

일상생활 동작 중심 거울치료를 적용한 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복 -증례보고-

하치심¹, 최희진, 김현정, 손미남, 유동엽, 권보영, 김은경, 정민우

국민건강보험공단 일산병원 물리치료실¹, 국민건강보험공단 일산병원 작업치료실

The Effect of Mirror Therapy focused on Activities of daily living on Recovery of Upper Limb Function and Strength in Acute Hemiplegia after Stroke -Case Report-

Chi-Sim Ha¹, Hee-Jin Choi, Hyun-Jung Kim, Mi-Nam Son,
Dong-Yup Yoo, Bo-Young Kwon, Eun-Kyung Kim, Min-Woo Jung
Ilsan Hospital, Department of Occupational Therapy¹
Ilsan Hospital, Department of Physical Therapy

Background and Purpose The aim of this study was to determine the effect of Mirror therapy focused on activities of daily living on recovery of motor function of upper limb and on the changes of corticospinal excitability in acute hemiplegia after stroke. **Subjects and Methods** The 2 subjects(2 males) were patients with stroke. Subjects(onset <6 months, K-MMSE >24) received mirror therapy focused on activities of daily living for 30 minutes after each treatment, additionally with the traditional rehabilitation programs, 5 days per week for 4 weeks. Some activities of mirror therapy were selected with consideration for interests and experiences of the subjects. To measure the improvement of motor function of upper limb, we performed Fugl-Meyer assessment(FMA), manual function test(MFT), Jamar strength test and pinch force test for each sessions. And before and after the 4 weeks intervention, Motor Evoked Potential(MEP)s of the Abductor Digit Minimi(ADM) of affected upper limb were obtained by the repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) to investigate the changes of corticospinal excitability. **Results** The 2 subjects showed significant improvements in FMA, MFT, Jamar strength test and Pinch force test. One subject showed the response at the reassessment, compared to 'no response' at the initial assessment, although that is 'prolonged' latency and 'low' amplitude. The other showed increased MEP amplitude compared to initial assessment. **Conclusions** Mirror therapy focused on activities of daily living can be used as an adjuvant therapeutic technique by improving motor function of upper limb and facilitating of corticospinal excitability for acute hemiplegia. Further individual studies of mirror therapy focused on activities of daily living should be conducted in order to generalize the effects. **Key words** Stroke, Mirror Neuron System, Mirror Therapy, Activities of daily living

책임 저자 정민우(minwoo1981@hanmail.net)

논문 접수일 2013년 9월 10일

수정 접수일 2013년 9월 30일

게재 승인일 2013년 10월 15일

1. 서론

뇌졸중 환자의 55%에서 75%는 운동손상과(Jorgensen 등, 1995) 활동 시 마비측 손사용의 경험에 어려움을 가지며(Dobkin, 2005), 이러한 상지 기능장애는 전통적인 치료 후에도 학습된 비사용과 함께 계속적으로 관찰되므로(Page 등, 2002) 상지 기능 회복에 초점을 둔 프로그램이 뇌졸중 재활에 중요한 부분이 된다(Kang YJ 등, 2011).

전통적인 뇌졸중 재활 방법은 수동적인 강화와 훈련을 강조하였다. 그러나 활동제한이 심할 경우 신체적 훈련에 거부감을 가지게 되거나(Blanton & Wolf, 1999) 자신의 운동능력에 대한 인식 저하 역시 치료 참여 의지를 감소시키는 원인으로

로 작용할 수 있다(Hartman-Maeir 등, 2003). 따라서 뇌졸중 환자의 적극적인 치료 참여를 유도하여 마비측 사지의 기능회복을 촉진시키기 위해서 신체적 치료와 함께 참여 의지를 증진시킬 수 있는 적절한 인지적 중재가 필요하며(박상범과 김미현, 2005) 이에 맞추어 최근에는 상지 로봇 훈련, 가상환경기술(virtual environment technology, VET), 거울치료 등 운동 학습 이론(motor learning theory)에 기초한 치료법을 시도하고 있다(Krakauer, 2006).

Buccino와 Riggio(2006)에 따르면 운동 학습 이론의 기본적인 요소인 운동 학습에서는 활동을 관찰, 이해, 재인하여 운동을 상상하고 모방하는 단계까지의 인지적 운동과제를 수행하는 역할을 하는 거울신경 체계(mirror neuron system)가

활성화된다.

거울신경세포는 특정 동작을 관찰할 때와 또는 그와 같거나 비슷한 동작을 수행할 때에 동일하게 활성화되는 뇌 영역에 있는 세포들을 일컫으며, 거울신경 체계의 동작 투사영역들은 목표 지향적 행동을 위해 분산된 신경구조들을 동원하고, 이 목표 지향적 행동은 4가지 수준에서 동작을 규정하는 운동시스템의 수직 계층적 모형으로 설명된다: (1) 의도, 장기 동작 목표, (2) 목표 또는 의도를 파악하는 데 필요한 단기 물체 목표, (3) 운동학적 또는 시공간적 손과 팔의 움직임, (4) 그 목표를 실행하는데 필요한 근육 패턴(Grafton & Hamilton, 2007). 관찰된 동작을 위해 거울신경 체계는 운동학적 정보와 상황적 정보에 기초하여 배쪽 운동앞구역(ventral premotor area)에서 의도를 부호화 하고(Hamilton & Grafton, 2008), 손-물체 상호작용에 기초하여 입쪽 아래마루소엽(rostral inferior parietal lobule)에 목표를 지도화하는 것으로 보인다(Hamilton & Grafton, 2006).

Brass 등(2000)은 신경심리와 뇌영상을 분석한 여러 연구를 통해 관찰/실행 일치 체계(observation/execution matching system)의 신경학적 상관관계, 즉 관찰된 행동의 재인과 수행된 행동 사이에 직접적인 연관이 있으며 거울신경 체계가 관여한다는 모방 행동의 기전을 밝혔다. 거울신경 체계가 동작 이해와 모방에 관여한다는 연구들에 기초하여 최근 신경계 재활분야에서 시도되고 있는 동작관찰훈련은(Celnik 등, 2008; Page 등, 2001) 다른 사람이 수행하는 활동을 직접 혹은 영상을 통해 관찰하고 모방하여 실행하는 방법이다. 관찰/실행 일치체계가 운동학습 과정 없이 동작을 만들어내어 운동 모방에 관여하는 것이다(Buccino 등, 2004). 재활의 목적이 새로운 기술을 익히기 보다는 이전에 학습되어 있는 운동기술을 다시 획득하는 것이기 때문에(김종만 등, 2010) 재활에 동작관찰과 모방을 적용하면 운동 상상 및 운동 모방을 통해 이전의 경험들을 떠올리게 하고 실행과 결합하여 긍정적 효과를 얻을 수 있다는 것을 의미한다(Page 등, 2001). 거울신경 체계를 더욱 활성화시키는 요인들을 밝힌 연구들은 다음과 같다. 일반인과 특정 분야의 전문가를 대상으로 해당 직업 활동에 대한 영상을 보면서 거울신경 체계의 활성을 비교한 결과 전문가 집단의 거울신경 체계의 활성이 더 활발하게 나타났으며 이는 경험이 거울신경 체계에 영향을 준다는 것을 의미한다(Cross 등, 2006; D' Ausilio 등, 2006; Calvo-Merino 등, 2005 & 2006). 이외에도 동작이 물체와 관련되어 있을 때(Gallese 등, 1996), 단순한 동작 보다는 목표와 관련된 동작을 관찰할 때 더 강하게 활성화된다(Fogassi 등, 2005). 동작관찰훈련 또한 특히 손과 관련된 움직임 영역과 쥐기, 찢기, 잡기, 조작하기와 같은 능동적 움직임과 관련된 영역에서 더 활성화된다(Rizzolatti 등, 1988).

동작관찰훈련 이전에 거울신경 체계를 활용하여 운동기능

회복을 이끌어내는 치료법으로 대두되어 온 것이 거울치료이다(Altschuler 등, 1999; Sathian 등, 2000; Stevens & Stoykov, 2003). 거울치료는 본래 Ramachandran과 Rogers-Ramachandran(1996)에 의해 절단환자의 환상통 치료법으로 알려졌으며, 이를 뇌졸중 편마비 환자에게 적용하여 거울 뒤에 마비측 사지를 놓고 거울에 반영된 비마비측 사지를 보면서 움직이도록 하여 마비측 사지의 활동 능력이 향상되어 보이도록 시각적 착각을 발생시키고 마비측의 일차운동영역을 흥분시킨다는 사실을 확인해왔다. Garry 등(2005)은 정상인을 대상으로 한 연구에서 거울을 활용한 움직임은 손의 반영이 반대측 손과 연결되어 있는 뇌의 일차운동영역을 흥분시키는 것을 기능적 뇌 영상을 통해 밝혔다.

거울치료 효과의 기전은 명확히 밝혀지지 않았으나 공통된 두 가지 가설, 즉 일차운동피질과 거울신경세포 기전이 있다(Lamont 등, 2011). 첫 번째 가설은 거울치료 동안의 운동과 시각적 활동이 일차운동피질의 흥분성을 조절함으로써(Garry 등, 2005) 뇌졸중 후 운동회복에 중요한 문제인 뇌반구의 균형 정상화를 촉진한다는 주장이다(Dong 등, 2007). 뇌졸중 후의 뇌손상은 뇌량을 통한 전도를 억제하여 동측(마비측) 운동피질의 활성성을 감소시키고 반대측(비마비측) 운동피질을 과흥분시키지만(Liepert 등, 2000; Calautti 등, 2007) 거울치료를 적용하였을 때 동측 상지의 실제 움직임이 동측 일차운동피질을 활성화시키고 비마비측의 수행이 반영되어 거울에 보이는 움직임의 관찰이 반대측 일차운동피질을 활성화시킨다(Dohle 등, 2004; Ezendam 등, 2009; Garry 등, 2005). 이러한 일차운동피질 흥분성의 동시적 변화가 기능적 회복에 적합한 대뇌 피질 재조직화를 촉진한다(Ezendam 등, 2009). 특히 Cauraugh & Summers(2005)와 Summers 등(2007)은 양측 사지를 동시에 운동하는 것이 양쪽 대뇌반구 간의 상호작용과 과도한 억제 전도를 막아주는 역할을 하여 양측 사지를 동시에 운동시키는 거울치료가 더욱 효과적일 수 있다는 근거를 제시하였다(석 현 등, 2010). 두 번째 가설은 이마관자엽부위(frontotemporal region)와 위관자고랑(superior temporal gyrus)에 존재하여 행동 관찰이나 수행 시 활성화되는 양방향 신경세포(bimodal neurons)인 거울신경세포와 관련이 있다(Lamont 등, 2011). Kang YJ 등(2011)은 거울에 비친 손의 활동을 관찰함으로써 동측운동피질이 활성화되는 것을 경두개 자기 자극술(transcranial magnetic stimulation, TMS)을 이용하여 확인하였고 이는 거울 치료의 시각적 착시를 통해 거울신경 체계와 동측 뇌반구가 활성화되는 것을 의미한다. 또한 Altschuler 등(1999)은 거울을 통한 시각적 착시가 마비측 손의 감소된 고유수용성 정보를 대체하고 전운동피질의 회복을 돕는다고 주장하였다.

Fukumura 등(2007)은 거울치료의 3가지 전략을 설명하

표 1. 대상자 일반적 특성

대상자	성별	연령	진단	마비측	발병일	K-MMSE
1	남	54	우측 바닥핵 뇌경색	좌측	13.08.02	29
2	남	57	좌측 다리뇌 뇌경색	우측	13.06.23	30

였다. 첫째, 환자는 거울을 통해 비마비측의 움직임을 관찰, 모방하여 마비측을 능동적으로 움직인다. 둘째, 거울을 보면서 마비측을 고정하고 운동 상상을 통해 마비측 움직임을 머릿속으로 그린다. 셋째, 치료사가 수동적으로 마비측 움직임을 도와주며 거울에 반사된 비마비측과 동시에 움직인다.

현재까지의 선행연구는 급성 또는 만성 뇌졸중 환자에게 관절운동이나 도구를 활용한 거울치료를 진행하여 상지 운동기능 회복의 효과를 입증한 것이 대부분이고(Altschler 등, 1999; Sathian 등, 2000; Garry 등, 2005; 석 현 등, 2010; 우희순 등, 2011) 동작관찰훈련을 통한 상지 운동기능 회복의 효과를 입증한 연구가 있다(김종만 등, 2010; Ewan 등, 2010; Franceschini 등, 2010). 또한 이문규와 김종만(2011)은 뇌손상 이전의 의미 있는 운동경험에 기초하여 운동시스템이 이미 입력되었던 동작들을 사용함으로써 더 많은 이점을 가질 수 있다고 하였으며 조진우 등(2011)은 만성 뇌졸중 환자에게 목적 있는 활동 과제 동작을 적용한 동작관찰훈련을 통해 상지 운동기능의 향상을 확인하였다.

이와 같은 선행 연구들을 통해 거울치료와 동작관찰훈련을 통한 운동기능의 회복은 유의한 효과가 있음이 보고되었다. 그러나 임상적 적용을 위해서는 대상자의 이전 경험과 동기부여에 대한 고려와 함께 체계적인 과제 적용의 필요성이 제시되었다.

따라서 본 증례보고는 거울치료의 효과를 최대화 할 수 있는 과제 선정 방법으로 앞서 언급한 바에 따라 대상자의 경험, 물체와 관련된 목표 지향적 동작 과제를 선별하고 선행 연구에서 제한한 대상자의 기능 수준, 홍미(이희원과 전해선, 2012), 동기 등을 구체화하여 대상자에게 일상생활동작 중심의 거울치료 프로그램을 제공하였다. 발병 6개월 이내의 급성기 뇌졸중 환자에게 4주간 일상생활동작 중심의 거울치료 프로그램을 진행하고 치료 전과 후의 상지 운동기능을 평가, 분석함으로써 일상생활동작 중심의 거울치료가 작업치료 증재 유형의 한 전략으로서 뇌졸중 환자의 상지 운동기능 회복과 뇌운동 신경계의 재조직화에 기여하는지 파악하고자 하였다.

II. 연구계획

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 경기도 고양시 소재 I 종합병원에서 뇌졸

중으로 진단을 받고 본 연구의 취지를 이해하고 참여하겠다고 동의한 환자를 대상으로 하였다. 대상자는 거울치료 참여에 필요한 시지각 능력, 감각 기관 및 언어 이해 능력에 장애가 없고 2단계 이상의 명령 수행이 가능하여 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 자로 좌측 편마비 환자와 우측 편마비 환자 각각 1명씩 선정하였다(표 1).

제외 대상은 다음과 같다.

- 1) 치료 방법을 이해하지 못하거나 2단계 이상의 명령 수행이 불가능한 자
- 2) 실어증으로 의사소통에 어려움이 있는 자
- 3) 한국형 간이정신상태 판별 검사(Korean version of Mini-Mental Status Examination; K-MMSE) 24점 이하인 자
- 4) 마비측 상지 경직의 정도가 Modified Ashworth Scale (MAS) 3등급 이상인 자

2. 실험 도구

이 연구에서 두 대상자 모두 비마비측의 반영이 보일 수 있게 책상위에 수직으로 세워진 40×30 cm의 거울을 사용하여 대상자와 10 cm 떨어진 곳에 위치시켰으며, 대상자 체간 정렬을 유지하기 위해 정중선에서 마비측으로 12 cm 떨어진 곳에 위치시켰다. 마비측 상지를 가리기 위한 도구로 40×30×40 cm 검은색 나무판을 사용하였다.

3. 연구절차 및 과정

1) 연구 설계

일산시에 소재하고 있는 I 종합병원 작업치료실에서 작업치료사인 연구자에 의해 2013년 9월 5일에 캐나다 작업 수행 측정(Canadian Occupational Performance Measure; COPM), 여가 활동 평가(Interest checklist), Fugl-Meyer Assessment (FMA), 뇌졸중 상지 기능 검사(Manual Function Test; MFT), Jamar strength test(장악력 검사), Pinch force test를 초기검사로 시행하였으며 거울치료 연구 전, 후 환측 상지 근육의 활동에 변화가 있었는지를 확인하기 위한 Motor-Evoked Potential(MEP) 검사를 시행하였다.

2013년 9월 5일부터 10월 5일까지 주 5회, 4주 간 총 20회기 치료를 진행하였으며 1회기당 40분으로 10분간 핵심 조절점(key point) 정렬을 위한 자세설정(postural set)을 수

행하고 30분간 거울치료 프로그램으로 단일 관절 운동과 목적 지향적 일상생활동작을 수행하였다. 매 회기마다 프로그램 진행 후 상지기능검사(FMA, MFT, Jamar strength test, Pinch force test)를 시행하였다.

(1) 자세설정(postural set)

적절한 신체정렬과 안정성을 확보하기 위해 고정된 기저면 내에 발목과 엉덩 관절을 위치하여 무게중심을 유지하게 하고 지면과의 능동적인 상호작용이 일어날 수 있게 하였다. 이후 골반부의 지지면을 넓게 하여 몸통 정렬, 안전성 및 팔 뻗기 능력이 향상 될 수 있도록 하고 팔을 기능적으로 사용할 수 있게 하였다.

(2) 거울 치료 프로그램

본 연구에서 거울치료에 적용한 단일 관절 운동은 K. Fukumura가 제시한 단계별 손 활동 프로그램(K. Fukumura 등, 2007)을 수정, 보완하여 근위부에서 원위부에 이르는 12가지 동작을 구성하였다. 대상자에게 본 운동프로그램을 실시하기

위해 연구자는 대상자에게 각 동작을 설명하며 시범을 보이고 대상자는 치료사의 지시에 따라 실시하도록 하였다(표 2).

(3) 목적지향적 일상생활동작

본 연구에서 거울치료에 적용한 목적 지향적 일상생활동작은 5가지로, 대상자의 이전 직업을 고려하여 자주 경험하였던 행동 및 COPM, Interest check list 검사 결과 대상자가 흥미를 보였던 일상생활영역의 동작과 관련하여 해당 사물을 이용하여 구성하였다(표 2).

4. 연구 도구

1) 대상자 선정을 위한 평가도구

(1) Korean version of Mini-Mental Status Examination (K-MMSE)

K-MMSE는 전반적인 인지기능 장애를 검사하기 위해 널리 사용되는 임상도구이다. 세부 항목으로는 시간 및 장소 지남력, 기억 등록과 기억 회상, 주의 집중하여 순차적인 계산, 언어 기능과 이해 및 판단으로 구성되어 있다. 총점은 30점으로 19점

표 2. 실험설계

내 용			
1. 자세설정(postural set)			
1. 양 발바닥은 지면에 닿게 하여 편안한 자세를 취한다.			
2. 치료대의 가장자리에 둔부와 대퇴부 1/2 깊이로 걸터앉는다.			
3. 슬관절의 높이는 고관절의 높이보다 낮게 위치하도록 한다.			
4. 높이 조절이 가능한 치료대 위에 상지를 올려놓고 체간 정렬을 통해 팔을 기능적으로 사용할 수 있도록 한다.			
2. 단일 관절 운동			
아래팔	1	앞침	1. 관찰(observation) 10회
	2	뒤침	
손목	3	손목 굽힘	
	4	손목 펴기	
	5	자쪽 치우침	
	6	노쪽 치우침	
손	7	쥐기 / 놓기	2. 마비측 상상훈련 10회
	8	1th 손허리뼈 굽힘 / 펴기	
손가락	9	2th 손허리뼈 굽힘 / 펴기	3. 능동보조 관절가동범위(AAROM) 10회
	10	3th 손허리뼈 굽힘 / 펴기	
	11	4th 손허리뼈 굽힘 / 펴기	
	12	5th 손허리뼈 굽힘 / 펴기	
3. 목적지향적 일상생활동작			
1	휴지 뽑기	1. 관찰(observation) 10회	
2	책 페이지 넘기기	2. 마비 측 상상훈련 10회	
3	젖은 스펀지 짜기		
4	마우스 클릭하기	3. 능동보조 관절가동범위(AAROM) 10회	

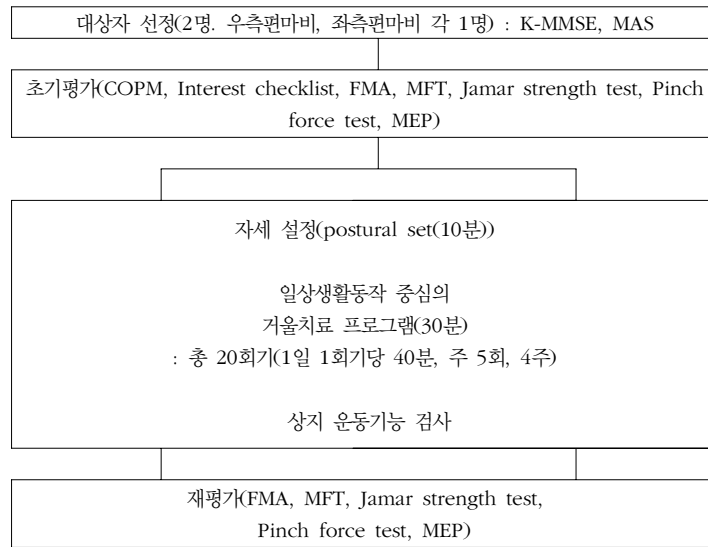


그림 1. 연구 절차 및 과정

이하를 확정된 치매, 20~23점을 치매 의심, 24점 이상을 정상으로 분류한다.

(2) Modified Ashworth Scale(MAS)

Modified Ashworth Scale(MAS)는 주관적 판단에 따른 근긴장도를 정량화 시키는 대표적인 방법으로서 이는 수동적인 관절운동에 따른 저항의 강도에 따라 근긴장도의 등급을 나누는 방법이다(Gregson 등, 1999).

2) 대상자의 흥미, 동기를 선별하기 위한 평가도구

(1) 캐나다 직업 수행 측정(Canadian Occupational Performance Measure; COPM)

COPM은 반구조화된 면담 형식으로, 환자의 직업수행(Occupational performance)을 반영하여 자조, 생산성, 여가 항목 내에서 개인이 선택한 특정 활동의 중요성과 현재 수행에 대한 만족도를 보기 위한 검사이다. 환자가 수행을 요구하거나 원하거나 기대하는 직업수행영역 내 활동을 결정하고 1점에서 10점까지 중요도를 매겨 우선순위를 정한 다음 1점에서 10점까지 수행도, 만족도를 점수화한다. 환자의 역할, 환경, 요구에 대한 지각을 바탕으로 작업적 수행 목표를 설정하기 때문에 환자가 치료적 과정과 목적 있는 과제 및 활동에의 참여도를 증진시켜주며 이는 클라이언트 중심의 작업치료를 실천하는데 사용할 수 있다(Law M 등, 1991).

(2) 여가 활동 평가(Interest checklist)

IC의 목적은 다음과 같다, ㉠ 80개 흥미의 강도 분류, ㉡ 흥미 없음, 보통의 흥미, 강한 흥미로의 흥미의 유형 분류, ㉢ 환자

의 개인 선호도 표현 가능 유무, ㉣ 환자의 선택사항 구별 가능 유무. 점수는 다섯 가지 범주로 나누어진다. 성인을 위해 제작되었으나 청소년부터 노인들에게 유용하게 사용될 수 있으며 UCLA의 Neuropsychiatric Institute에 있는 정신병 입원환자를 대상으로 최초로 평가되었다. 이 평가는 흥미 있는 작업을 발견하여 개인별로 치료 계획 설정에 사용할 수 있고, 각 개인의 역할, 활동의 유형, 능력에 대한 정보를 얻을 수 있다(Janice Matsutsuyu, 1969).

3) 운동유발전위검사(MEP)

경두개자기자극(Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation, rTMS)을 이용한 운동유발전위검사(motor evoked potential; MEP)는 대뇌 피질의 운동 중추를 직접 자극하여 사지 근육의 반응을 관찰하는 검사로 보다 직접적이고 객관적인 검사로써 이와 관련된 연구들이 활발히 진행되고 있다.

이번 연구에서는 피험자의 두피에 경두개 자기자극을 적용하여 환측 상지의 새끼 벌림근에서 발생하는 근전위를 측정하였다. 경두개 자기자극기는 Cadwell MES-10을 사용하였고, 직경 9 cm의 원형 코일을 대뇌 두정 중앙부에 위치시킨 상태에서 자극을 제공하였다. 기록 전극(활동 전극)은 환측 상지의 새끼 벌림근에 부착한 후 가장 낮은 강도의 자기 자극을 주기 시작하면서 가장 높은 새끼 벌림근의 활동전위가 유발되는 지점(hot spot)을 찾은 후 이 부위를 새끼 벌림근의 운동피질영역으로 간주하였다. 또한 이 부위에 자극을 가했을 시에 10회의 자극 중 0.5 mV 이상의 진폭이 5회 이상 유발되는 자극 강도의 평균값을 구하여 운동역치(Resting Motor Tremor, RMT)로 정하였다. 반복 경두개 자기자극의 강도는 운동역치의 120%로 하였다. 거울치료의 효과를 확인하기 위해서 자기 자

극을 주었을 때 발생하는 새끼 벌림근의 최대(peak-to-peak) 진폭과 중추운동신경전도시간(Central Motor Conduction Time, CMCT)을 비교값으로 사용하였다. 중추운동신경전도시간은 대뇌 운동 피질에 자기 자극을 제공한 시간부터 실제 활동 전위가 발생하는 시간까지인 잠복시간(latency)에서 척수 자극 시의 잠복시간을 감한 것으로써, MEP는 마비가 매우 심할 경우에는 반응을 보이지 않으며, 대부분의 환자군에서는 MEP의 잠복시간이 증가되고, 진폭은 감소한 형태로 발생하게 된다. 따라서 뇌졸중 환자에게서 자기 자극을 주었을 때 활동 전위의 진폭은 높을수록, 잠복 시간은 짧을수록 운동 기능의 회복이 좋다고 해석할 수 있다.

4) 상지 운동기능 검사 도구

(1) Fugl-Meyer Assessment(FMA)

FMA는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자를 대상으로 한 운동 손상의 양적인 측정을 하는 포괄적인 측정 도구 중의 하나이다. 뇌졸중 이후의 운동 기능, 균형, 감각, 관절가동범위, 통증을 측정하기 위해 고안되었다(Fugl-meyer 등, 1975). FMA 상지 검사의 점수는 총 66점을 만점으로 어깨/팔꿈치/아래팔 36점, 손목 10점, 손(손가락) 14점, 상지 협응 능력 6점으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 마비측의 측정값만 사용하였다(윤인진, 2013).

(2) 뇌졸중 상지 기능 검사(Manual Function Test)

MFT는 상지 기능의 회복과정과 일상생활동작에 있어 실용수준을 반영하고 객관적으로 평가하기 쉽게 고안하였다(채경주 등, 1997). 또한 뇌졸중 상지 기능 검사는 뇌졸중 환자의 조기 신경학적 회복의 시기에 있어서 상지운동기능의 경시적 변화를 측정, 기록하기 위한 평가이다(김미영, 1994). 총점 30점 만점에 상지 운동 4항목(16점), 파악 2항목(6점), 수지조작 2항목(8점)으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 마비측의 측정값만 사용하였다.

(3) 장악력 검사(Jamar strength test)

이 도구는 American Society of Hand Therapists(ASHT)가 표준화한 방법을 적용하였다. 손의 전반적인 근력을 측정하기 위해 악력계(JAMAR Hydraulic Hand Dynamometer)를 사용하였다. 측정 시 자세는 어깨관절은 모음, 팔꿈치관절은 굽힘, 아래팔은 중립, 손목관절은 편 상태를 유지하고 자족 치우침이 되도록 하며 본 연구에서는 3회 측정하여 평균을 산출하였다.

(4) Pinch force test

이 검사는 Pinch gauge를 사용하여 외측집기(lateral pinch),

손끝집기(tip pinch), 삼점집기(three-jaw pinch) 순으로 실시하며 본 연구에서는 3회 측정하여 평균을 산출하였다.

III. 연구결과

1. 거울치료에 따른 FMA 변화

일상생활 동작 중심의 거울치료를 적용한 훈련 결과, 대상자 1과 2 모두 어깨/팔꿈치/아래팔, 손목, 손(손가락) 항목에서 증가된 수행을 보였다. 상지 협응 영역에서는 두 대상자 모두 유의한 점수 향상은 없었다(표 3, 그림 2).

표 3. FMA 변화

대상자	항목	초기평가	재평가
대상자1	어깨/팔꿈치/아래팔	13	29
	손목	1	9
	손(손가락)	3	11
	상지협응능력	4	4
	총점	21	53
대상자2	어깨/팔꿈치/아래팔	21	32
	손목	5	9
	손(손가락)	6	11
	상지협응능력	4	4
	총점	36	56

2. 거울치료에 따른 MFT 변화

일상생활 동작 중심의 거울치료를 적용한 훈련 결과, 대상자 1과 2 모두 치료 전보다 치료 후 향상된 결과를 보였다(표 4, 그림 3).

표 4. MFT 변화

대상자	항목	초기평가	재평가
대상자1	상지운동	8	10
	파악	1	6
	수지조작	0	2
	총점	9	18
대상자2	상지운동	8	15
	파악	2	6
	수지조작	0	3
	총점	10	24

3. 거울치료에 따른 Hand power 변화

일상생활 동작 중심의 거울치료를 적용한 훈련 결과, 대상자 1

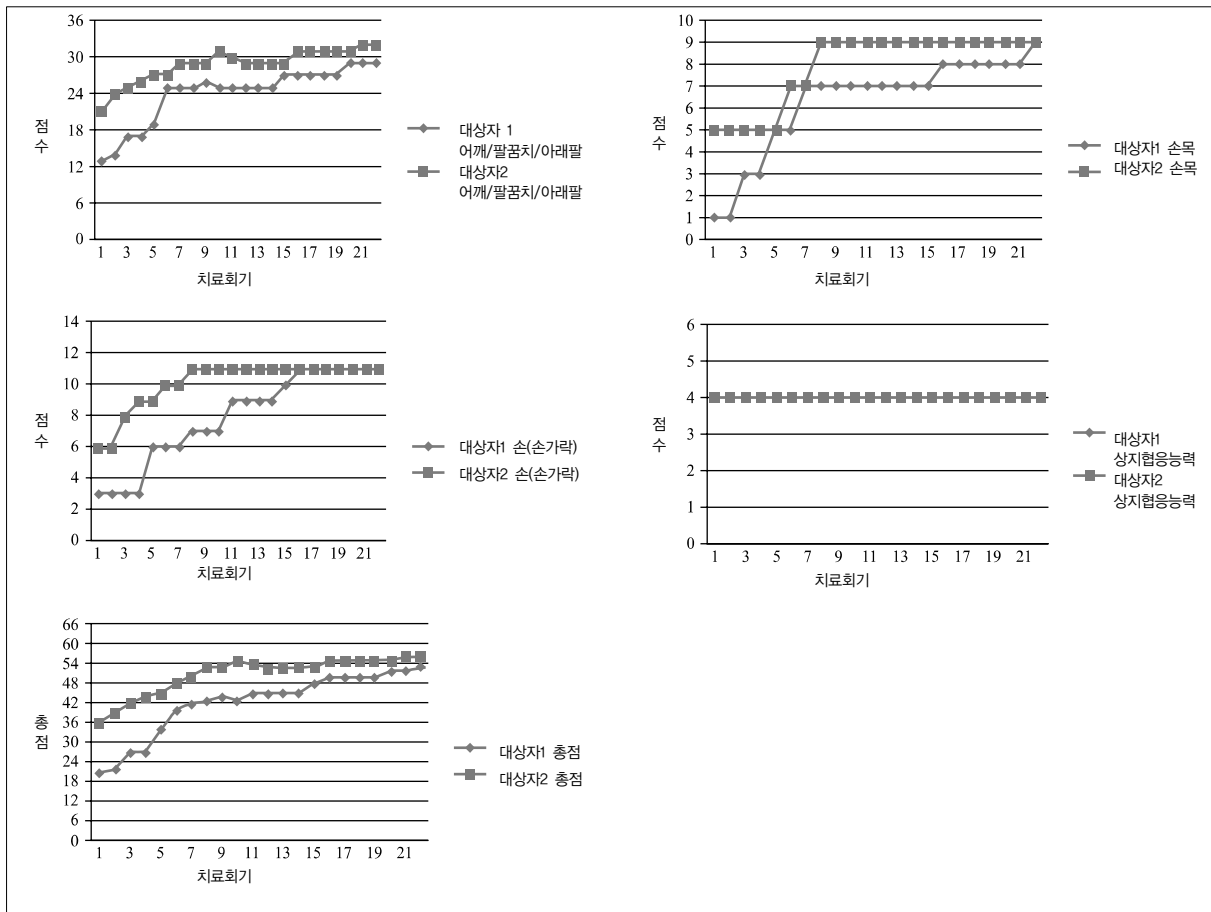


그림 2. FMA 변화

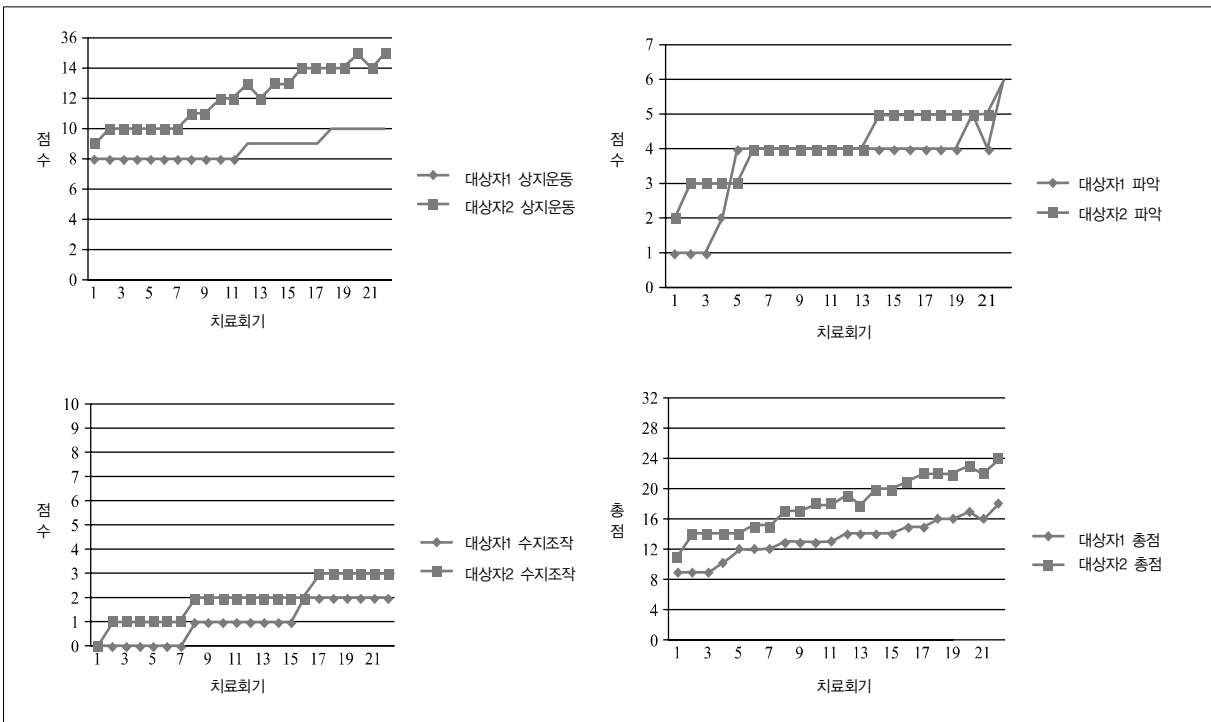


그림 3. MFT 변화

과 2 모두 치료 전보다 치료 후에서 장악력과 함께 외측집기, 손끝집기, 삼점집기 등 집기 힘의 향상을 보였다(표 5, 그림 4).

표 5. Hand power 변화

대상자	항목	초기평가	재평가
대상자1	Grip	3.3	10
	Lateral pinch	0.5	2
	Tip pinch	0	1
	3-jaw	0	1.5
대상자2	Grip	0	8
	Lateral pinch	0	3
	Tip pinch	0	2
	3-jaw	0	2.5

4. 거울치료에 따른 MEP 변화

대상자 1의 경우, Rt. cortex에 rTMS를 적용하여 Lt. ADM (환측)의 운동유발전위 진폭을 측정된 결과 초기 평가에서는 반응을 보이지 않았으나 4주 후 재평가 시에는 0.25 mV로 나타났으며, 잠복기(latency=중추전도시간 CCT) 역시 초기 평가에서 반응을 보이지 않았으나 재평가 시에는 25.38 ms로 나타났다(표 6, 그림 5).

표 6. 대상자 1의 MEP 변화

	치료 전(9.10)	치료 후(10.11)
Latency(ms)	No Response	25.38
Significance	-	Prolonged
Amplitude(mV)/M-wave	0/5.55=0	0.25/4.60=0.06
Significance	Low	Low

(Stimulation: Rt. cortex, Recoding: Lt.ADM)

대상자 2의 경우, Lt. cortex에 rTMS를 적용하여 Rt. ADM(환측)의 운동유발전위 진폭을 측정된 결과 초기 평가에서는 0.62 mV로 나타났으나 4주 후 재평가 시에는 2.11 mV로 약 1.49 mV 상승하였다. 잠복기의 경우 초기 평가 시 24.36 ms에서 23.41 ms로 약 0.59 ms 잠복기 시간이 감소한 것으로 나타났다(표 7, 그림 6).

표 7. 대상자 2의 MEP 변화

	치료 전(9.11)	치료 후(10.17)
Latency(ms)	24.36	23.41
Significance	acceptable	acceptable
Amplitude(mV)/M-wave	0.65/8.38=0.07	2.11/2.87=0.74
Significance	Low	Normal

(Stimulation: Lt. cortex, Recoding: Rt.ADM)

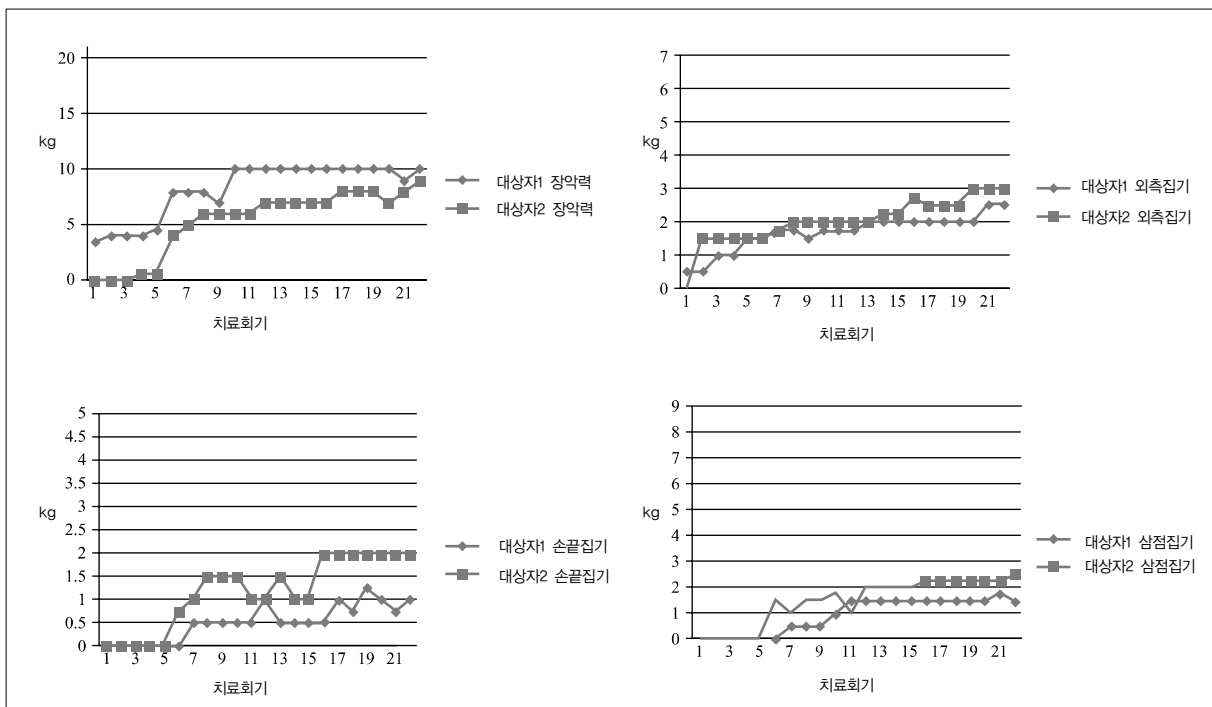


그림 4. Hand power 변화

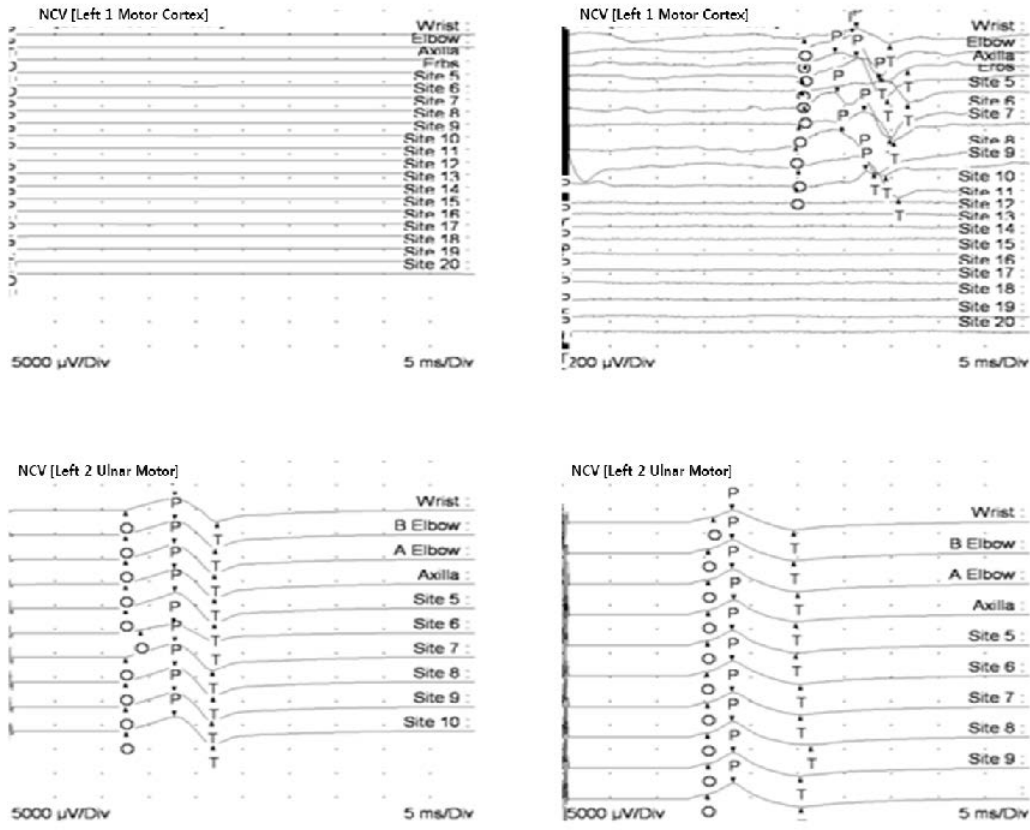


그림 5. 대상자 1의 MEP 변화

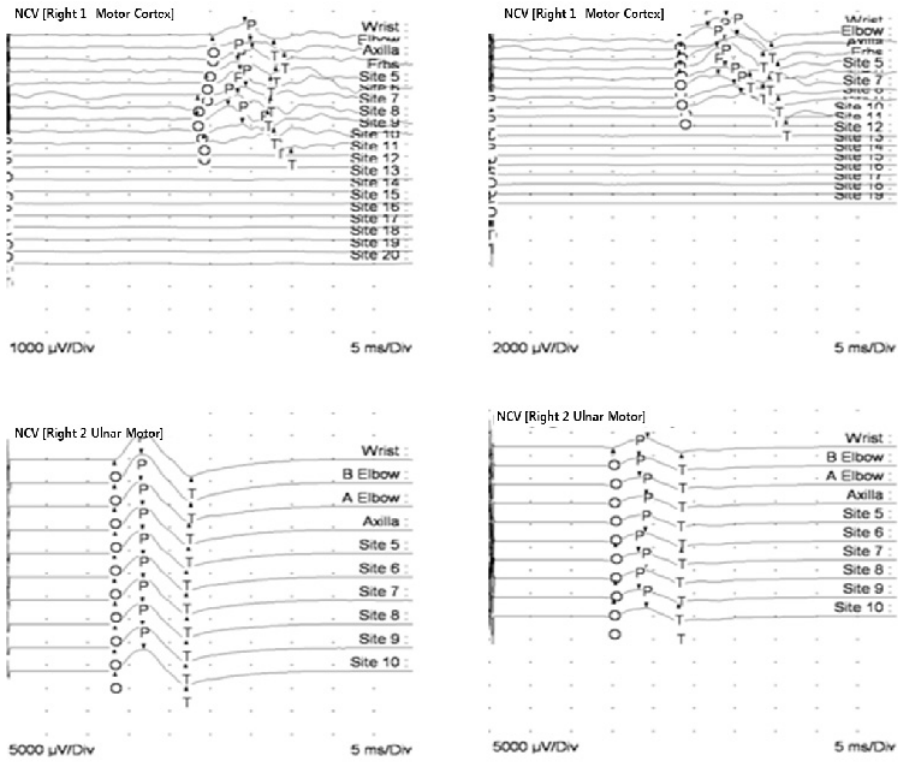


그림 6. 대상자 2의 MEP 변화

IV. 고찰

뇌졸중의 가장 흔한 운동 결손 중 하나는 상지 부전 마비이며 이로 인해 많은 기능적 제한이 발생한다. 뇌졸중 후 기능적 회복은 능동적인 재학습과정과 자발적 회복과정이 복합적으로 작용하여 발생한다는 사실들이 여러 연구에서 입증되고 있다(Nudo, 2006; Rossi 등, 2002). 최근의 뇌졸중 재활방법들은 여러 가지 훈련방법을 통해 손상 받지 않은 뇌의 기능 회복과 신경구조물들의 적응적 가역성이 발생하도록 하는 데 중점을 두고(Johansson, 2011), 향상시키고자 하는 운동기술에 특이적인 훈련을 반복적으로 연습시킨다.

그러나 운동 능력이 심하게 손상된 환자들은 이러한 훈련 참여에 제한이 있으며 경험 의존적 신경가역성을 위한 감각 및 운동 입력을 제공받는 것이 어려워진다. 이러한 제한점을 극복하고자 거울신경 체계에 근거한 동작관찰훈련이 최근 제안되고 있으며(김종만, 2011), 거울치료 역시 이러한 맥락에서 재활분야에서 시도되고 있다. 거울신경 체계에 기반을 둔, 뇌졸중 후 운동 기능 회복을 위한 재활방법들은 동작관찰, 동작상상, 동작 실행 조건이 결합되어 결과적으로 모방이 이뤄지는 것으로 간주한다. 뇌졸중 회복을 증진하기 위해 가상현실 중재를 사용하는 것이 모방의 한 형태로 거울신경 체계를 참여시킨다는 것은 흥미로우며, 관찰된 동작을 실제로 실행하는 데 관여하는 운동 회로를 강화시킴으로써 부분적인 움직임의 가지 있게 만들 수 있다(Holden, 2005).

거울신경세포와 관련된 연구에서 대뇌의 운동영역들은 동작이 실제로 일어나거나 관찰만 하여도 활성화된다는 근거를 보고하였고(Jeanerod, 2001; Pooro 등, 1996), 이 사실의 근거로 원숭이가 먹이를 집을 수 없었음에도 연구원이 먹이통을 집어 들자 직접 먹이를 잡아챌 때 반응했던 뉴런이 같은 반응을 보였다는 보고를 들 수 있다. 인간에게서도 전두엽 부분에서 비슷한 작용이 확인되었다. 이것은 우리의 뇌가 직접 실행을 하지 않고도 상대방의 동작을 재현하는 회로인 거울신경 체계(mirror neuron system)의 발견에 기초하고 있다(Gallese 등, 1996; Rizzolatti 등, 1996). 여러 뇌 영상 연구에서 거울신경 체계는 모방에 관여한다는 것을 입증하였다(Buccino 등, 2004; Molenberghs, Cunnington, & Mattingley, 2009; Rizzolatti 등, 2009).

이러한 거울신경 체계를 바탕으로 한 거울치료는 뇌졸중 환자에게 비마비측 사지를 움직이도록 하여 거울에 반영된 사지의 움직임을 마비측 사지가 대칭적으로 움직이는 것처럼 인식하는 시각적 착시를 이용하는 것이다(Johnson-Frey, 2004; Stevens & Stoykov, 2003). 거울을 통해 시각적 피드백이 제공되면 소실되거나 감소된 고유수용성 감각이 전 운동피질(pre-motor cortex)영역을 활성화시켜 정상적인 움직임을 유

도하며, 뇌가소성을 위한 신경학적 메커니즘이 된다(Altschuler 등, 1999; Muellbacher 등, 2001; Yavuzer 등, 2008). 거울 신경 체계에 관여하는 신경영역들이 손상되지 않은 사람들은 관찰/실행 일치 가능성이 높기 때문에 운동시스템을 직접 또는 간접적으로 동원시킬 수 있다(이문규, 2011). 현재 거울신경 체계에 기반을 둔 동작관찰훈련은 새로운 재활 접근법으로 제안되어 다양한 환자군에게 적용되고 있고, 거울 치료 역시 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구가 최근 국내외에서 강조되고 있는 추세이다. 그러나 그 동안의 거울치료 프로그램은 관절의 능동적인 움직임을 바탕으로 한 근력 증진활동 및 치료적 도구를 사용한 활동이 대부분이었으며 최근 진행된 뇌졸중 환자의 상지 재활과 관련한 동작관찰훈련의 연구에서 거울신경 체계의 활성화에 경험, 동작, 목표관련 동작들이 영향을 준다는 보고를 바탕으로 이와 관련한 일상생활 동작을 활용한 연구가 진행된 바 있다(이문규, 2011). 그러나 이 또한 환자 개인의 경험이나 흥미 등을 고려한 동작을 활용한 프로그램의 구성은 아니었다. 이에 지금까지의 거울치료프로그램은 임상 적용을 하기에 있어 대상자 선정, 대상자 특성, 중재 방법 등의 구체화와 함께 개인의 흥미와 동기와 관련한 제한점 등이 언급되어 왔다.

따라서 본 연구는 뇌졸중 환자에게 거울치료프로그램을 제공하는 데 있어 환자의 요구, 흥미, 이전 작업 경험 등을 고려한 일상생활 동작을 중점적으로 훈련을 실시하고 치료 전, 후 상지의 기능 변화를 살펴봄으로써 이러한 일상생활동작 위주의 거울치료프로그램의 임상 적용 가능성 및 효과를 제시하고자 하였다. 또한 추후 뇌졸중 환자의 체계화된 거울치료프로그램 개발 및 적용을 위한 근거 자료로 사용하고자 하였다.

연구 결과 어깨, 팔꿈치, 아래팔 등 상지에서 치료 전과 후 25% 이상, 손(손가락)의 영역에서 80% 이상의 점수 폭이 증가되어 상지의 능동 관절가동 범위와 장악력에서 괄목할 만한 결과를 보였다. 그러나 상지 협응 영역에서는 치료 전과 후의 점수 폭의 변화를 기대하기 어려웠다. 이는 일상생활 동작 위주의 거울 프로그램이 모두 상지 원위부의 움직임을 중점적으로 구성되었기에 어깨, 팔꿈치, 아래팔 등에 비해 손과 손가락 영역의 점수 향상 폭이 큰 것으로 생각된다. 또한 동작의 단일 활동이 복합 근육 집단의 협응을 요구하기 보다는 움직임 유발 횟수 증가를 위한 것으로 계획되었기에 협응 영역 향상보다 능동 관절가동범위 및 손의 악력 증가가 두드러진 것으로 예측해 볼 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 대상자가 급성기 환자로 자연회복에 의한 운동기능 향상을 배제할 수 없다는 점, 대조군이 없어 거울치료 이외의 포괄적 재활치료 효과와의 구분이 어려운 점, 일상생활동작 위주의 기능적 활동으로 구성된 거울치료 프로그램이 관절운동 및 도구 사용 동작 위주의 프로그램에 대해 가지는 효용성에 대한 비교가 어려운 점 등을 들 수 있다. 그러

나 4주간의 짧은 치료 기간 동안 팔목할만한 상지의 근력 및 기능 향상을 보인 점은 일상생활 동작 위주의 거울치료 프로그램의 중요한 기여가 있었을 것으로 추측된다.

추후 본 연구를 확장하여 목적 있는 기능적 활동 위주의 거울치료 프로그램과 관절 운동 중심 프로그램간의 비교 연구를 통해 일상생활 동작 위주의 치료 프로그램에 대한 보다 객관적인 근거를 확보해야 할 것으로 생각된다. 또한 일상생활 동작 구성에 있어서 환자의 작업경험, 요구도, 흥미 등을 반영함으로써 이러한 개개인의 특성이 미치는 영향을 살펴보고 이를 바탕으로 한 개별화된 거울치료 프로그램 개발에 대한 후향연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구는 일상생활 동작을 중심으로 한 거울치료프로그램이 뇌졸중 환자의 상지 기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 뇌졸중으로 진단받은 편마비 남성 환자 2명을 대상으로 20회기에 걸친 거울치료프로그램 매일 40분씩 적용하였고, 대상자의 상지 기능은 매회기마다 4가지의 상지 운동 기능 검사를 통해 평가되었다. 그 결과, 4주간의 일상생활 동작 중심의 거울치료가 뇌졸중 환자의 마비측 상지 기능 회복을 촉진 시켰음을 확인할 수 있었다. 특히 운동유발전위 검사 결과, 단순히 상지 자체의 기능뿐만 아니라 보다 고위 중추인 대뇌 운동 피질의 활성화에 도움을 주었음을 알 수 있었다. 본 연구의 의의는 뇌졸중 환자에게 거울치료를 적용함에 있어 기존 연구들과 차별화하여 개인의 요구와 경험을 반영한 일상생활 동작 위주의 거울 치료 프로그램을 제시한 데 있다. 본 연구를 바탕으로 보다 환자 개개인에 맞는 따른 체계화된 치료 프로토콜 개발이 있어야 할 것이다.

참고문헌

1. 강연욱, 나덕렬, 한승혜. 치매환자들을 대상으로 한 K-MMSE의 타당도 연구. 대한신경과학회지. 1997;15(2):300-308.
2. 김미영. 뇌졸중 상지기능 평가에 대한 고찰. 대한작업치료학회지. 1994;2(1):19-26.
3. 김성민, 서상덕, 이준 등. 허혈성 뇌졸중 환자에서 Magnetic Stimulation에 의한 운동유발전위 반응. 영남의대학술지. 1997;11(2):1-2.
4. 김영운. 확장텐서영상의 tractography 프로그램 구현에 관한 연구. 연세대학교 대학원. 석사학위논문. 2005;18-21.
5. 김종만, 양병일, 이문규. 동작관찰훈련이 뇌졸중 환자의 손 조작능력에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2010;

- 17(2):17-24.
6. 박상범, 김미현. 뇌졸중 환자의 재활을 위한 인지적 중재전략으로서의 운동심상과 활동관찰. 한국특수체육학회지. 2005;13(2):109-120.
7. 석 현, 김상현, 장이욱, 등. 뇌졸중 후 편마비에서 상지 기능과 근력 회복에 대한 거울치료의 효과. 대한재활의학회지. 2010;34(5):508-512.
8. 손은교, 이재신. COPM. 개정3판. 서울. 도서출판 정담. 2001;6-7.
9. 우희순, 장기연, 박우권. 거울치료가 만성 뇌졸중 환자의 손 기능 회복에 미치는 영향. 대한작업치료학회지. 2011;19(1):93-103.
10. 윤인진, 박미정, 김두리 등. 거울치료가 급성기 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복에 미치는 영향. 대한인지재활학회지. 2013;2(1):63-64.
11. 이문규. 만성뇌졸중환자에서 동작관찰이 거울신경세포 활성화와 상지기능에 미치는 영향. 서남대학교 대학원 박사학위논문. 2011.
12. 이문규, 김종만. 거울신경세포시스템과 동작관찰훈련: 뇌졸중 재활에 주는 의미. 2011;1(1):51-62.
13. 이주능. 신경 발달 치료가 뇌졸중 환자의 상지 기능 향상에 미치는 영향. 연세대학교 대학원. 석사학위논문. 2003;10.
14. 이희원, 전혜선. 거울치료가 뇌졸중 환자의 운동기능 회복에 미치는 영향: 메타분석. 한국전문물리치료학회지. 2012; 19(2):48-58.
15. 조진우, 방요순, 방주희, 등. 동작관찰훈련이 만성 뇌졸중 환자의 상지 기능에 미치는 영향. 대한작업치료학회지. 2011; 19(4):15-24.
16. 채경주, 이한석. 뇌졸중 상지기능 평가(Manual Function Test)의 정상인 표준치에 관한 연구. 대한작업치료학회지. 1997;5(1):52-57.
17. 황병용. 보바스 개념 이론과 임상. 1판. 서울. 범문에듀케이션. 2001;38-39.
18. Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L, et al. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. THE LANCET. 1999;353:2035-2036.
19. Blanton S, Wolf SL. An application of upper-extremity constraint-induced movement therapy in a patient with subacute stroke. Phys Ther. 1999;79(9):847-853.
20. Brass M, Bekkering H, Wohlschläger A, et al. Compatibility between observed and executed finger movements: comparing symbolic, spatial and imitative cues. Brain and Cognition. 2000;44:124-143.
21. Buccino G, Riggio L. The role of the mirror neuron system in motor learning. Kinesiology. 2006;38(1):5-15.

22. Buccino G, Vogt S, Ritzl A, et al. Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: An event related fMRI study *Neuron*. 2004;42(2):323-334.
23. Calautti C, Naccarato M, Jones PS, et al. The relationship between motor deficit and hemisphere activation balance after stroke: a 3T fMRI study. *Neuroimage*. 2007;34:322-331.
24. Calvo-Merino B, Glaser D, Grezes J, et al. Action observation and acquired motor skills: An fMRI study with expert dancers. *Cereb Cortex*. 2005;15(8):1243-1249.
25. Calvo-Merino B, Grezes J, Glaser D, et al. Seeing of doing? Influence of visual and motor familiarity in action observation. *Curr Biol*. 2006;16(19):1905-1910.
26. Cauraugh JH, Summers JJ. Neural plasticity and bilateral movements: a rehabilitation approach for chronic stroke. *Prog Neurobiol*. 2005;75:309-320.
27. Celnik P, Webster B, Glasser DM, et al. Effects of action observation on physical training after stroke. *Stroke*. 2008;39(6):1814-1820.
28. Cross ES, Hamilton AF, Grafton ST. Building a motor simulation de novo: Observation of dance by dancers. *NeuroImage*. 2006;31(3):1257-1267.
29. Di Pellegrino G, Fadiga L, Fogassi L, et al. Understanding motor events: A neurophysiological study. *Experimental Brain Research*. 1992;91:176-180.
30. Dobkin BH. Rehabilitation after stroke. *N Engl J Med*. 2005;352:1677-1684.
31. Dohle C, Kleiser R, Seitz RJ, et al. Body scheme gates visual processing. *Journal of Neurophysiology*. 2004; 91:2376-2379.
32. Dong Y, Winstein CJ, Albistegui-DuBois R, et al. Evolution of FMRI activation in the perilesional primary motor cortex and cerebellum with rehabilitation training-related motor gains after stroke: a pilot study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2007;21(5): 412-428.
33. Ewan LM, Kinmond K, Holmes PS. An observation-based intervention for stroke rehabilitation: Experiences of eight individuals affected by stroke. *Disabil Rehabil*. 2010; 32(25):2097-2106.
34. Ezendam D, Bongers RM, Jannink MJ. Systematic review of the effectiveness of mirror therapy in upper extremity function. *Disability and Rehabilitation*. 2009;31(26): 2135-2149.
35. Fogassi L, Ferrari PF, Gesierich B, et al. Parietal lobe: From action organization to intention understanding. *Science*. 2005;308(5722):662-667.
36. Franceschini M, Agosti M, Cantagallo A, et al. Mirror neurons: Action observation treatment as a tool in stroke rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010;46(4): 517-523.
37. Fugl-meyer, Jaasko L, Leyman et al. A method for evaluation of physical performance. *scandinavian journal of rehabilitation medicine*. 1975;7(1):13-31.
38. Fukumura K, Sugawara K, Tanabe S, et al. Influence of mirror therapy on human motor cortex. *The International Journal of Neuroscience*. 2007;117(7): 1039-1048.
39. Gallese V, Fadiga L, Fogassi L, et al, Action recognition in the premotor cortex, *Brain*, 1996;119(Pt2):593-609.
40. Garry MI, Loftus A, Summers JJ. Mirror, mirror in the wall: viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability. *Experimental Brain and Research*. 2005;163(1):118-122.
41. Grafton ST, Hamilton AF. Evidence for a distributed hierarchy of action representation in the brain. *Hum Mov Sci*. 2007;26(4):590-616.
42. Hamilton AF, Grafton ST. Action outcomes are represented in human inferior frontoparietal cortex. *Cereb Cortex*. 2008;18(5):1160-1168.
43. Hamilton AF, Grafton ST. Goal representation in human anterior intraparietal sulcus. *J Neurosci*. 2006;26(4): 1133-1137.
44. Hartman-Maeir A, Soroker N, Oman SD, et al. Awareness of disabilities in stroke rehabilitation-a clinical trial. *Disabil Rehabil*. 2003;25(1):35-44.
45. Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: Review. *Cyberpsychol rehav*. 2005;8(3): 187-211.
46. Hu XL, Tong KY, Song R, et al. A comparison between electromyography-driven robot and passive motion device on wrist rehabilitation for chronic stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009;23(8):837-846.
47. Jeannerod M. Neural simulation of action: A unifying mechanism for motor cognition, *Neuroimage*. 2001;14(1Pt2):S103-109.
48. Johansson BB. Current trends in stroke rehabilitation. A review with focus on brain plasticity. *Acta neurologica Scandinavica*. 2011;123(3):147-159.

49. Johnson-Frey SH. The neural bases of complex tool use in humans. *TRENDS in Cognitive Sciences* 2004; 8(2):71-78.
50. Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, et al. Outcome and time course of recovery in stroke, Part II: time course of recovery. *The Copenhagen Stroke Study. Arch Phys Med Rehabil* 1995;76(5):406-412.
51. Kang YJ, Ku JH, Kim HJ, et al. Facilitation of corticospinal excitability according to motor imagery and mirror therapy in healthy subjects and stroke patients. *Ann Rehabil Med* 2011;35:747-758.
52. Krakauer JW. Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Curr Opin Neurol* 2006;19:84-90.
53. Lamont K, Chin M, Kogan M. Mirror box therapy: seeing is believing. *Explore (New York, N.Y.)*. 2011; 7(6):369-372.
54. Liepert J, Hamzei F, Weiller C. Motor cortex disinhibition of the unaffected hemisphere after acute stroke. *Muscle Nerve* 2000;23:1761-1763.
55. Page SJ, Levine P, Sisto S, et al. A randomized efficacy and feasibility study of imagery in acute stroke. *Clin Rehabil*. 2001;15(3):233-240.
56. Page SJ, Sisto SA, Levine P. Modified constraint induced therapy in chronic stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 2002;81:870-875.
57. Porro CA, Francescato MP, Cettolo V, et al. Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neuroscience*. 1996; 16:7688-7698.
58. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Royal Society*. 1996;263(1369):377-386.
59. Rizzolatti G, Camarda R, Fogassi L, et al. Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. II. Area F5 and the control of distal movements. *Exp Brain Res*. 1988;71(3):491-507.
60. Rizzolatti G, Fabbri-Destro M, Cattaneo L. Mirror neurons and their clinical relevance. *Nat Clin Pract Neurol*. 2009;5(1):24-34.
61. Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, et al. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Brain Res Cogn Brain Res*. 1996a;3(2):131-141.
62. Molenberghs P, Cunnington R, Mattingley JB. Is the mirror neuron system involved in imitation? A short review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2009;33:975-980.
63. Muellbacher W, Ziemann U, Boroojerdi B, et al. Role of the human motor cortex in rapid motor learning. *Experimental Brain Research*. 2001;137(1):431-438.
64. Nudo RJ. Mechanisms for recovery of motor function following cortical damage. *Curr Opin Neurobiol*. 2006;16(6):638-644.
65. Sathian K, Greenspan AI, Wolf SL. Doing it with mirrors: A case study of a novel approach to neurorehabilitation. *Neurorehabilitation Neural Repair*. 2000;14(1):73-76.
66. Stevens JA, Stoykov PME. Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*. 2003;84(7):1090-1092.
67. Summers JJ, Kagerer FA, Garry MI, et al. Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: A TMS study. *J Neurol Sci* 2007;252:76-82.
68. Yavuzer G, Selles R, Sezer N, et al. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89(3):393-398.

