

뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울치료의 효과와 신경학적 기전

김영조*

*연세대학교 작업치료학과 대학원

국문초록

본 연구에서는 거울치료가 뇌졸중 환자의 상지 운동기능 향상에 미치는 효과를 문헌고찰을 통해 알아보고 임상적 효용성을 확인하고자 하였다. 또한, 그간 밝혀진 정보를 종합하여 거울치료를 통해 발생하는 증재효과를 분석하고 거울치료의 신경학적 기전을 알아보하고자 하였다.

거울치료는 뇌졸중 환자들의 손과 팔의 운동기능을 향상시키고, 일상생활 수행기능회복과 통증경감에 효과가 있다. 하지만 시각 무시에 대해서는 효과를 입증할 수 있는 근거가 아직 분명치 않다.

거울치료는 전운동영역의 신경학적 회복을 유도한다. 전운동영역은 운동 조절의 핵심적인 역할을 하는 부위로서 거울치료에 의해 활성화되면 손상된 일차운동영역의 활성도를 증가시켜 기능회복을 유발한다. 일차운동영역이 완전히 손상된 경우에는 신경 재조직화를 통해 일차운동영역의 기능을 전운동영역이나 보완운동영역이 대체하여 수행한다.

선행연구의 고찰 결과, 거울치료의 효과나 이에 대한 신경학적인 원인에 대한 증거가 아직 부족한 실정이었다. 거울치료의 효과와 신경학적 기전이 명확히 규명된다면 거울치료는 임상에서 보다 효용성 있는 치료로서 구축될 것이라 사료된다.

주제어 : 가소성, 거울신경체계, 거울치료, 상지기능

I. 서론

뇌졸중은 국내 전체 사망원인 2위에 해당하는 심각한 질환이다(통계청, 2011). 발병 후에는 운동장애, 지각장애, 언어장애, 감각장애 등과 같은 다양한 장애를 유발하고, 3명 중 2명은 편마비로 인한 상지의

운동기능 손상을 경험한다(Kim, Stewart, Shin, & Yoon, 2004; Kwakkel & Kollen, 2007; Rostami, Arefi, & Tabatabaei, 2013). 상지의 운동기능 장애는 환자가 일상생활을 수행하는데 불편함을 유발하는 가장 큰 문제점으로 대두되며, 이러한 문제를 해결하기 위해 뇌졸중 환자의 재활연구는 주로 상지의 운동

교신저자 : 김영조(geraldykim@nate.com)

|| 접수일: 2013. 6. 5 || 심사일: 2013. 6. 15

|| 게재승인일: 2013. 6. 30

기능 회복에 집중되고 있다(Nelles, Jentzen, Jueptner, Muller, & Diener, 2001).

뇌졸중 환자의 상지기능을 회복하기 위해 다양한 방법이 제시되어 왔는데, 그 중 거울치료는 뇌의 재조직화를 유도하여 환자의 상지 운동기능을 회복시키는 비교적 새로운 방식의 치료법이다(권용현과 박지원, 2006; Thieme et al., 2013). 거울치료의 기본 원리는 거울 속 투사체를 이용한 시각 자극을 통해 환자의 상상 훈련을 유도하는 것이다(Radajewska et al., 2013). 이 치료법은 본래 Ramachandran과 Rogers-Ramachandran(1996)에 의해 개발되어 손절단 환자의 환상통(phantom pain) 치료에 사용되었는데 이후, Altschuler 등(1999)이 거울치료를 뇌졸중 환자의 재활에 사용하기 시작하였다.

현재는 뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울치료의 효과를 규명하는 연구가 활발히 진행되고 있는데, 이는 문헌검색을 통해 쉽게 확인할 수 있다. 2013년 6월 Pubmed에서 mirror therapy를 키워드로 검색한 결과, 총 61편의 논문 중 86.9%(53편)가 최근 10년 사이에 연구된 논문이었으며, 그 중 21.3%(13편)는 2013년 1월부터 6월까지 6개월 사이에 작성되었다.

문헌 검색에서 알 수 있듯이, 최근 들어 거울치료 연구가 다시 재조명받고 있는 이유는 바로 거울치료가 간단한 절차와 방법 덕분에 임상 환경에서 쉽게 적용할 수 있음에도 불구하고, 뇌졸중 환자들을 대상으로 한 효과나 기전이 아직 명확히 밝혀지지 않았기 때문이다.

문헌 검색에서 알 수 있듯이, 거울치료에 대한 연구는 최근 들어 다시 재조명받고 있다. 이는 거울치료가 간단한 절차와 방법 덕분에 임상 환경에서 쉽고 빈번하게 적용되는 것에 비해, 뇌졸중 환자들을 대상으로 한 치료효과나 기전이 아직 명확히 밝혀지지 않았기 때문이다.

2013년에 시행된 Thieme, Mehrholz, Pohl, Behrens와 Dohle(2013)등의 연구에서는 뇌졸중 환자에게 거울치료를 적용한 14편의 연구를 분석하여 치료효과를 규명하였다. 그 결과, 거울치료는 뇌졸중 환자의 운동기능 회복, 일상생활 수행기능 향상, 통증감소에

긍정적인 영향을 끼치지만, 시각 무시의 회복에 관해서는 효과가 불분명하고 운동기능 손상의 심각성이나 발병 후 시기에 따른 연관성을 밝히기에는 아직 근거가 부족하였다. 또한, Dohle 등(2009)은 거울치료가 급성기 환자에게만 효과가 있다고 주장한 반면에, Bhasin, Padma Srivastava, Kumaran, Bhatia와 Mohanty(2012)나 Wu, Huang, Chen, Lin과 Yang(2013)의 연구에서는 만성기 환자들에게도 거울치료가 효과가 있음을 확인하여 중재에 대한 결과가 일관적이지 않았다.

거울치료의 효과를 파악하기 위한 연구와 더불어 이를 신경학적으로 규명하려는 시도도 활발히 이루어지고 있다. 하지만, 거울치료의 신경학적 기전을 규명하기 위해 진행되었던 대부분의 연구는 일반인들을 대상으로 한 연구였으며, 뇌졸중 환자들을 대상으로 한 연구는 비교적 최근에서야 이루어지기 시작하였다(Michielsen et al., 2011). 때문에, 거울치료의 신경학적 기전을 분석하기 위한 연구는 대부분 가설로 남아있으며 이를 명확히 입증하는 근거는 아직 부족하였다.

그 동안 진행되었던 선행연구를 통해 볼 때, 거울치료는 전 세계적으로 큰 관심을 받고 있으며 뇌졸중 환자의 재활에 많이 사용되고 있다. 하지만, 아직까지 효과가 명확히 규명되지 않았고, 일관적이지 않은 중재효과에 대한 고찰이나 신경학적 원인의 검증이 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 그간의 거울치료 연구 논문을 고찰하여 거울치료의 효과와 신경학적 기전에 대하여 보다 분명히 하고자 하였다.

II. 본 론

1. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울치료의 중재 효과

Radajewska 등(2013)의 연구에서는 아급성기 뇌졸중 환자 60명을 대상으로 총 21일간 1일 2회 15분씩 손목을 엮침 자세로 두어 손의 쥐기와 펴기, 각각의 손가락 맞대기, 손가락 하나씩 집기와 하나씩 펴기 동작

을 지시하였는데 중재 후, 손 기능과 일상생활 수행 능력의 유의미한 향상을 확인할 수 있었다($p < 0.05$).

이탈리아에서 진행된 Invernizzi 등(2013)의 연구에서는 뇌졸중 이급성기 환자 26명을 대상으로 4주간 주 5회 어깨, 팔꿈치, 손목관절의 굽힘과 펴, 아래팔의 옆침과 덮침 동작을 반복 수행하는 거울치료를 적용하였다. 실험군 13명은 거울치료와 일반적 치료를 받았고 대조군 13명은 같은 조건에 거울치료 대신 가짜 거울치료(sham-mirror therapy)를 받도록 하였는데, 이때 가짜 거울치료는 거울 대신 종이를 두어 투사체 없이 진행되었다. 중재 결과, 두 집단 모두 상지 기능과 일상생활 수행기능이 유의미하게 향상되었지만($p < 0.05$), 가짜 거울치료를 받은 대조군보다 진짜 거울치료를 받은 실험군에게서 상지 기능과 일상생활 수행기능 모두 더 향상된 결과를 보였다($p < 0.001$).

Thieme 등(2013)의 연구에서는 뇌졸중 이급성기 환자 60명을 대상으로 개별거울치료 집단, 단체 거울치료집단, 가상치료 대조군 3집단으로 나눠 거울치료의 효과를 분석하였다. 모든 대상자는 일반적인 재활 치료를 총 5주간 20회기에 걸쳐서 받았으며 거울치료 집단은 추가로 30분 간 거울치료를 받았다. 중재 결과, 세 집단 모두 운동기능, 기능수준, 일상생활수행의 유의미한 개선이 이루어졌다($p < 0.05$). 다만, 개인 거울치료를 받은 집단이 단체 거울치료를 받은 집단보다 통계적으로 유의미한 손가락 굽힘의 강직 개선을 보였다($p < 0.05$).

Wu 등(2013)의 연구에서도 뇌졸중 만성 환자 33명을 모집하여 약 1/2인 16명의 실험군에게 거울치료를 적용하였다. 소근육 과제, 대근육 과제, 손목, 손가락 관절의 반복 움직임을 적용하여 4주간 주 5회 적용한 결과, 거울치료집단의 운동기능과 반응시간이 유의미하게 향상되었고($p < 0.05$), 온도감각을 제외한 모든 감각기능과 일상생활수행기능에서는 유의미한 회복을 보이지 않았다($p > 0.05$). 거울치료가 반응시간 단축과 운동기능 개선에 효과가 있었던 이유는 대뇌의 재조직화를 촉진하였기 때문이며, 일상생활수행 기능의 향상을 보이지 않았던 이유는 입원환자들을 대상으로 했던 선행연구들과 다르게 대상자 대부분이

외래환자들이었던 점이 다른 결과를 유발한 요인이라 추측하였다.

그 동안의 선행연구 결과를 분석해보면, 거울치료는 뇌졸중 환자의 손 혹은 팔의 운동기능 향상에 효과가 있었다. 그리고 이러한 향상은 뇌졸중 환자의 발병 시기와 관계없이 급성, 이급성, 만성 환자 모두에게서 나타났다. 그 밖에, 일상생활 수행기능은 외래환자 보다는 입원환자들에게 거울치료를 적용할 때 증진되었다. 일부 논문에서는 만성 환자들을 대상으로 강직 개선이나 반응속도가 향상되었음이 증명되었다. (표 1)은 근래 5년간 뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울치료 중재를 요약한 자료이다.

2. 거울치료의 이론과 신경학적 기전

거울치료를 신경학적으로 설명하는 가장 원론적인 원리는 거울신경체계(Mirror Neuron System; MNS)에 의해 발생하는 모방(imitation)이다. 거울신경체계는 브로카 영역(Broca area), 앞 전운동 영역(ventral premotor area), 후 마루 옆의 위 관자고랑(Superior Temporal Sulcus: STS)에 위치한 신경체계로 자신이 아닌 다른 사람의 행동을 모방하거나 감정을 공유하는 것과 관련 되어있다(Iacoboni et al., 2001; Matthys et al., 2009). 예로부터 문헌에서는 거울신경체계가 위관자고랑(Superior Temporal Sulcus STS)과 밀접한 연관이 있다고 주장되어 왔다. 실제로, Matthys 등(2009)의 연구에서는 거울치료를 적용한 후 기능적 자기공명영상(fMRI)을 측정한 결과, 위관자고랑과 일차운동영역(primary motor area: M1)이 활성화 되는 것을 확인하였다. 위 관자고랑은 손 움직임을 모방할 때 활성화 되는 부위로서 이 부위가 활성화 되었다는 뜻은 거울치료가 거울 신경 체계의 활성화에 의해 효과가 나타난다는 가설을 입증한 것이다(Iacoboni et al., 2001; Matthys et al., 2009; Radajewska et al., 2013).

거울치료의 이러한 신경학적 기전을 밝힐 수 있었던 시초는 바로 원숭이를 대상으로 실험한 Pellegrino, Fadiga, Fogassi, Gallese와 Rizzolatti(1992)의 연구

였다. Pellegrino 등(1992)은 왼손이에게서 목표지향적인 손 움직임을 보기만 하였는데도 행동했을 때와 비슷한 뇌 부위의 활성화가 이루어진 것을 발견하고 거울 신경 체계의 개념을 설립하였다. 이후, Fadiga, Fogassi, Pavesi와 Rizzolatti(1995)는 경두개 자기장 치료기(Transcranial Magnetic Stimulation: TMS)를 일반인 대상자에게 적용하여, 인간에게서도 관찰만으로 운동신경신호가 나타남을 확인하였고, 이를 인간의 신경계 내에 존재하는 거울 신경 체계라 주장하였다. 하지만 거울치료가 거울신경체계를 활성화 시킬 것이라는 주장은 현재까진 가설에 불과한 상태로, 거울 신경 체계가 존재한다는 명확한 증거는 아직 밝혀지지 않았다(Michielsen et al., 2011).

거울치료를 적용한 선행 연구에서는 모두 거울치료를 통해 대상자들의 운동 기능이 향상되었다는 공통된 결과가 나왔는데 그 신경학적 기전은 전운동영역(premotor area)에서 찾을 수 있다. 전운동영역은 운동 조절의 핵심적인 영역으로서 뇌 손상 후 운동 회복에 중요한 역할을 하는 부위이다(Dancause et al., 2005). 거울치료에 의해 활성화된 전운동영역은 부분적으로 손상된 일차운동영역의 활성도를 증가시키고 상지 운동의 잔존 기능을 향상시킨다(Kantak, Stinear, Buch, & Cohen, 2012).

거울치료의 효과를 설명하는 또 다른 원리는 바로 운동 상상(motor imagery)이다. 거울치료는 환자 스스로 손상측의 움직임을 상상토록 유도하고, 거울이 만들어내는 비손상측 손의 투사체가 거울 반대쪽에 위치한 손상측의 손일 것이라는 운동 상상을 만들어 낸다(Kang, Ku, Kim, & Park, 2011) 또한, 거울치료는 시각적 되먹임(거울 속으로 보이는 비손상측 손)을 통해서 손상측 사지의 기능저하로 크게 감소된 고유수용성 감각의 입력(proprioceptive input)을 다시 일으킬 수 있다(Altschuler et al., 1999; Seitz et al., 1998). 입력된 고유수용성 감각은 운동기능 손상으로 인해 제대로 기능하지 않았던 손상측 전운동 영역의 신경 가소성을 자극하고 결과적으로 운동 기능을 증진시킨다(Yun, Chun, Park, & Kim, 2011). Whitall 등(2011)의 연구에서는 거울치료가 거울신경

체계와 관련된 것이 아닌 양손훈련에 의한 효과라는 가설이 제시되었다. Dohle, Kleiser, Seitz와 Freund(2004)는 거울신경체계를 거울치료와 연관 짓기에는 아직 근거가 불충분한 상태이며, 썬기앞소엽(precuneus)이 거울치료 시 보다 결정적인 역할을 할 것이라고 주장하였다. 이러한 주장은 후에 Michielsen 등(2011)의 연구에 의해 재확인 되었다. Michielsen 등(2011)은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울치료 효과 검증 실험에서 기능적 자기공명영상(기능적 자기공명영상)을 이용하여 뇌혈류량을 검사하였는데, 그 결과, 썬기앞소엽과 뒤대상피질(posterior cingulate cortex)의 활성도가 증가된 것을 발견하였다. 썬기앞소엽과 뒤대상피질은 각각 양손훈련과 관련된 자기 인식(self-awareness)과 공간주의력과 관련된 부위로서, 거울치료가 양손훈련(bimanual training)에 의한 효과로 나타난다는 가설의 근거가 된다(Whitall et al., 2011). 이는 썬기앞소엽이 뒤 대상피질(posterior cingulate cortex)과 함께 연결망을 구성하여 정신적 상상을 활성화시킨다는 Fransson과 Marrelec(2008)의 연구 결과와 같다.

거울치료의 신경학적 기전을 파악하기 위한 평가로는 뇌자도(Magneto-encephalography: MEG), 경두개 자기장 치료기(Transcranial Magnetic Stimulation: TMS), 뇌파검사(Electro-encephalography: EEG), 기능적 자기공명영상(functional Magnetic Resonance Imaging; fMRI) 등이 있다. MEG를 이용한 Tominaga 등(2009)의 연구에서는 거울치료 후, 거울 속의 활동측 손의 투사체가 비활동측 손이라는 운동 상상을 통해 일차 운동영역(primary motor area)이 활성화 되었다고 보고하였다. Bhasin 등(2012)의 연구에서는 fMRI를 이용하여 만성 뇌졸중 환자 20명을 대상으로, 8주간 총 40회기에 걸쳐 거울치료의 신경학적 가소성을 실험하였다. 이때, Bhasin 등(2012)의 연구에서는 이전 연구와 다르게 거울을 사용하는 대신, 가상현실을 이용하였다. 비손상측 손의 움직임을 웹 카메라로 촬영하여 환자 정면의 모니터에 손상측 손인 것처럼 좌우 반전한 상태로 재생하여 거울을 사용한 것과 같은 상황을 조성하였다. 중재 결과, 전

운동 브로드만 영역(Brodmann's area)의 활성화가 유의미하게 증가하였고($p < 0.05$), 같은 쪽(ipsilateral)과 반대쪽(contralateral) 반구의 소뇌가 활성화된 것을 관찰하였다($p < 0.05$). 움직임을 관찰하면서 같은 동작을 수행하는 동안에는 전운동영역이 활성화되었고, 화면상의 손이 손상측 손이라고 생각하는 정신적 상상 활동 시에는 운동처리영역인 브로드만 영역 4, 6번이 자극되었다. 소뇌는 움직임을 시작하려 할 때, 소뇌-대뇌 연결망(cerebello-cortico network)의 혈류량이 증가하면서 활성화되었다. 이때, 브로드만 4, 6번의 혈류량 증가는 손상측 손의 기능회복의 과정이며, 소뇌의 활성화는 운동 수행기술을 숙달하는 과정에서 나타나는 현상이었다.

거울치료를 통한 운동 상상은 일차운동영역과 전운동영역을 활성화 시키는데, 이는 손상되지 않은 부위의 뇌가 손상된 뇌 영역의 기능을 대체하는 신경 재조직화 과정이다(Marshall et al., 2000; Ward, Brown, Thompson, & Frackowiak, 2003). 손상부위가 부분적으로 손상된 경우에는 체계 내의 재조직화(within-system reorganization)가 이루어지고, 기능 체계가 완벽한 손상을 받은 경우에는 위와 같이 다른 뇌 영역의 대체를 통해 기능을 회복한다(Bhasin et al., 2012). 이러한 사실은 Thirumala, Hier와 Patel(2002)의 연구에서도 확인할 수 있다. Thirumala 등(2002)은 뇌졸중환자를 대상으로 실시한 거울치료가 환자들의 보완운동영역(supplementary motor area)의 신경 재조직화를 촉진하여 손상된 다른 뇌 영역의 역할을 대체함을 확인하였다.

거울치료의 신경학적 기전을 연구한 기존의 문헌들을 정리해보면 다음과 같다. 거울치료는 전운동영역, 보완운동영역과 같이 손상되지 않은 뇌 영역에서의 재조직화를 유도하여 손상된 뇌의 역할을 대체한다. 거울치료는 또한 운동 상상을 통해 손상측 사지의 감소된 고유수용성 감각 입력을 증진시켜 손상된 전운동영역의 활성도를 높이고, 소뇌의 혈류량을 증가시켜 운동기술을 숙달시킨다. 위 관자고랑은 거울 신경 체계와 관련된 부위로서, 행동의 모방을 이끌어 내고, 뼈기앞소엽과 뒤 대상피질은 거울치료 시 나타나

는 양손운동에 의해 활성화되어 손 움직임에 대한 자기 인식과 공간주의력을 회복시킨다.

III. 결론

본 논문은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울치료의 효과와 신경학적 기전을 문헌고찰을 통하여 알아보았다. 거울치료는 상지 기능과 일상생활 수행기능의 향상에 긍정적인 효과를 만드는 치료로서 다양한 기전을 통해 설명되고 있다. 운동 상상은 거울 속에 비친 비손상측의 사지를 손상측의 사지로 인식하도록 유도하여 시각적 피먹임을 제공하고 고유수용성 감각을 입력 받아 전운동영역의 신경학적 회복을 촉진한다. 거울치료는 또한 전운동영역을 활성화시켜 손상된 일차운동영역의 활성화도를 상승을 통해 기능회복을 일으킨다(Dancause et al., 2005). 일차운동영역이 완전히 손상된 경우에는 신경 재조직화를 통해 일차운동영역의 기능을 전운동영역이나 보완운동영역이 대체하여 수행한다(Marshall et al., 2000; Ward et al., 2003). 거울치료를 하면서 활성화 되는 부위인 위관자고랑은 행동을 모방할 때 활성화 되는 영역으로서 거울신경체계와 밀접한 연관이 있으나, 아직 거울신경체계와 거울치료간의 관계를 명확히 설명하는 증거는 아직 밝혀지지 않았다.

거울치료는 현재 뇌졸중 환자를 운동기능과 일상생활 수행기능 향상에 효과가 있음이 밝혀졌지만, 다른 변인의 회복여부는 분명치 않다. 또한, 회복의 기전을 분명히 파악 할 수 있는 확실한 증거도 불충분한 상태이다. 추후 연구에서는 거울치료가 뇌졸중 환자의 시각무시 감소에 효과가 있는지 연구되어야 할 것이며, 거울신경체계의 가설을 입증할 수 있는 뇌의 신경학적 분석이 보다 광범위하게 진행되어야 할 것이다. 앞으로의 연구를 통해, 뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울치료의 신경학적 원인 규명이 이루어지게 되면 거울치료는 임상에서 보다 효용성 있는 치료로서 구축될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 권용현과 박지원. (2006). 뇌손상 부위에 따른 뇌 재조직화의 양상에 관한 증례 보고. *대한작업치료학회지*, 14(2), 49-58.
- 통계청. (2011). *장래인구추계*. 서울: 통계청.
- Altschuler, E. L., Wisdom, S. B., Stone, L., Foster, C., Galasko, D., Llewellyn, D. M., & Ramachandran, V. S. (1999). Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*, 353(9169), 2035-2036.
- Bhasin, A., Padma Srivastava, M. V., Kumaran, S. S., Bhatia, R., & Mohanty, S. (2012). Neural interface of mirror therapy in chronic stroke patients: A functional magnetic resonance imaging study. *Neurology India*, 60(6), 570-576. doi: 10.4103/0028-3886.105188
- Dancause, N., Barbay, S., Frost, S. B., Plautz, E. J., Chen, D., Zoubina, E. V., & Nudo, R. J. (2005). Extensive cortical rewiring after brain injury. *Journal of Neuroscience*, 25(44), 10167-10179. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3256-05.2005
- Dohle, C., Kleiser, R., Seitz, R. J., & Freund, H. J. (2004). Body scheme gates visual processing. *Journal of Neurophysiology*, 91(5), 2376-2379. doi: 10.1152/jn.00929.2003
- Dohle, C., Pullen, J., Nakaten, A., Kust, J., Rietz, C., & Karbe, H. (2009). Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: A randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23(3), 209-217. doi: 10.1177/1545968308324786
- Fadiga, L., Fogassi, L., Pavesi, G., & Rizzolatti, G. (1995). Motor facilitation during action observation: A magnetic stimulation study. *Journal of Neurophysiology*, 73(6), 2608-2611.
- Fransson, P., & Marrelec, G. (2008). The precuneus/posterior cingulate cortex plays a pivotal role in the default mode network: Evidence from a partial correlation network analysis. *Neuroimage*, 42(3), 1178-1184. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.05.059
- Iacoboni, M., Koski, L. M., Brass, M., Bekkering, H., Woods, R. P., Dubeau, M. C., & Rizzolatti, G. (2001). Reafferent copies of imitated actions in the right superior temporal cortex. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 98(24), 13995-13999. doi: 10.1073/pnas.241474598
- Invernizzi, M., Negrini, S., Carda, S., Lanzotti, L., Cisari, C., & Baricich, A. (2013). The value of adding 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.
- Kang, Y. J., Ku, J., Kim, H. J., & Park, H. K. (2011). Facilitation of corticospinal excitability according to motor imagery and mirror therapy in healthy subjects and stroke patients. *Annals Rehabilitation Medicine*, 35(6), 747-758. doi: 10.5535/arm.2011.35.6.747
- Kantak, S. S., Stinear, J. W., Buch, E. R., & Cohen, L. G. (2012). Rewiring the brain: potential role of the premotor cortex in motor control, learning, and recovery of function following brain injury. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 26(3), 282-292. doi: 10.1177/1545968311420845
- Kim, J. M., Stewart, R., Shin, I. S., & Yoon, J. S. (2004). Vascular disease/risk and late-life depression in a Korean community population. *British Journal of Psychiatry*, 185(2), 102-107.

doi: 10.1192/bjp.185.2.102

- Kwakkel, G., & Kollen, B. (2007). Predicting improvement in the upper paretic limb after stroke: A longitudinal prospective study. *Restorative Neurology Neuroscience*, *25*(5–6), 453–460.
- Marshall, R. S., Perera, G. M., Lazar, R. M., Krakauer, J. W., Constantine, R. C., & DeLaPaz, R. L. (2000). Evolution of cortical activation during recovery from corticospinal tract infarction. *Stroke*, *31*(3), 656–661.
- Matthys, K., Smits, M., Van der Geest, J. N., Van der Lugt, A., Seurinck, R., Stam, H. J., & Selles, R. W. (2009). Mirror-induced visual illusion of hand movements: a functional magnetic resonance imaging study. *Archives Physical Medicine Rehabilitation*, *90*(4), 675–681. doi: 10.1016/j.apmr.2008.09.571
- Michielsen, M. E., Smits, M., Ribbers, G. M., Stam, H. J., van der Geest, J. N., Bussmann, J. B., & Selles, R. W. (2011). The neuronal correlates of mirror therapy: an fMRI study on mirror induced visual illusions in patients with stroke. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *82*(4), 393–398. doi: 10.1136/jnnp.2009.194134
- Nelles, G., Jentzen, W., Jueptner, M., Muller, S., & Diener, H. C. (2001). Arm training induced brain plasticity in stroke studied with serial positron emission tomography. *Neuroimage*, *13*(6), 1146–1154. doi: 10.1006/nimg.2001.0757
- Pekna, M., Pekny, M., & Nilsson, M. (2012). Modulation of neural plasticity as a basis for stroke rehabilitation. *Stroke*, *43*(10), 2819–2828. doi: 10.1161/STROKEAHA.112.654228
- Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: A neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, *91*(1), 176–180.
- Radajewska, A., Opara, J. A., Kucio, C., Blaszczyzyn, M., Mehlich, K., & Szczygiel, J. (2013). The effects of mirror therapy on arm and hand function in subacute stroke in patients. *International Journal of Rehabilitation Research*. doi: 10.1097/MRR.0b013e3283606218
- Ramachandran, V. S., & Rogers-Ramachandran, D. (1996). Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, *263*(1369), 377–386. doi: 10.1098/rspb.1996.0058
- Rostami, H. R., Arefi, A., & Tabatabaei, S. (2013). Effect of mirror therapy on hand function in patients with hand orthopaedic injuries: A randomized controlled trial. *Disability and Rehabilitation*. doi: 10.3109/09638288.2012.751132
- Seitz, R. J., Hoflich, P., Binkofski, F., Tellmann, L., Herzog, H., & Freund, H. J. (1998). Role of the premotor cortex in recovery from middle cerebral artery infarction. *Archives of Neurology*, *55*(8), 1081–1088.
- Thieme, H., Bayn, M., Wurg, M., Zange, C., Pohl, M., & Behrens, J. (2013). Mirror therapy for patients with severe arm paresis after stroke: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, *27*(4), 314–324. doi: 10.1177/0269215512455651
- Thieme, H., Mehrholz, J., Pohl, M., Behrens, J., & Dohle, C. (2013). Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Stroke*, *44*(1), e1–2.
- Thirumala, P., Hier, D. B., & Patel, P. (2002).

- Motor recovery after stroke: Lessons from functional brain imaging. *Neurological Research*, 24(5), 453–458.
- Tominaga, W., Matsubayashi, J., Deguchi, Y., Minami, C., Kinai, T., Nakamura, M., & Mitani, A. (2009). A mirror reflection of a hand modulates stimulus-induced 20-Hz activity. *Neuroimage*, 46(2), 500–504. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.02.021
- Ward, N. S., Brown, M. M., Thompson, A. J., & Frackowiak, R. S. (2003). Neural correlates of outcome after stroke: A cross-sectional fMRI study. *Brain*, 126(6), 1430–1448.
- Whitall, J., Waller, S. M., Sorkin, J. D., Forrester, L. W., Macko, R. F., Hanley, D. F., & Luft, A. (2011). Bilateral and unilateral arm training improve motor function through differing neuroplastic mechanisms: A single-blinded randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 25(2), 118–129. doi: 10.1177/1545968310380685
- Wu, C. Y., Huang, P. C., Chen, Y. T., Lin, K. C., & Yang, H. W. (2013). Effects of mirror therapy on motor and sensory recovery in chronic stroke: A randomized controlled trial. *Archives Physical Medicine Rehabilitation*, 94(6), 1023–1030. doi: 10.1016/j.apmr.2013.02.007
- Yun, G. J., Chun, M. H., Park, J. Y., & Kim, B. R. (2011). The synergic effects of mirror therapy and neuromuscular electrical stimulation for hand function in stroke patients. *Annals Rehabilitation Medicine*, 35(3), 316–321. doi: 10.5535/arm.2011.35.3.316

표 1. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울치료의 효과

저자(연도)	대상자	중재	평가도구	결과
Invernizzi, M., Negrini, S., Carda, S., Lanzotti, L., Cisari, C., & Baricich, A. (2013).	아급성기 뇌졸중 환자 26명	4주간, 1주 5회, 1-2주 30분, 3-4주 60분 실험군: 13명-거울치료 + 일반적 치료 대조군: 13명-가짜(sham) 거울치료 + 일반적 치료 거울치료: ① 굽힘/뺨(어깨, 팔꿈치, 손목) ② 전완 얹침/뺨치 가짜 거울치료: 거울대신 종이 사용	ARAT: 상지기능 MI: 팔 운동기능 FIM: 활동수준	1) 중재 후, 양쪽 그룹 모두에게서 ARAT, MI, FIM의 유의미한 향상을 보임($p<0.05$) 2) 중재 후, 그룹간의 비교에서 거울치료를 적용한 실험군이 대조군 보다 유의미하게 높은 수행을 보임($p<0.001$)
Radajewska, A., Opara, J. A., Kucio, C., Blaszczyzyn, M., Mehlich, K., & Szczygiel, J. (2013)	아급성기(8-10주) 뇌졸중 환자 60명 (원손마비 30명, 오른손마비 30명)	실험군 30명 - 재활치료 + 거울치료 대조군 30명 - 재활치료, 거울치료 X 거울치료 - 1일 2회, 1회 15분	Repty: ADL FAT: 손과 팔 기능 MSS: 손과 팔 기능	1) 일상생활기능(Repty) : 실험군만 유의미한 향상 2) 손과 팔기능(FAT) : 실험군 대조군 모두 유의미한 향상($p<0.05$) 3) 그룹간 비교 : 손과 팔기능. 왼손 마비 환자의 실험군과 대조군의 차이가 유의미함($p>0.05$)
Thieme, H., Bayn, M., Wurg, M., Zange, C., Pohl, M., & Behrens, J. (2013)	아급성기 뇌졸중 환자 60명	실험군1 18명 : 재활치료+개인거울치료 실험군2 21명 : 재활치료+그룹거울치료 대조군 21명 : 재활치료+가상치료 재활치료 : 5주간 20회기 거울치료 : 추가 30분 - 개인거울치료 : 고립된 움직임, 50회 반복 - 그룹거울치료 : 같은 프로토콜, 그룹 당 2-6명 - 가상치료: 같은 프로토콜, 나무 보드	FMT: 운동기능 ARAT: 기능수준 BI: 일상생활 활동 SIS: 삶의 질 SCT: 시공간 무시 MAS: PROM서 저항	1) 3그룹 모두 운동기능, 기능수준, 일상 생활활동, 삶의 질, PROM이 개선됨($p<0.05$) 2) 실험군1 > 실험군2: MAS finger flexion ($p<0.05$) 3) 실험군1 > 대조군: SCT($p<0.01$)

표 1. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울치료의 효과(계속)

저자(연도)	대상자	중재	평가도구	결과
Wu, C. Y., Huang, P. C., Chen, Y. T., Lin, K. C., & Yang, H. W. (2013)	만성기 뇌졸중 환자 33명	4주간, 1주 5회, 1회 당 90분 실험군: 16명 - 거울치료(60분) + 과제 지향 기능 수행(30분) 대조군: 17명 - 과제 지향 기능 수행(90분) 거울치료: 3종류로 구성(①-③) ① 소근육 과제 ② 대근육 과제 ③ 먼쪽 관절(손목, 손가락) 반복 움직임	FMA-UE : 손상측 운동기능 Kinematic data: 반응시간 rNSA: 감각 회복 MAL: ADL, 손상측 움직임의 질 ABIHAND: ADL, 양손 과제 활동 MMSE-K MAS	1) 거울치료집단의 운동기능, 반응시간의 유의미한 향상($p < 0.05$) : FMA-Distal part (운동기능), kinematic data (반응시간), rNSA(온도감각) 2) ADL, 모든 감각 회복의 유의미하지 않은 결과($p > 0.05$) : rNSA, MAL, ABIHAND(ADL), (온도 감각 제외, $p < 0.05$) 3) 후속 평가: MAL, ABIHAND 측정 결과 유의미하지 않음($p > 0.05$)
Bhasin, A., Padma Srivastava, M. V., Kumaran, S., S., Bhatia, R., & Mohanty, S. (2012)	만성기 뇌졸중 환자 20명 정상인 10명	손상측 상하지에 거울치료 적용. 양측 활동. 8주간 40회기, 1주에 4회기, 1회기 당 60-90분 비손상측 손을 컴퓨터 화면에 보이도록 설치 비손상측 손의 움직임을 웹 카메라로 촬영하여 손상측으로 반전 투사	FMT: 운동기능 mBI: ADL EHI : 우세 손 활동 fMRI MRC : 운동 힘 등급	1) 환자군. 중재 후 FMT, mBI 유의미한 향상($p < 0.05$)/MRC 유의미하지 않음($p > 0.05$) 2) 환자군. 중재 후 premotor 브로드만 영역의 활성화가 지속적으로 증가함($p < 0.05$) 3) 모든 환자들에게서 소뇌의 동측과 반대측 부위가 활성화 됨 4) 좌측 손상 뇌졸중 환자는 정상군과 유사함 5) 우측 손상 뇌졸중 환자는 좌측 BA24, 우측 BA6, BA40의 활성을 보임
Michielsens, M. E., Smits, M., Ribbers, G. M., Stam, H. J., van der Geest, J. N., Bussmann, J. B., & Selles, R. W. (2011)	뇌졸중 환자 22명	30주기, 운동과 휴식 총 번갈아 10회 수행 (활동 5회, 휴식 5회) 활동: 손을 쥐었다 펴 / 휴식: 손을 고정. 4가지 조건을 임의로 수행. 조건1. 비손상측 손만 움직임. 거울 없음 조건2. 비손상측 손만 움직임. 거울 있음 조건3. 양손을 움직임. 거울 없음 조건4. 양손을 움직임. 거울 있음 거울이 없을 경우 비손상측, 손상측 양손을 붙여 거울이 있을 경우 비손상측 손과 거울 속에 투사된 비손상측 손을 붙	fMRI : 각 움직임에 대한 신경학적 활성화 FMT: 상지 기능	1) 한 손 움직임(unimanual)의 모든 실험에서 활성화가 이루어지지 않음 2) 양손 움직임(bimanual) 실험에서 precuneus와 posterior cingulate cortex가 활성화됨 3) 양손 움직임(bimanual) 실험에서 self, spatial attention의 인식 관련 영역이 활성화됨 4) 과제가 주어졌던 상황에서는 primary motor, premotor, primary sensory, SMA area, cerebellar가 활성화됨

표 1. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 거울치료의 효과(계속)

저자(연도)	대상자	중재	평가도구	결과
Cacchio, A., De Blasis, E., De Blasis, V., Santilli, V., & Spacca, G. (2009)	아급성기 뇌졸중 환자 48명	일반 재활치료 - 4주간, 1주 5회, 작업치 료, 언어치료, 신경재활 기법 거울치료: 매 치료 회기마다 시행, 1주차 30분, 2~3주차 60분 실험군: 24명. 일반 재활치료 + 거울치료 대조군: 24명. 일반 재활치료	VAS : 통증 수준 (휴식 시, 동작 시, 촉각 이질통증) WMFT : 운동기능수준 QQM-MAL : 움직임의 질	1) 중재 후, 실험군에서 휴식 시 통증, 동작 시 통증, 촉각 이질 통증이 모두 유의미하게 감소 2) 중재 6개월 후, 실험군에서 휴식 시 통증, 동작 시 통 증, 촉각 이질 통증이 모두 유의미하게 감소 ($p<0.001$) 3) 중재 후, 중재 6개월 후 모두 실험군에게서 운동 기능 능력이 유의미하게 향상($p<0.001$) 4) 중재 후, 중재 6개월 후 모두 실험군에게서 움직임의 질이 유의미하게 향상($p<0.001$) 5) 중재 후, 중재 6개월 후 실험군과 대조군의 수행능력 향상수준이 유의미한 차이($p<0.001$)
<p>ARAT: Action Research Arm Test, BI: Barthel Index, EHI: Edinburgh Handedness Inventory, FAT: Frenchay Arm Test, FMT: Fugl-Meyer Test, FIM: Functional Independence Measure, MAL: Motor Activity Log, MAS: Modified Ashworth Scale, MI: Motricity Index of Upper Limb, MMSE-K, Mini-Mental Screening Examination-Korean version, MRC: Medical Research Council, MSS: Motor Status Score, rNSA: revised Nottingham Sensory and ADL function, SCT: Star Cancellation Test, SIS: Stroke Impact Scale, VAS: Visual Analog Scale, WMFT: Wolf Motor Function Test, QOM: Quality of Motion</p>				

Abstract

The Neurological Effect and Mechanism of Mirror Therapy in Adults With Stroke

Kim, Yeong-Jo*, B.H.Sc., O.T.

*Dept. of Rehabilitation, Graduate School of Yonsei University

The Purpose of this study was to determine the clinical effectiveness of mirror therapy for stroke. Moreover, this paper was designed to summarize clarified information of neurological plasticity by mirror therapy to finally define the neurological mechanism.

Mirror therapy improves the stroke patients' hand and arm motor function. It also has a positive influence on recovering performance of activities of daily living and relieving pain. However, it is not evident that mirror therapy restores visual neglect.

There are various ways of recovering stroke. Fundamentally, all the theories are on a bases of restoration of premotor area. Premotor area which is associated with motor control increases the activation of primary motor area and finally improves patients' motor function. If primary motor area is completely damaged, premotor area and supplementary motor substitute for primary motor area.

In summary of literature survey, there are not enough evidence to verify the effectiveness and neurological mechanism of mirror therapy. In future, more researches should be conducted to verify the neurological recovery through mirror therapy. Then, mirror therapy will be acknowledged as a clinically effective treatment.

Key words : Mirror therapy, Mirror neuron system, Plasticity, Upper extremity function