보행변수에 대한 정보가 수집된다. 웹캠으로 동영상 정보를 저장하여 대상자의 출하는 발의 순서와 발의 겹쳐짐으로 일어나는 인식 오류 등 측정된 보행을 정확하게 동기화시키기 위해 사용했다.

수집된 보행 변수에 대한 정보는 OptoGait, Version 15.0.0 소프트웨어로 처리하였다. 본 연구에서 보행의 특성으로는 환측 보장(affected step length, ASL), 활보장(stride length, SL), 환측 한발 지지기(affected single support, ASS), 양하지 지지기(total double support, TDS), 분속수(cadence), 평균 보행속도(average gait speed, AGS)를 분석하였다. 모든 측정은 검사시간 변수들을 제거하기 위해 한명의 물리치료사가 측정하였다. OptoGait검사는 3번 측정하여 평균값을 기록하였다. 측정자내 신뢰도·검사 재검사간 신뢰도는  $r = .99$  ·  $r = .98 \sim .99$ 이다[21].

## 2.5 중재프로그램

### 2.5.1 기능적 전기자극을 병행한 거울치료 훈련군

기능적 전기자극을 병행한 거울치료에서는 거울 치료를 실시하는 동안 동시에 마비측 하지의 대해 기능적 전기자극 치료를 병행하여 실시하였다. FES를 병행한 거울치료 훈련군은 앉은 자세에서 건측의 움직임 실시하면서 동시에 환측 하지에 FES를 적용하면서 동시에 동작이 일어나도록 시도하였다. FES는 대퇴사두근 원위부(quadriceps distal part), 전경골근(tibialis anterior muscle)에 부착하여 전기자극을 주었다. 본 실험에서 적용한 기능적 전기자극 치료기는 Microstim(Medel GmbH, Germany, 2008) 사용하였다. 주파수는 40 Hz, 펄

스폭은 250  $\mu$ s로 적용하였다. 대상자들은 근수축이 일어나도록 하면서 통증이 유발되지 않는 범위 내에서 강도를 조절하였다. 대상자들을 앉은 자세에서 50cm x 70cm 거울을 이용하여 반사면을 향해 건측 다리를 두어 다리 사이에 수직으로 반영이 보이게 한다[21]. 이후 건측 다리의 발목 배측굴곡(ankle dorsiflexion), 무릎 신전(knee extension), 그리고 동시에 무릎신전과 발목배측굴곡을 동시에 실시하면서 건측 다리의 반사모양을 통해 환측 다리를 움직이게 지시하였다. 발목 배측 굴곡 시에는 전경골근, 무릎관절 신전 시 대퇴사두근의 원위부에 기능적 전기자극을 하였다. 그리고 발목관절 배측굴곡과 무릎관절 신전을 동시에 실시하면서 기능적 전기자극 치료도 두 근육에 전기 자극이 들어가게 하였다. 대상자의 환측 움직임이 부자연스러울 때는 보조자가 움직임을 교정해 주었다. 발목관절, 무릎관절, 발목관절과 무릎관절 순서로 5분씩 2세트를 시행하여 총 30분간 실시하였다.

### 2.5.2 거울치료 훈련군

거울치료 훈련군에서는 거울 치료를 실시하는 동안 마비측 하지의 대해 기능적 전기자극이 꺼진 상태에서 건측 하지를 이용하여 거울치료훈련을 의미한다. 거울치료훈련군은 건측 하지의 무릎관절 신전, 발목관절 배측굴곡, 무릎관절 신전과 발목관절 배측굴곡을 동시에 적용하였다. 발목관절, 무릎관절, 발목관절과 무릎관절 순서로 5분씩 2세트를 시행하여 총 30분간 실시하였다.

### 2.5.3 일반적인 물리치료훈련군

본 연구에 모든 대상자들은 1일 1회씩 일반적인 물리치료를 시행하였다. 일반적인 물리치료는 운동조절 능력을 증진시키기 위해 치료사와 환자가 1:1로 진행되었다. 일반적인 물리치료 프로그램은 고유수용성 신경근 촉진법, 보바스 등 신경발달치료, 근력 강화운동, 관절가동범위 운동, 균형 훈련, 보행훈련, 그리고 일상생활동작 등으로 환자에 상태와 필요에 의해 실시하였다. 일반적인 물리치료 30분, 1주일에 5번, 총 4주간 시행하였다.

## 2.5 자료수집

본 연구는 대한민국 경기도에 위치한 재활병원 3곳에서 입원, 외래로 치료를 받는 환자들을 대상으로 물리치료사 6명이 연구내용에 대하여 설명하고 동의를 얻은 이후 진행하였다. 2017년 12월부터 2018년 1월까지 자료를 수집하였으며, 연구 전 대상자들에게 서면을 통해 연구

Table 1. The general characteristics of the subjects (N=35).

Variables	Control group (n=12)/M±SD		MT group (n=12)/M±SD		FMT group (n=11)/M±SD		F	p
Age (year)	53.75	± 9.50	55.75	± 8.08	54.09	± 8.79	.191	.827
Height (cm)	162.78	± 5.64	163.71	± 3.88	165.40	± 4.06	.945	.399
Weight (kg)	62.67	± 7.74	66.17	± 5.11	66.28	± 8.52	.955	.396
Onset (months)	10.75	± 3.77	11.50	± 2.97	10.91	± 3.18	.168	.846
MMSE (score)	27.08	± 0.90	26.92	± 1.16	26.55	± 1.63	.546	.585
Gender (male/famale)	6/6		7/5		7/4		.446	.800
Diagnosis(I/H)	8/4		5/7		4/7		2.458	.293
Affected side (Left/Right)	7/5		6/6		6/5		.168	.919
BBS(score)	42.83	± 3.81	43.17	± 3.07	43.73	± 2.65	1.583	.221
COP Length (cm)	16.10	± 4.04	17.93	± 3.77	16.67	± 4.11	.226	.799
ASL (cm)	39.78	± 5.42	41.72	± 7.81	41.89	± 6.20	.511	.605
SL (cm)	76.78	± 11.24	79.88	± 11.24	80.45	± 9.01	.276	.760
ASS (%)	32.65	± 5.96	33.56	± 3.78	31.72	± 5.55	1.801	.181
TDS (%)	32.57	± 8.30	34.16	± 7.14	33.07	± 8.60	.171	.843
Cadence (sec)	0.51	± 0.15	0.50	± 0.11	0.51	± 0.15	1.317	.282
AGS (m/s)	0.69	± 0.21	0.70	± 0.19	0.70	± 0.19	.185	.836

MMSE=mini-mental state examination; I=infarction; H=hemorrhage; BBS=berg balance scale; COP length=center of pressure length; ASL=affected step length; SL=stride length; ASS=affected single support; TDS=total double support; AGS=average gait speed; MT group=mirror therapy group, FMT=functional electrical stimulation with mirror therapy; General characteristics and dependent variables are calculated by one way ANOVA and Chi-squared test.

목적의, 연구내용, 사용 방법, 수집된 데이터에 비밀유지에 대해 충분히 설명하였으며, 만약 대상자들이 원한다면 원하는 시기에 언제든지 철회가 가능하다고 공지하여 참여 동의서를 받았다.

### 2.6 자료분석

본 연구의 모든 통계적 분석은 PASW Statistics 21.0을 사용하였다. 정규성 검정은 Shapiro-Wilk 검정으로 실시하였다. 대상자의 일반적 특성 중 성별, 마비 측, 뇌졸중 유형은 카이제곱 검정을 통해 검정하였다. 나이, 체중, 몸무게, 발병년월, MMSE와 세 집단의 훈련 전 종속변수의 동질성은 일원배치 분산분석을 통해 검정하였다. 집단 내 치료 전·후의 차이는 Paired t-test를 통해 시행하였으며, 집단 간 차이를 비교하기 위해 변화값으로 일원배치분산분석을 실시하였다. 집단 간 사후검정은 Bonferroni를 사용하였다. 자료의 모든 통계학적 유의수준은  $\alpha = .05$ 이하로 설정하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1 연구대상자의 일반적인 특성, 의학적 특성 그리고 종속변수에 따른 동질성 검정

본 연구에서 대상자는 총 35명으로 대조군 12명, MT

군 12명, FMT군 11명이었다. 참가자의 일반적인 특성, 의학적 특성 그리고 종속변수에 따른 동질성 검정은 집단별 유의한 차이가 없었다. 나이는 대조군 53.75세, MT군 55.75세, FMT군 54.09세로 집단별 유의한 차이가 없었고, 신장은 대조군 162.78 cm, MT군 163.71 cm, FMT군 165.40 cm로 집단별 유의한 차이가 없었다. 체중은 대조군 62.67 kg, MT군 66.17 kg, FMT군 66.28 kg로 집단별 유의한 차이가 없었고, 발병년월은 대조군 10.75개월, MT군 11.50개월, FMT군 10.91개월로 집단별 유의한 차이가 없었으며, MMSE에서 대조군 27.08점, MT군 26.92점, FMT군 26.55로 집단별 유의한 차이가 없었다. 성별에서는 대조군 남성 6명, 여성 6명, MT군 남성 7명, 여성 5명, FMT군 남성 7명, 여성 4명으로 집단별 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 진단명은 대조군 뇌경색 8명 뇌출혈 4명, MT군 뇌경색 5명, 뇌출혈 7명, FMT군 뇌경색 4명, 뇌출혈 7명으로 집단별 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 마비부위에서는 대조군 좌측 7명, 우측 5명, MT군 좌측 6명, 우측 6명, FMT군 좌측 6명, 우측 5명으로 집단별 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

연구대상자의 종속변수에 따른 동질성 검정에서 BBS는 대조군 42.83점, MT군 43.17점, FMT군 43.73점으로 세 그룹간 유의한 차이가 없었다. COP의 이동거리에서는 대조군 16.10 cm, MT군 17.93 cm, FMT군 16.67 cm

Table 2. Comparison pre and post test among three groups (N=35).

Variables	Control group (n=12, A)/M±SD		MT group (n=12, B)/M±SD		FMT group (n=11, C)/M±SD		F	p
BBS (score)								
pre	42.83	± 3.81	43.17	± 3.07	43.73	± 2.65	1.583	.221
post	45.17	± 3.07	46.00	± 2.76	48.73	± 3.00		
change	-2.33	± 1.15	-2.83	± 1.53	-5.00	± 2.53	6.986	.003 C   AB
t	-7.000		-6.425		-6.555			
p	.000		.000		.000			
COP Length (cm)								
pre	16.10	± 4.04	17.93	± 3.77	16.67	± 4.11	.226	.799
post	15.09	± 3.94	15.98	± 3.90	13.40	± 3.00		
change	1.01	± 0.44	1.94	± 1.32	3.26	± 1.46	11.041	.000 C   AB
t	7.977		5.111		7.402			
p	.000		.000		.000			

BBS=berg balance scale; COP length=center of pressure length; MT group=mirror therapy group, FMT=functional electrical stimulation with mirror therapy.

로 세 그룹간 유의한 차이가 없었고, 환측보장에서는 대조군 39.78 cm, MT군 41.72 cm, FMT군 41.89 cm로 세 그룹간 유의한 차이가 없었으며, 활보장에서는 대조군 76.78 cm, MT군 79.88 cm, FMT군 80.45 cm로 세 그룹간 유의한 차이가 없었다. 환측 한발 지지기에서는 대조군 32.65 %, MT군 33.56 %, FMT군 31.72 %로 세 그룹간 유의한 차이가 없었고, 양하지 지지기에서는 32.57 %, MT군 34.16 %, FMT군 33.07 %로 세 그룹간 유의한 차이가 없었으며, 분속수에서는 대조군 0.51 sec, MT군 0.50 sec, FMT군 0.51 sec로 세 그룹간 유의한 차이가 없었다. 평균 보행속도에서는 대조군 0.69 m/s, MT군 0.70 m/s, FMT군 0.70 m/s로 세 그룹간 유의한 차이가 없었다(Table 1).

### 3.2 균형능력의 변화

BBS의 균형평가에서 대조군에서는 실험 전 42.83 점에서 실험 후 45.17점이 증가한 2.33점으로 유의한 차이를 나타냈고( $t=-7.000$ ,  $p=.000$ ), MT군에서는 실험 전 43.17점에서 실험 후 46.00점이 증가한 2.83으로 유의한 차이를 나타냈으며( $t=-6.425$ ,  $p=.000$ ), FMT군에서는 실험 전 43.73점에서 실험 후 48.73점이 증가한 5.00점으로 유의한 차이를 보였다( $t=-6.555$ ,  $p=.000$ ). 집단 간 전·후 차이 비교에서 FMT군이 다른 두 그룹에 비해 유의한 차이가 나타났다( $F=6.986$ ,  $p=.003$ )(Table 2).

COP의 이동거리에서 대조군에서는 실험 전 16.10 cm에서 실험 후 15.09 cm가 감소한 1.01 cm로 유의한 차이를 나타냈고( $t=7.977$ ,  $p=.000$ ), MT군에서는 실험 전 17.93

cm에서 실험 후 15.98 cm가 감소한 1.94 cm로 유의한 차이를 나타냈으며( $t=5.111$ ,  $p=.000$ ), FMT군에서는 실험 전 16.67 cm에서 실험 후 13.40 cm가 감소한 3.26 cm로 유의한 차이를 보였다( $t=7.402$ ,  $p=.000$ ). 집단 간 전·후 차이 비교에서 FMT군이 다른 두 그룹에 비해 유의한 차이가 나타났다( $F=11.041$ ,  $p=.000$ )(Table 2).

### 3.3 보행능력의 변화

환측 활보장에서 대조군에서는 실험 전 39.78 cm에서 실험 후 42.77 cm가 증가한 2.99 cm으로 유의한 차이를 나타냈고( $t=-4.736$ ,  $p=.001$ ), MT군에서는 실험 전 41.72 cm에서 실험 후 44.88 cm가 증가한 3.16 cm 유의한 차이를 나타냈으며( $t=-3.678$ ,  $p=.004$ ), FMT군에서는 실험 전 41.89 cm에서 실험 후 48.80 cm가 증가한 6.91 cm으로 유의한 차이를 보였다( $t=-7.589$ ,  $p=.000$ ). 집단 간 전·후 차이 비교에서 FMT군이 다른 두 그룹에 비해 유의한 차이가 나타났다( $F=7.637$ ,  $p=.002$ ). 활보장에서 대조군에서는 실험 전 76.78 cm에서 실험 후 82.48 cm가 증가한 3.79 cm로 유의한 차이를 나타냈고( $t=-4.778$ ,  $p=.001$ ), MT군에서는 실험 전 79.88 cm에서 실험 후 84.70 cm가 증가한 4.82 cm로 유의한 차이를 나타냈으며( $t=-3.593$ ,  $p=.004$ ), FMT군에서는 실험 전 80.45 cm에서 실험 후 88.71 cm가 증가한 8.27 cm로 유의한 차이를 보였다( $t=-6.406$ ,  $p=.000$ ). 집단 간 전·후 차이 비교에서 FMT군이 대조군에 비해 유의한 차이가 나타났다( $F=3.955$ ,  $p=.029$ ). 환측 한발 지지기에서 대조군 실험 전 32.65 %에서 실험 후 35.88 %가 증가한 3.23 %로 유의한 차이를 보였고

Table 3. Comparison pre and post test among three groups (N=35).

Variables	Control group (n=12, A)/M±SD		MT group (n=12, B)/M±SD		FMT group (n=11, C)/M±SD		F	p
ASL (cm)								
pre	39.78	± 5.42	41.72	± 7.81	41.89	± 6.20	.511	.605
post	42.77	± 5.09	44.88	± 9.72	48.80	± 5.28		
change	-2.99	± 2.19	-3.16	± 2.97	-6.91	± 3.02	7.637	.002 C   AB
t	-4.736		-3.678		-7.589			
p	.001		.004		.000			
SL (cm)								
pre	76.78	± 11.24	79.88	± 11.24	80.45	± 9.01	.276	.760
post	82.48	± 9.67	84.70	± 11.11	88.71	± 6.74		
change	-3.79	± 2.75	-4.82	± 4.65	-8.27	± 4.28	3.955	.029 C   A
t	-4.778		-3.593		-6.406			
p	.001		.004		.000			
ASS (%)								
pre	32.65	± 5.96	33.56	± 3.78	31.72	± 5.55	1.801	.181
post	35.88	± 6.02	37.19	± 3.98	37.75	± 5.23		
change	-3.23	± 3.73	-3.63	± 5.64	-6.03	± 3.80	1.280	.292
t	-2.999		-2.232		-5.265			
p	.012		.047		.000			
TDS (%)								
pre	32.57	± 8.30	34.16	± 7.14	33.07	± 8.60	.171	.843
post	28.98	± 6.94	29.75	± 7.65	27.72	± 9.09		
change	3.58	± 3.39	4.41	± 4.92	5.35	± 6.39	.360	.700
t	3.664		3.105		2.780			
p	.004		.010		.019			
Cadence (sec)								
pre	0.51	± 0.15	0.50	± 0.11	0.51	± 0.15	1.317	.282
post	0.64	± 0.10	0.64	± 0.09	0.76	± 0.14		
change	-0.13	± 0.15	-0.13	± 0.04	-0.25	± 0.12	4.284	.022 C   AB
t	-2.968		-10.704		-7.207			
p	.013		.000		.000			
AGS (m/s)								
pre	0.69	± 0.21	0.70	± 0.19	0.70	± 0.19	.185	.836
post	0.76	± 0.24	0.80	± 0.20	0.93	± 0.27		
change	-0.07	± 0.09	-0.09	± 0.13	-0.23	± 0.15	5.453	.009 C   AB
t	-2.708		-2.476		-4.993			
p	.020		.031		.001			

ASL=affected step length; SL=stride length; ASS=affected single support; TDS=total double support; AGS=average gait speed; MT group=mirror therapy group, FMT=functional electrical stimulation with mirror therapy.

( $t=-2.999$ ,  $p=.012$ ), MT군에서는 실험 전 33.56 %에서 실험 후 37.19 %가 증가한 3.63 %로 유의한 차이를 보였으며( $t=-2.232$ ,  $p=.047$ ), FMT군에서는 실험 전 31.72 %에서 실험 후 37.75 %가 증가한 6.03 %로 유의한 차이를 보였다( $t=-5.265$ ,  $p=.000$ ). 하지만 집단 간 전·후 차이 비교에서는 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 양하지 지지기에서 대조군 실험 전 32.57 %에서 실험 후 28.98 %가 감소한 3.58 %로 유의한 차이를 보였고( $t=3.664$ ,  $p=.004$ ), MT군에서는 실험 전 34.16 %에서 실험 후 29.75 %가 감소한 4.41 %로 유의한 차이를 보였으며( $t=3.105$ ,

$p=.010$ ), FMT군에서는 실험 전 33.07 %에서 실험 후 27.72 %가 감소한 5.35 %로 유의한 차이를 보였다( $t=2.780$ ,  $p=.019$ ). 하지만 집단 간 전·후 차이 비교에서는 그룹 간 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 3). 분속수에서 대조군에서는 실험 전 0.51 sec에서 실험 후 0.64 sec가 증가한 0.13 sec로 유의한 차이를 보였고( $t=-2.968$ ,  $p=.013$ ), MT군에서는 실험 전 0.50 sec에서 실험 후 0.64 sec가 증가한 0.13 sec로 유의한 차이를 보였으며( $t=-10.704$ ,  $p=.000$ ), FMT군에서는 실험 전 0.51 sec에서 실험 후 0.76 sec가 증가한 0.25 sec로 유의한 차이를 보

였다. 집단 간 전·후 차이 비교에서 FMT군이 다른 두 그룹에 비해 유의한 차이가 나타났다( $F=4.284$ ,  $p=.022$ ). 평균 보행속도에서 대조군에서는 실험 전 0.69 m/s에서 실험 후 0.76 m/s가 증가한 0.07 m/s로 유의한 차이를 보였고( $t=-2.708$ ,  $p=.020$ ), MT군에서는 실험 전 0.70 m/s에서 실험 후 0.80 m/s가 증가한 0.09 m/s로 유의한 차이를 보였으며( $t=-2.476$ ,  $p=.031$ ), FMT군에서는 실험 전 0.70 m/s에서 실험 후 0.93 m/s가 증가한 0.23 m/s로 유의한 차이를 보였다( $t=-4.993$ ,  $p=.001$ ). 집단 간 전·후 차이 비교에서 FMT군이 다른 두 그룹에 비해 유의한 차이가 나타났다( $F=5.453$ ,  $p=.009$ ).

#### 4. 논의

본 연구에서 만성 뇌졸중 환자에게 FES와 거울치료를 적용하여 균형과 보행능력에 미치는 영향을 알아본 결과 세 군 모두에서 균형과 보행능력의 증진이 있었으며, 그 중에서도 FMT군이 가장 큰 향상을 보였다.

거울치료를 관한 선행 연구들을 살펴보면 거울치료를 뇌졸중 이후에 환자의 운동기능 회복, 이동능력, 근육의 힘, 운동조절을 촉진하는 유용한 도구가 될 수 있다[22]. 거울치료를 마비측 부위를 거울로 숨긴 다음 비마비측의 사지의 움직임을 통하여 이때 거울에 비쳐진 자기 모습을 보고 정상적으로 마비측이 움직이는 감각의 제공과 시각적인 착시현상을 유도하여 손상된 뇌의 활성화를 증가시키는데 효과적인 훈련방법이다[9]. 거울치료를 실시하는 동안 발생하는 거울에 의한 시각적인 착시현상으로 반대측 뇌의 활성화를 유도하고, 이러한 패턴의 심한 수준의 상위운동신경병변 중에서도 뇌졸중 환자에서 비슷한 형태의 패턴으로 나타나는 것으로 알려져 있다[23].

균형은 지지면(base of support, BOS)내에서 신체 중심을 유지하는 능력을 말한다[24]. 뇌졸중 환자는 신체의 질량중심과 압력중심점이 마비측으로 이동되지 못하고 비마비측으로 고정시켜 자세조절(postural control)의 어려움을 보이며[25], 균형능력의 저하는 운동회복을 방해하고 낙상의 위험을 증가시킨다[26].

본 연구에서는 COP변화량으로 본 압력중심점 이동 검사에서는 FMT군이 다른 두 군에 비해 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 Sutbeyaz 등(2007)이 아급성기 뇌졸중 환자에게 거울치료를 적용하여 브룬스트롬 회

복 단계와 FIM 점수가 유의하게 증진된 연구와 일치하는 결과를 나타내었다[27]. Kim (2018)의 가상현실 사이버 멀미가 균형에 미치는 영향을 본 연구에서 COP변화량이 유의하지 않다고 하여 본 연구와 일치하지 않았다[28]. 뇌졸중 환자의 재활 중재에서 환자에게 손상된 지절만의 운동은 높은 수준의 반구간 억제성 활동을 생성하게 된다. 하지만 환자의 양측을 FES와 거울치료를 통해 자극하는 것은 앞서 말한 반구간 상호작용을 균형 있게 만들어냄으로써 억제성 활동을 정상화 하는 경향을 만들어 내 운동조절에 큰 이득을 줄 수 있음을 알 수 있었다[29].

대상자의 균형능력을 알아보기 위한 BBS검사의 결과에서는 FMT군이 다른 두 군에 비해 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 다양한 과제 안에서의 균형능력을 검사하며 높은 신뢰도와 내적 타당도를 가지는 BBS의 점수의 향상은 뇌졸중 환자의 균형능력 증진을 말해주고 있으며, 선행연구에서 Galeazzi 등(2006)의 뇌졸중 환자를 대상으로 전신 거울을 이용하여 과제훈련을 동반한 거울치료를 시행하였을 때 균형 능력이 증진 되었다고 보고 하였다[30]. Lee 등(2017)의 연구에서 만성 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 구심성 전기자극을 병행한 상태에서 거울치료 훈련군과 가짜 구심성 전기자극을 적용한 상태에서 가짜 거울치료를 적용을 주 5회, 총 4주간 진행하였다. 중재 방법에 따른 두 군간 비교에서는 BBS에서 유의한 차이를 나타낸 논문과 일치한다[31]. 그리고 DeHaart (2004)의 시각적 되먹임을 활용한 과제 훈련군이 단순한 과제 훈련군보다 균형 능력에 향상을 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다[32]. Park(2017) 등은 균형훈련과 테이핑 훈련을 통해 뇌졸중 환자의 균형 능력에 향상을 나타내었다고 하였으며[33], 불안정 판을 통한 훈련이 여성 대학생의 균형능력에 미치는 영향을 연구에서 균형능력이 향상되어 본 연구와 일치하였다[34]. 본 연구에서는 FES와 거울을 이용한 대상자의 하지에 다양한 관절의 운동 프로그램을 진행 하였으며 기립 자세에서 전·후 안정성을 유지하기 위한 운동 전략은 발목관절 전략, 엉덩관절 전략, 발디딤 전략이 관여하는데[24], 본 논문과 같이 환자에게 배측 굴곡 움직임을 적용하여 발목의 근육과 건 내의 고유 수용기를 자극함으로써 고유수용성 감각들이 증진되어 손상된 기능을 향상시키고, 전·후 안정성을 증가시킴으로 균형능력에 긍정적인 영향을 끼쳤을 것으로 생각된다.



만성 뇌졸중 환자의 보행의 가장 궁극적인 목표는 기능적 독립 보행을 목표로 하고 있으며 보행시 나타나는 패턴은 아주 다양하게 일어난다[35]. 뇌졸중 환자의 보행 방식은 대체로 보행속도가 느리고 의도치 않은 움직임이 나타나고 과도한 노력이 요구되며 사지의 협응이 잘 이루어지지 않는 대단위 굴곡과 신전의 협력적인 큰 움직임들이 나타난다[36, 37]. 본 연구에서는 OptoGait를 사용하여 뇌졸중 환자의 보행능력을 평가하였다. 환측 활보장, 분속수, 평균 보행속도에서는 FMT군이 다른 두 군에 비해 통계학적으로 유의한 차이를 보였고 활보장에서는 FMT군이 대조군보다 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 이것은 Ji와 Kim(2014)의 뇌졸중 환자 34명을 대상으로 거울치료훈련과 가상치료를 하지에 적용을 주 5회 4주간 실시한 결과 거울치료 훈련군에서 단하지 지지기와 보장, 보폭이 유의하게 증가하여 보행능력이 향상된 것을 확인하였다[38]. 이는 거울치료가 뇌졸중 환자의 하지 기능 개선에 적용 가능한 중재방법이라 제시한 결과 Sutbeyaz 등(2007)이 뇌졸중 환자를 대상으로 하지의 운동 회복과 운동 기능을 알아보기 위해 거울치료를 실시한 결과 걷기능력검사에서 거울치료군이 대조군보다 1.7점 증가를 보인 결과와 일치하였다[39]. Lee 등(2017)의 연구에서 만성 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 구심성 전기자극을 병행한 상태에서 거울치료 훈련군과 가짜 구심성 전기자극을 적용한 상태에서 가짜 거울치료를 적용을 실시한 결과 실험군에서 보행속도, 보폭, 활보장 등이 대조군보다 통계학적으로 유의한 차이를 보인 논문과 일치한다[31]. 이는 뇌졸중 환자의 훈련에서 거울치료를 통해 본인의 움직임을 관찰하고 기능적 전기자극의 구심성 정보가 뇌에 도달하여 운동기억이 형성된 것으로 사료된다. Bellelli 등(2010)의 보고와 선행 연구 결과들을 바탕으로 본 연구에서도 하지의 동작을 반복적으로 수행하고 관찰하는 것이 거울신경세포의 활성을 일으켜 운동 학습 능력이 향상된 것이고, 관찰 이후에 동작 실행의 요소가 추가되어 손상된 부위의 회복을 더 강화 시켰으며 대상자의 비정상적인 뇌 활성화도 및 운동기능의 회복에 더 많은 영향을 주었다고 생각된다[40]. 또한 만성 뇌졸중 환자의 기능적 전기자극 치료와 거울치료를 융합치료가 일상생활동작의 기능이 증가되어 삶의 질과 관련된 논문 일치한다[41].

본 연구의 제한점은 본 연구의 결과를 모든 뇌졸중 환자에게 일반화하여 해석하는 데는 제한점이 있으며, 중

재 기간 이외의 환경을 통제 할 수 없었다는 점이다. 앞으로는 거울을 이용한 하지 운동에서 더 다양한 운동 프로그램과, 연구기간 동안 진행된 훈련으로 인한 균형 능력, 보행 능력의 증가 효과가 훈련이 얼마 동안 환자에게 지속적인 영향을 끼칠 수 있을 것이며 이후에 환자에게 일어나는 어떤 변화가 어떻게 일어나는지에 대한 연구와 같은 다양한 연구가 필요하다고 생각된다.

## 5. 결론 및 제언

본 연구에서 만성 뇌졸중 환자의 균형과 보행능력에 향상을 알아보기 위하여 기능적 전기자극을 병행한 거울치료를 적용하였으며, 그 결과 긍정적인 영향을 미치고 있음을 확인하였다. 향후 만성 뇌졸중 환자의 균형과 보행능력에 대한 집중력 개선을 위한 재활훈련 프로그램으로 기능적 전기자극을 병행한 거울치료 훈련을 적용하는 것이 보다 더 효과적임을 알 수 있었다.

만성 뇌졸중 환자에게 균형과 보행능력의 향상은 일상생활활동에서 아주 중요한 요소이다. 하지만 실제 재활 훈련과정에서 균형과 보행능력에 관한 요소들이 회복하는데 많은 장애가 있는 실정이다. 이에 본 프로그램은 만성 뇌졸중 환자에게 기능적 전기자극을 병행한 거울치료를 통하여 하지에 다양한 움직임과 전기자극을 시행하여 만성 뇌졸중 환자가 보다 쉽고 안정적이며 뇌 가소성에 자극을 줄 수 있도록 하였다. 본 연구는 만성 뇌졸중 환자의 균형 및 보행 증진을 위한 하나의 중재 방법을 제시함으로써 장기간의 치료가 요구되는 뇌졸중 환자에게 중재 방법의 의의가 있다.

이에 본 연구의 결과를 바탕으로 다음의 추후연구를 제언하는 바이다.

- 1) 만성 뇌졸중 환자에게 기능적 전기자극과 거울치료를 통한 운동 프로그램에서 일상생활과 관련된 더욱 다양한 움직임 제공을 모색해야 할 것이다.
- 2) 기능적 전기자극을 병행한 거울치료를 대한 중재 이후 지속적인 효과를 입증하는데 연구가 필요하다.
- 3) 기능적 전기자극을 병행한 거울치료를 통한 중재 효과에서 균형 및 보행의 요소 이외에 근육 내 효과에 대한 연구가 필요하다.

## REFERENCES

- [1] G. Lamola, C. Fanciullacci, B. Rossi, & C. Chisari. (2014). Clinical evidences of brain plasticity in stroke patients. *Archives italiennes de biologie*, 152(4), 259-271. DOI: 10.12871/00039829201446.
- [2] Y. Hara. (2015). Brain plasticity and rehabilitation in stroke patients. *Journal of nippon medical school*, 82(1), 4-13. DOI: 10.1272/jnms.82.4.
- [3] E. K. Kim, D. K. Lee, & Y. M. Kim. (2015). Effects of aquatic PNF lower extremity patterns on balance and ADL of stroke patients. *Journal of physical therapy science*, 27(1), 213-215. DOI: 10.1589/jpts.27.213.
- [4] E. Swinnen, D. Beckwee, R. Meeusen, J. P. Baeyens, & E. Kerckhofs. (2014). Does robot-assisted gait rehabilitation improve balance in stroke patients? A systematic review. *Topics in stroke rehabilitation*, 21(2), 87-100. DOI: 10.1310/tsr2102-87
- [5] S. Y. Kim, & Kim, I. Hong. (2018). Factors Convergent Influencing Rehabilitation Motivation among Stroke Patients. *Journal of Digital Convergence*. 15(9), 375-384.
- [6] N. E. Fritz, F. M. Cheek, & D. S. Nichols-Larsen. (2015). Motor-Cognitive dual-task training in persons with neurological disorders: a systematic review. *Journal of neurologic physical therapy*, 39(3), 142-153. DOI: 10.1097/NPT.000000000000090.
- [7] X. Yang, P. Wang, C. Liu, C. He, & J. D. Reinhardt. (2015). The effects of whole body vibration on balance, gait performance and mobility in people with stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clinical rehabilitation*, 29(7), 627-638. DOI: 10.1177/0269215514552829.
- [8] A. Bhasin, M. V. Padam Srivastava, S. S. Kumaran, R. Bhatia, & S. Mohanty. (2012). Neural interface of mirror therapy in chronic stroke patients: A functional magnetic resonance imaging study. *Neurology India*, 60(6), 570-576. DOI: 10.4103/0028-3886.
- [9] V. S. Ramachandran, & D. Rogers-Ramachandran. (1996). Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proceedings. Biological sciences/The Royal Society*, 263(1369), 377-386.
- [10] S. Subeyaz, G. Yavuzer, N. Sezer, & F. Koseoglu. (2007). Mirror Therapy Enhances Lower-Extremity Motor Recovery and Motor Functioning After Stroke: A randomized controlled trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 88(5), 555-559.
- [11] D. Jack, R. Boian, A. S. Merians, M. Tremarone, G. C. Burdea, S. V. Adamovich, M. Recce, & H. Poizner. (2001). Virtual reality -enhanced stroke rehabilitation. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 9(3), 308-318.
- [12] M. Invernizzi, S. Negrini, S. Carda, L. Lanzotti, C. Cisari, & A. Baricich. (2013). The value of assing mirror therapy for upper limb motor recovery of subacute stroke patients: A randomized controlled trial. *European journal of Physical Rehabilitation Medicine*, 49(3), 311-317
- [13] M. E. Michielsen, R. W. Selles, J. N. van det Geest, M. Eckhardt, G. Yavuzer, H. J. Stam, J. G. M. Ribbers & B. Bussmann. (2011). Motor recovery and cortical reorganization after mirror therapy in chronic stroke patients: A phase II randomized controlled trial. *Motor recovery and cortical reorganization after mirror therapy in chronic stroke patients: A phase II randomized controlled trial. Neurorehabilitation and neural repair*, 25(3), 223-233. DOI: 10.1177/1545968310385127.
- [14] A. Radajewska, J. A. Opara, C. Kucio, M. Blaszczynsyn, K. Mehlich, & J. Szczygiel. (2013). The effects of mirror therapy on arm and hand function in subacute stroke in patients. *Internationale journal of rehabilitation research*, 36(3), 268-274. DOI: 10.1097/MRR.0b013e3283606 218.
- [15] G. Yavuzer, R. Selles, N. Sezer, S. Sütbeyaz, J. B. Bussmann, F. Köseoglu, M. B. Atay, & H. J. Stam. (2008). Mirror Therapy Improves Hand Function in Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 89(3), 393-398. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.08.162
- [16] J. Chae, & D. Yu. (2000). A critical review of neuromuscular electrical stimulation for treatment of motor dysfunction in hemiplegia. *Assistive technology*, 12(1), 33-49.
- [17] A. J. Thompson, L. Jarrett, L. Lockley, J. Marsden, & V. L. Stevenson. (2005). Clinical management of spasticity. *Neurology neurosurgery psychiatry*, 76(4), 459-468.
- [18] S. Combs, E. W. Miller, & E. Forsyth. (2007). Motor and functional outcomes of a patient post-stroke following combined activity and impairment level training. *Physiotherapy theory and practice*, 23(4), 219-229.
- [19] S. K. Sabut, C. Sikdar, R. Kumar, & M. Mahadevappa.

- (2011). Functional electrical stimulation of dorsiflexor muscle: effects on dorsiflexor strength, plantarflexor spasticity, and motor recovery in stroke patients. *NeuroRehabilitation*, 29(4), 393-400.  
DOI: 10.3233/NRE-2011-0717.
- [20] K. Berg, S. Wood-Dauphinee, & J. I. Williams. (1995). The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 27(1), 27-36.
- [21] J. F. Glatthorn, S. Gouge, S. Nussbaumer, S. Stauffacher, F. M. Impellizzeri, & N. A. Maffioletti. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of strength and conditioning research*, 25(2), 556 - 560.  
DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181cccb18d
- [22] E. L. Altschuler, S. B. Wisdom, L. Stone, C. Foster, D. Galasko, D. M. Llewellyn, & V. S. Ramachandran. (1999). Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lance*, 2035-2036.
- [23] J. Wang, C. Fritzsche, J. Bernarding, T. Krause, K. H. Mauritz, M. Brunetti, & C. Dohle. (2013). Cerebral activation evoked by the mirror illusion of the hand in stroke patients compared to normal subjects. *Neurorehabilitation*, 33(4), 593-603.  
DOI: 10.3233/NRE-130999.
- [24] A. Shumway-Cook, & M. H. Woollacott. (2006). *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 3rd ed.
- [25] Y. Laufer, R. Dickstein, Y. Chefez, & E. Marcovitz. (2001). The effect of treadmill training on the ambulation of stroke survivors in the early stages of rehabilitation: a randomized study. *Journal of rehabilitation research and development*, 38(1), 69-78.
- [26] S. F. Tyson, M. Hanley, J. Chillala, A. Selley, & R. C. Tallis. (2006). Balance disability after stroke. *Physical therapy*, 86(1), 30-38.
- [27] S. Sütbeyaz, G. Yavuzer, N. Sezer, & B. F. Koseoglu. (2007). Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 88(5), 555-559.
- [28] N. E. Kim, Y. L. Kim, S. C. Moon, D. H. Lee, H. J. Lim, E. K. Jang, J. E. Hung, & J. H. Kang. (2018). The Effect of Dynamic Balance on Cyber Motion Sickness of Full Immersion Virtual Reality. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(1), 131-138.
- [29] J. H. Cauraugh, N. Lodha, S. K. Naik, & J. J. Summers. (2010). Bilateral movement training and stroke motor recovery progress: a review and meta-analysis. *Human movement science*, 29(5), 853-870.
- [30] G. M. Galeazzi, D. Monzani, C. Gherpelli, R. Covezzi, & G. P. Guaraldi. (2006). Posturographic stabilisation of healthy participants exposed to full-length mirror image is inversely related to body-image preoccupations. *Neuroscience Letters*, 410, 71-75.
- [31] D. Lee, G. Lee, & J. Jeong. (2016). Mirror Therapy with Neuromuscular Electrical Stimulation for improving motor function of stroke survivors: A pilot randomized clinical study. *Technology and health care*, 27(4), 503-511.  
DOI: 10.3233/THC-161144.
- [32] M. DeHaart, A. C. Geurts, S. Huidekoper, C. Fasotti, & J. van Limbeek. (2004). Recovery of standing balance in post acute stroke patients: a rehabilitation cohort study.
- [33] S. J. Park, T. H. Kim, J. H. Go, P. S. Youn. (2017). The impact of convergence balance training and taping on spasticity and balance ability in patients with chronic stroke. *Journal of Digital Convergence*. 15(7), 297-306.
- [34] T. G. Nam, & J. H. Lee. (2017). The effect of unstable plate on the ankle joint displacement and dynamic balance ability of female college students wearing high-heeled shoes. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(5), 31-38.
- [35] R. B. Huitema, A. L. Hof, T. Mulder, W. H. Brouwer, R. Dekker, & K. Postema. (2004). Functional recovery of gait and joint kinematics after right hemispheric stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 85(12), 1982-1988.
- [36] F. Caillet, P. Mertens, S. Rabaseda, & D. Boisson. (2003). [Three dimensional gait analysis and controlling spastic foot on stroke patients]. *Annales de readaptation et de médecine physique*, 46(3), 119-131.
- [37] R. E. Kelley, & A. P. Borazanci. (2009). Stroke rehabilitation. *Neurological research*, 31(8), 832-840.
- [38] S. G. Ji, & M. K. Kim. (2014). The effects of mirror therapy on the gait of subacute stroke patient: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 29(4), 348-354.  
DOI: 10.1177/0269215514542356.
- [39] S. Sütbeyaz, G. Yavuzer, N. Sezer, & B. F. Koseoglu. (2007). Mirror Therapy Enhances Lower-Extremity Motor Recovery and Motor Functioning After Stroke: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 88(5), 555-559.
- [40] G. Bellelli, G. Buccino, B. Bernardini, A. Padovani, & M.

Trabocci. (2010). Action observation treatment improves recovery of postsurgical orthopedic patient: Evidence for a top-down effect? *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 91(10), 1489-1494.

DOI: 10.1016/j.apmr.2010.07.013.

- [41] Y. R. Kim, Y. I Kim & M. J. Kim. (2017). A convergent study of the physical related quality of life using SF-8 of stroke patient's caregiver. *Journal of the korea convergence society*, 8(12), 119-127.

DOI: org/10.15207/JKCS.2017.8.12.119

김 동 훈(Kim, Dong Hoon)

[정회원]



- 2015년 3월 ~ 현재 삼육대학교 물리치료전공 박사과정
- 2014년 4월 ~ 현재 : 분당제생병원 재활의학과 재활치료실 근무
- 관심분야 : 신경계 운동치료, 재활 치료

· E-Mail : roopi00yo@naver.com

김 경 훈(Kim, Kyung Hun)

[정회원]



- 2017년 8월 : 삼육대학교 물리치료전공 (이학박사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 김천대학교 물리치료학과 교수
- 관심분야 : 신경계 운동치료, 운동 조절

· E-Mail : huni040@naver.com