

뇌졸중 환자에 대한 기능적 전기 자극치료를 병행한 거울치료가 상지 기능수행과 일상생활활동에 미치는 효과

이민재¹ · 구현모^{2*}

¹대구대학교 대학원 재활과학과 학생,

^{2*}경성대학교 물리치료학과 교수

The Effects of Mirror Therapy with Functional Electrical Stimulation Therapy on Upper Extremity Motor Function and Activities of Daily Living for the Stroke Patients

Lee Minjae, OT, MS¹ · Koo Hyunmo, PT, Ph.D^{2*}

¹Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School of Daegu University, Student

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Kyungsung University, Professor

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effects of mirror therapy with functional electrical stimulation to improve upper extremity motor function and activities of daily living (ADL) in stroke patients.

Method : Thirty patients were randomly assigned to the experimental and control groups 15 patients in each. All subjects received the general occupational therapy consisting of five 30 min sessions per week for 8 weeks, in addition to 30 min of mirror therapy with functional electrical stimulation for the experimental group and 30 min of functional electrical stimulation for the control group for each session. To measure the functions of the upper limb and performance capacities in ADL, the Fugl-Meyer Assessment (FMA), and Manual Function Test (MFT), Modified Barthel Index (MBI) were used before and after the interventions.

Results : Both the experimental and control groups showed a statistically significant increase in post-treatment FMA, MFT and MBI scores compared to their pre-treatment scores ($p < .05$). In addition, intergroup comparisons revealed a statistically significant increase in the scores of all assessments for the experimental group compared to those for the control group ($p < .05$).

Conclusion : Based on these results, it is reasonable to conclude that mirror therapy with functional electrical stimulation is an effective intervention for improving upper limb motor function and ADL performance in stroke patients.

Key Words : stroke, mirror therapy, functional electrical stimulation, activities of daily living, upper limb motor function

*교신저자 : 구현모, hmkoo@ks.ac.kr

: 2018 8 23

: 2018 9 17

: 2018 9 21

I. 서론

뇌졸중은 뇌의 혈류가 차단되거나 혈관이 파열되어 발생하는 뇌 손상으로서, 운동기능, 감각기능, 인지기능, 언어기능 등의 장애를 초래하여 독립적인 일상생활활동 및 사회적 활동의 능력 수준을 감소시키는 주요 요인으로 작용한다(Ayerbe 등, 2013). 뇌졸중 환자 중 완전한 기능 회복을 보이는 5~20 %를 제외한 대부분의 환자들은 영구적인 운동장애를 갖게 된다(Aze 등, 2016). 특히, 상지의 운동기능 장애는 뇌졸중 환자의 식사하기, 위생관리, 옷 입기 등 독립적인 일상생활활동에 제한을 주기 때문에 상지기능의 회복을 재활훈련의 중요한 목표로 삼는다(Haghgoo 등, 2013).

뇌졸중 환자의 상지 운동기능을 회복시키기 위한 치료로는 신경발달학적 치료, 강제 유도 운동치료, 로봇 보조치료, 과제 지향적 훈련 등의 방법들이 다양하게 사용되고 있다(Orihuela-Espina 등, 2016; Taub 등, 2013; Winstein 등, 2016).

거울치료와 기능적 전기 자극치료는 자발적인 상지 움직임을 회복시키기 위한 재활치료적 중재방법으로 임상에서 많이 사용되고 있다(Samuelkamaleshkumar 등, 2014; Vafadar 등, 2015). 거울치료는 능동적으로 마비측 상지를 움직일 때 양측의 하두정엽 영역과 일차운동피질 영역을 활성화시키는 뇌가소성의 원리에 기반한 치료 방법이다(Garry 등, 2005). 마비측의 실제적인 움직임은 없으나 거울에 투영된 비마비측의 움직임을 주시함으로써 마비측의 움직임으로 긍정적인 시각적 되먹임을 제공하여 마비측의 기능을 회복시키는 중재방법이다(Wolf 등, 2006; Yavuzer 등, 2008). 그러나, 거울치료는 중추신경계의 신경학적 변화를 유도하지만 말초신경으로부터 실제적인 감각자극이 유입되지 않기 때문에 근수축을 일으키지 못하는 단점이 있다(Arya 등, 2015; Saito 등, 2013).

기능적 전기 자극은 기능장애로 인해 마비된 근육에 전기적 자극을 가해 근수축을 유발하여 근력 강화, 근 위축 방지 등에 효과적인 치료방법이다(Kapadia 등, 2014). 또한, 마비된 근육의 수동적 움직임이 유발되도록 말초 감각을 자극하고 마비근육의 지배신경에 전달하여 경직 감소, 근력 증가, 관절운동범위의 증진 및 수의적 움직임의 조절능

력 향상에 효과적이므로(Chantraine 등, 1999), 거울치료와 기능적 자극치료를 병행하는 임상적 중재가 적용되고 있다.

최근에는 기능적 전기 자극을 병행한 거울치료가 환자의 자발적인 상지의 움직임과 수동적 근 수축을 동시에 유도하여 상지의 협응능력과 관절가동범위 증가에 효과적임이 확인되어 임상에서 적용이 증가하고 있다(Kim & Lee 2015; Kojima 등, 2014; Mathieson 등, 2014; Yun 등, 2011). 그러나, 거울치료와 기능적 자극치료를 병행한 중재가 상지 기능 회복에 미치는 치료적 효과에 대한 선행 연구와 임상적 사례가 부족하고, 특히 일상생활활동 능력에 미치는 영향에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 거울치료와 기능적 자극치료를 병행한 치료적 중재가 뇌졸중 환자의 상지기능과 일상생활활동의 수행능력에 어떠한 효과가 있는지 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구는 2017년 11월부터 2018년 2월 까지 4개월 동안 OO광역시에 소재한 OO병원에서 뇌졸중으로 인한 편마비로 진단 받은 환자 30명을 대상으로 실시하였다. 연구 실시 전에 대상자에게 연구의 목적과 방법에 대해 상세하게 설명하였고, 참여 동의서를 받은 후 연구를 진행하였다. 대상자의 선정 기준은 뇌졸중으로 인한 편마비로 진단 받고 발병한지 6개월 이상 된 자로서, 한국판 간이 정신상태 판별 검사(MMSE-K) 점수가 24점 이상으로 의사소통이 가능한 자이며, 마비측 상지의 Brunnstrom(1970) 회복 단계가 1~4 단계인 자로 하였다.

그러나, 상지 관절의 구축이나 근골격계 질환, 시각장애나 시야결손이 있거나, 신경학적 및 정형외과적 문제로 운동프로그램을 수행할 수 없는 자는 연구에서 제외하였다.

2. 연구 설계

일반적 재활치료를 받고 있는 30명의 환자를 대상으로

연구를 진행하였다. 컴퓨터를 이용한 난수표 방식을 사용하여 거울치료와 기능적 전기 자극을 병행하여 적용한 실험군 15명, 기능적 전기 자극치료만 적용한 대조군 15명으로 무작위 배정하여 실험을 실시하였다. 두 그룹 모두 기존의 일반적 재활치료를 동일하게 받도록 하였고, 추가적으로 실험군은 기능적 전기 자극을 적용하는 동안 거울치료를 1일 30분씩, 주 5로 8주 동안 병행하였고, 대조군은 기능적 전기 자극치료만 1일 30분씩, 주 5회로 8주 동안 실시하였다. 중재 적용 전과 8주 후에 상지기능 평가를 통해 치료 효과를 알아보았다. 일반적 재활치료는 상지의 유연성 증진을 위한 관절운동과 정상적인 자세 조절 향상을 위한 신경발달치료로 구성되어 있다.

3. 연구 도구

1) Fugl-Meyer 평가 척도(Fugl-Meyer Assessment; FMA)

뇌졸중으로 인한 편마비 환자를 대상으로 운동 손상을 양적으로 측정하기 위한 포괄적인 측정 도구로서, 운동기능, 균형, 감각, 관절가동범위, 통증을 측정하기 위해 고안되었다(Fugl-Meyer 등, 1975). Brunnstrom의 편마비 분류와 회복의 6단계를 근거로 50가지의 세부적인 움직임을 정의하여 평가도구가 개발되었고, 각 소검사 별로 마비측과 비마비측에서 각각 3회 실시한 후, 높은 점수를 채택하는 방식으로 수행정도에 따라 0~2점을 부여한다. 수행하지 못하면 0점, 부분적 수행은 1점, 완전한 수행은 2점으로 점수 단계가 구분되고, 총점은 0~100점이다. 상지 운동기능의 총점은 66점으로 세부 항목은 어깨, 팔꿈치, 아래팔 18항목, 손목 5항목, 손 및 손가락 7항목, 상지 협응 능력 3항목으로 구성되며, 회복의 백분율로 점수를 기록할 수도 있다. 본 평가 척도의 검사자간 및 검사자내 신뢰도는 $r=.096$ 으로 높은 것으로 나타났다(Sanford 등, 1993).

2) 상지 기능 검사(Manual Function Test; MFT)

뇌졸중 이후의 상지 기능과 동작 능력의 측정을 위해 일본 동북대학에서 개발하였고, 상지 운동 4항목, 집기 2항목, 손가락 조작 2항목으로 구성되어 있다. 수행 시 1점, 수행 불가능 0점으로 결과를 기록하고, 총점은 32점이다. 상지 기능의 회복 과정 및 일상생활활동의 실행수준을 반영

하며 객관적 적용이 용이하도록 고안된 검사도구이다. 본 연구의 MFT 평가는 김미영(1994)에 의해 번역된 한글판 MFT를 기준으로 하였다. 본 검사의 검사-재검사 신뢰도와 검사자간 신뢰도가 Cronbach Alpha 계수 .95 이상이고, 내적 일관성 타당도도 .95 이상이다(Miyamoto 등, 2009).

3) 수정된 바델 지수(Modified Barthel Index; MBI)

뇌졸중 환자의 일상생활활동 수행의 독립성을 평가하기 위한 도구로서, 환자의 기능적 변화를 반영한다. 일상생활 활동은 개인위생, 혼자 목욕하기, 식사하기, 화장실 사용, 계단 오르기, 옷 입고 벗기, 배변조절, 배뇨조절, 보행 및 휠체어, 의자 및 침대를 포함하는 10개의 세부 항목들로 구성되고, 각 항목은 5단계로 점수화된다. 항목별 내용의 비중을 따라 가중치가 부가되어 있다. 0~24점은 완전 의존, 25~49점은 최대 의존, 50~74점은 부분 의존, 75~90점은 약간 의존, 91~99점은 최소 의존, 100점은 완전 독립을 나타낸다. MBI는 검사-재검사 신뢰도가 .89, 검사자간 신뢰도가 .95로 높은 신뢰도를 보이는 것으로 보고되었다(Shah 등, 1989).

4. 실험적 중재의 적용

1) 거울치료

본 연구의 거울치료는 기능적 전기자극과 함께 적용하였고, 소음과 같은 환경적 영향이 제거된 조건에서 진행하였다. 책상 위에 50 cm × 50 cm 크기의 거울을 대상자의 신체 정중선에 위치시킨 상태에서 대상자의 마비측 손이 거울 뒤에 숨겨져 보이지 않도록 하고, 대상자가 거울에 비친 정상측 손의 움직임을 보며 시각적 피드백을 제공받을 수 있도록 하였다. 대상자가 거울에 반영되는 비마비측의 움직임을 응시하면서 양손에서 동일하게 손목과 수지관절의 신전 움직임을 동시에 일어나도록 시도하도록 통제하고, 마비측의 손목과 수지 관절에서 신전을 유도하는 기능적 전기자극을 적용하였다(Michielsen 등, 2011; Yun 등, 2011).

2) 기능적 전기자극 치료

기능적 전기자극을 마비측 상지에 적용하기 위하여 Microstim 기능적 전기자극기(Microstim, Medel GmbH,

Germany)를 사용하였다. 기능적 전기자극의 적용은 손목 신전근에 전기적 자극을 시행한 Thrasher 등(2008)의 연구에서 사용한 방법을 이용하였다. 최대강도가 유발되는 시간 2초, 유지시간 7초, 최대강도에서 자극이 소실되는 시간 (ramp down) 1초, 휴식기 6초, 파형은 이상성파, 주파수는 25 Hz, 자극강도는 30 mA, 펄스폭은 250 μ s로 설정하였다. 부착부위는 한 쌍의 표면 전극을 이용하여 한 전극은 손가락편근, 긴노쪽손목편근, 짧은노쪽손목편근을 자극하고, 다른 전극은 긴엄지편근, 짧은엄지편근에 부착하여 손목과 손가락의 굽힘과 펴를 반복적으로 시행하였다(그림 1).



그림 1. 기능적 전기자극치료를 병행한 거울치료의 적용

5. 통계 분석

수집된 자료는 SPSS Version 21.0을 이용하여 분석하였다. 대상자들의 일반적 특성을 분석하기 위해 기술통계와 빈도분석을 실시하였다. 실험군과 대조군의 치료 중재 전과 후의 변화를 각각 비교하기 위하여 대응표본 t-검정을 실시하였고, 실험군과 대조군 사이의 마비측 상지기능과 일상생활 수행능력의 집단 간 변화를 비교하기 위하여 독립표본 t-검정을 실시하였다. 통계학적 유의수준 α 는 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 표 1과 같다. 중재 전 실험군과 대조군 사이의 일반적 특성에 대한 동질성 검증을 실시한 결과 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다 ($p>.05$).

표 1. 집단별 연구 대상자의 일반적 특성

Characteristics	Experimental (MT+FES, n=15)		Control (FES, n=15)		p	
	n	%	n	%		
Gender (n)	Male	10	66.7	9	60.0	.70
	Female	5	33.3	6	40.0	
Age (yr, Mean \pm SD)	53.01 \pm 9.04		51.24 \pm 10.43		.92	
Lesion type	Hemorrhagic	10	66.7	6	40.0	.63
	Ischemic	5	33.3	9	60.0	
Affected side	Right	11	73.3	7	46.7	.82
	Left	4	26.7	8	53.3	
Onset duration (months)	7-12	6	40.0	5	33.3	.75
	13~24	4	26.7	7	46.7	
	25 and above	5	33.3	3	20.0	

SD: standard deviation, MT: Mirror Therapy, FES: Functional Electrical Stimulation,

2. 집단 내의 중재 전·후 상지기능, 일상생활활동 수행능력 비교

중재 전 실험군과 대조군의 동질성 검증을 위해 상지기

능과 일상생활활동 수행능력을 비교해 본 결과 두 집단 간에 유의한 차이가 없었고($p>.05$), 집단 내에서 중재 전과 후를 비교한 결과, 두 집단 모두에서 FMA, MFT, MBI에서 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(표 2).

표 2. 집단 내의 중재 전·후 상지기능 및 일상생활활동 수행능력 비교

Items	Assessment	Experimental (MT+FES, n=15)	Control (FES, n=15)	<i>p</i>
FMA (score)	Pre-test	31.67 ± 10.98	31.20 ± 6.71	.889
	Post-test	44.53 ± 6.54	37.33 ± 6.16	
	<i>p</i>	.000**	.008**	
MFT (score)	Pre-test	10.87 ± 2.35	11.13 ± 1.84	.773
	Post-test	15.00 ± 1.81	12.73 ± 1.90	
	<i>p</i>	.000**	.007**	
MBI (score)	Pre-test	52.00 ± 6.35	48.20 ± 8.07	.163
	Post-test	64.60 ± 9.93	54.47 ± 8.53	
	<i>p</i>	.000**	.005**	

SD: standard deviation, MT: Mirror Therapy, FES: Functional Electrical Stimulation, FMA: Fugl-Meyer Motor Function Assessment, MFT: Manual Function Test, MBI: Modified Barthel Index, * $p<.05$, ** $p<.01$

3. 중재 후 두 군 간의 상지기능, 일상생활활동 수행능력 변화량 비교

중재 후 실험군과 대조군의 상지기능과 일상생활활동 수행능력을 비교한 결과, 두 집단 간의 상지기능과 일상생활활동은 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(표 3).

표 3. 집단 사이의 중재에 따른 상지기능 및 일상생활활동 능력의 변화량 비교

	Experimental (MT+FES) Mean ± SD	Control (FES) Mean ± SD	<i>p</i>
FMA (score)	12.86 ± 7.98	6.13 ± 7.63	.004**
MFT (score)	4.13 ± 1.84	1.60 ± 1.95	.002**
MBI (score)	12.60 ± 9.37	6.26 ± 7.28	.016*

SD: standard deviation, MT: Mirror Therapy, FES: Functional Electrical Stimulation, FMA: Fugl-Meyer Motor Function Assessment, MFT: Manual Function Test, MBI: Modified Barthel Index, * $p<.05$, ** $p<.01$

IV. 고찰

일상생활에서 상지기능은 다양한 과제 수행을 위한 기본 요소 이므로 상지의 기능적인 회복은 매우 중요하다 (Eraifej 등, 2017). 이를 위해 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 거울치료와 기능적 전기 자극치료를 병행한 치료를 적용하여 상지기능과 일상생활활동 수행능력에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 거울치료와 기능적 전기 자극치료를 병행한 치료는 중추신경계와 말초신경계를 동시에 자극하여 피질척수로의 활성화를 증대시켜 운동기능 회복 향상에 도움을 주는 장점이 있고, 거울치료를 통하여 전기 자극을 부착한 부위에 능동적인 움직임 조절에 피드백을 주어 치료효과를 높일 수 있다(Mangold 등, 2009; Ramachandran, & Altschuler, 2009).

본 연구의 결과에서는 실험군과 대조군 모두에서 MFT가 유의한 차이를 보였으며, 중재 전·후 변화량을 비교한 결과에서는 거울치료와 기능적 전기 자극치료를 병행하여 적용한 실험군이 기능적 전기 자극치료만 적용한 대조군보다 상지 기능이 유의하게 향상됨을 알 수 있었다. Kojima 등(2014)은 13명의 뇌졸중 환자에게 거울치료와 기능적 전기 자극치료를 병행한 훈련과 일반적 재활치료를 시행하여 FMA에서 유의한 차이를 확인하였고, Kim 등(2014)의 연구에서도 4주간 거울치료와 기능적 전기 자극을 병행한 뇌졸중 환자가 기능적 전기 자극만 시행한 대조군보다 더 손목과 손의 기능이 향상되어 FIM, MFT 평가결과 유의미하였다고 보고하여 본 연구의 결과를 뒷받침해주었다. Yun 등(2011)의 연구에서는 3주간 세 그룹으로 나누어서 거울치료와 기능적 전기 자극을 병행한 그룹과 거울치료와 전기 자극만을 단독으로 시행한 그룹보다 손목과 손의 관절 가동범위와 손가락 펴기 기능은 향상되었지만 손목, 손가락 굽힘근과 근긴장도에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고하여 개별적으로 거울치료와 전기 자극만을 치료하는 것보다 거울치료와 기능적 전기 자극치료를 병행한 치료가 손 기능 향상에 훨씬 더 효과적임을 알 수 있었다.

거울치료와 기능적 전기 자극치료는 시각적 자극과 가벼운 접촉 감각, 고유수용성 감각이 구심성 신경경로를 통해서 손상측 전운동영역의 신경 가소성을 자극함으로써

운동기능을 증진시킨다(Hong 등, 2012; Mathieson 등, 2014; Yun 등, 2011). 뇌의 신경가소성 특성은 시냅스 가소성을 증진시키는 핵심 단백질인 BDNF, IGF-1, VEGF와 같은 뇌 신경성장인자들의 발현과도 관련되고, 치료적 운동에 의해서 발현이 증가되므로 운동을 촉진시키는 다양한 재활 중재는 뇌의 가소성 특성을 활성화시킬 수 있다(Neville & Bavelier, 2002). 뇌 회백질의 구조적 변화 및 자기공명영상의 형태분석을 통해서 거울치료와 전기 자극치료가 양측 감각운동피질의 조영을 증가시키는 것으로 확인되었고, 이는 마비측 상지의 기능회복 정도와도 비례하는 것으로 보고되었다(Gauthier 등, 2008; Thoenen, 1995). 따라서, 거울치료와 함께 시행하는 기능적 전기 자극치료는 뇌신경이 구조적, 기능적으로 변화되고 재 조직화 될 수 있다는 뇌의 가소성 원리에 기반한 치료법으로서 마비측 체지의 움직임을 유도하여 운동기능을 회복시키기 위한 효과적인 중재 방법이라고 생각된다(Aizawa 등, 1991; Cho & Cha, 2015).

일상생활활동 수행능력에 대한 평가 결과, 실험군과 대조군 모두에서 중재 전에 비해 중재 후에 MBI 점수가 유의하게 증가하였고, 중재 전·후 변화량의 비교에서 실험군이 대조군에 비해 일상생활활동 수행능력이 더욱 유의하게 증가하였다. Yun 등(2011)과 Back(2017)의 연구에서는 거울치료와 기능적 전기 자극을 병행한 실험군에서 상지기능과 관련된 MBI 항목의 몸단장하기, 목욕하기, 용변처리 항목에서 상당한 유의한 변화를 보고하여 본 연구의 결과를 뒷받침해준다. 본 연구에서도 MBI 항목 중 상지의 움직임과 연관되는 몸단장하기, 먹기, 옷 입기 영역에서 다른 영역보다 더욱 높은 향상을 보였고, 이는 상지기능이 회복됨에 따라 일상생활활동 수행능력이 향상되었기 때문이라 사료된다.

본 연구에서는 세부적인 대상자 선정 조건에 부합하는 환자만을 연구에 참여시켰기 때문에 대상자 수가 적었고, 특히, MMSE-K, Brunnstrom Stage 등과 같은 참여 기준을 설정함으로써 치료 전 후의 인지기능과 기능적 회복의 상관관계는 확인할 수 없는 제한점이 있다. 또한, 대상자의 병변 위치나 손상의 수준을 동일화하지 못하였으므로 병변에 따른 상지기능의 결손 정도와 운동 기능에 영향을 미칠 수 있는 잠재적 시공간적 능력의 문제 등이 치료 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 향후 거울치료와 기능적

전기 자극을 병행한 치료가 환자의 유형에 따라 다양하게 적용될 수 있도록 체계화된 치료 프로토콜 개발을 위해서 본 연구의 제한점을 반영한 후속 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 거울치료와 기능적 전기 자극치료를 병행한 치료를 적용하여 상지 기능에 미치는 영향을 알아보았고, 이를 통해 기능적 전기 자극 치료에 병행한 거울치료가 상지의 운동 기능과 일상생활 활동 능력에 효과적임을 확인하였다. 향후 다양한 뇌졸중 환자에 대한 임상적 증세의 프로토콜 확립을 위한 추가적 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- Aizawa H, Inase M, Mushiake H, et al(1991). Reorganization of activity in the supplementary motor area associated with motor learning and functional recovery. *Exp Brain Res*, 84(3), 668-671.
- Arya KN, Pandian S, Kumar D, et al(2015). Task-based mirror therapy augmenting motor recovery in poststroke hemiparesis: a randomized controlled trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 24(8), 1738-1748.
- Ayerbe L, Ayis S, Wolfe CD, et al(2013). Natural history, predictors and outcomes of depression after stroke: systematic review and meta-analysis. *Br J Psychiatry*, 202(1), 14-21.
- Aze O, Odjardias E, Devillard X, et al(2016). Structural and physiological muscle changes after post-stroke hemiplegia: a systematic review. *Ann Phys Rehabil Med*, 59, e79.
- Baek SW(2017). Effects of mirror therapy with functional electrical stimulation on upper extremity function and activities of daily living performance in chronic stage stroke patients. Yonsei University Master's thesis, Seoul.
- Brunnstrom S(1970). Movement therapy in hemiplegia: a neurophysiological approach. Medical Department, Harper & Row.
- Chantraine A, Baribeault A, Uebelhart D, et al(1999). Shoulder pain and dysfunction in hemiplegia: effects of functional electrical stimulation. *Arch Phys Med Rehabil*, 80(3), 328-331.
- Cho HS, Cha HG(2015). Effect of mirror therapy with tDCS on functional recovery of the upper extremity of stroke patients. *J Phys Ther Sci*, 27(4), 1045-1047.
- Eraifej J, Clark W, France B, et al(2017). Effectiveness of upper limb functional electrical stimulation after stroke for the improvement of activities of daily living and motor function: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*, 6(1), 40.
- Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, et al(1975). The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med*, 7(1), 13-31.
- Garry MI, Loftus A, Summers JJ(2005). Mirror, mirror on the wall: viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability. *Exp Brain Res*, 163(1), 118-122.
- Gauthier LV, Taub E, Perkins C, et al(2008). Remodeling the brain: plastic structural brain changes produced by different motor therapies after stroke. *Stroke*, 39(5), 1520-1525.
- Haghighi HA, Pazuki ES, Hosseini AS, et al(2013). Depression, activities of daily living and quality of life in patients with stroke. *J Neurol Sci*, 328(1-2), 87-91.
- Hong IK, Choi JB, Lee JH(2012). Cortical changes after mental imagery training combined with electromyography-triggered electrical stimulation in patients with chronic stroke. *Stroke*, 43(9), 2506-2509.
- Kapadia NM, Nagai MK, Zivanovic V, et al(2014). Functional electrical stimulation therapy for recovery of reaching and grasping in severe chronic pediatric stroke patients. *J Child Neurol*, 29(4), 493-499.
- Kim H, Lee G, Song C(2014). Effect of functional electrical stimulation with mirror therapy on upper extremity motor function in poststroke patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 23(4), 655-661.
- Kim JH, Lee BH(2015). Mirror therapy combined with

- biofeedback functional electrical stimulation for motor recovery of upper extremities after stroke: a pilot randomized controlled trial. *Occup Ther Int*, 22(2), 51-60.
- Kim MY(1994). A Study of Manual Functional Test for C.V.A. *J Kor Soc Occu Ther*, 2(1), 19-26.
- Kojima K, Ikuno K, Morii Y, et al(2014). Feasibility study of a combined treatment of electromyography-triggered neuromuscular stimulation and mirror therapy in stroke patients: a randomized crossover trial. *Neurorehabil*, 34(2), 235-244.
- Mangold S, Schuster C, Keller T, et al(2009). Motor training of upper extremity with functional electrical stimulation in early stroke rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair*, 23(2), 184-190.
- Mathieson S, Parsons J, Kaplan MS(2014). Combining functional electrical stimulation with mirror therapy for the upper limb in people with stroke. *Crit Rev Phys Rehabil Med*, 26(1-2), 113-129.
- Michielsen ME, Selles RW, van der Geest JN, et al(2011). Motor recovery and cortical reorganization after mirror therapy in chronic stroke patients: a phase II randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*, 25(3), 223-233.
- Miyamoto S, Kondo T, Suzukamo Y, et al(2009). Reliability and validity of the manual function test in patients with stroke. *Am J Phys Med Rehabil*, 88(3), 247-255.
- Neville H, Bavelier D(2002). Human brain plasticity: evidence from sensory deprivation and altered language experience. *Prog Brain Res*, 138, 177-188.
- Orihuela-Espina F, Roldan GF, Sanchez-Villavicencio I, et al(2016). Robot training for hand motor recovery in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *J Hand Ther*, 29(1), 51-57.
- Ramachandran VS, Altschuler EL(2009). The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain*, 132(7), 1693-1710.
- Saito K, Yamaguchi T, Yoshida N, et al(2013). Combined effect of motor imagery and peripheral nerve electrical stimulation on the motor cortex. *Exp Brain Res*, 227(3), 333-342.
- Samuelkamaleshkumar S, Reethajanetsureka S, Pauljebaraj P, et al(2014). Mirror therapy enhances motor performance in the paretic upper limb after stroke: a pilot randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 95(11), 2000-2005.
- Sanford J, Moreland J, Swanson LR, et al(1993). Reliability of the Fugl-Meyer assessment for testing motor performance in patients following stroke. *Phys Ther*, 73(7), 447-454.
- Shah S, Vanclay F, Cooper B(1989). Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation. *J Clin Epidemiol*, 42(8), 703-709.
- Taub E, Uswatte G, Bowman MH, et al(2013). Constraint-induced movement therapy combined with conventional neurorehabilitation techniques in chronic stroke patients with plegic hands: a case series. *Arch Phys Med Rehabil*, 94(1), 86-94.
- Thoenen H(1995). Neurotrophins and neuronal plasticity. *Science*, 270(5236), 593-598.
- Thrasher TA, Zivanovic V, McLroy W, et al(2008). Rehabilitation of reaching and grasping function in severe hemiplegic patients using functional electrical stimulation therapy. *Neurorehabil Neural Repair*, 22(6), 706-714.
- Vafadar AK, Cote JN, Archambault PS(2015). Effectiveness of functional electrical stimulation in improving clinical outcomes in the upper arm following stroke: a systematic review and meta-analysis. *Biomed Res Int*, 2015, 1-14.
- Winstein CJ, Wolf SL, Dromerick AW, et al(2016). Effect of a task-oriented rehabilitation program on upper extremity recovery following motor stroke: the ICARE randomized clinical trial. *JAMA*, 315(6), 571-581.
- Wolf SL, Winstein CJ, Miller JP(2006). Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke. *JAMA*, 296(17), 2095-2104.
- Yavuzer G, Selles R, Sezer N, et al(2008). Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(3), 393-398.
- Yun GJ, Chun MH, Park JY, et al(2011). The synergic effects of mirror therapy and neuromuscular electrical stimulation for hand function in stroke patients. *Ann Rehabil Med*, 35(3), 316-321.