

동작관찰훈련이 뇌졸중 환자의 상지 기능에 미치는 영향

이문규

광주 씨티재활병원 재활센터

김종만

서남대학교 보건학부 물리치료학과

Abstract

The Effect of Action Observational Training on Arm Function in People With Stroke

Moon-kyu Lee, Ph.D., P.T.

Dept. of Rehabilitation Center, Gwangju City Rehabilitation Hospital

Jong-man Kim, Ph.D., P.T., O.T.

Dept. of Physical Therapy, Division of Health, Seonam University

The aim of this study was to determine the effect of action-observation training on arm function in people with stroke. Fourteen chronic stroke patients participated in action-observation training. Initially, they were asked to watch video that illustrated arm actions used in daily activities; this was followed by repetitive practice of the observed actions for 3 times a week for 3 weeks. Each training session lasted 30 min. All subject participated 12 training session on 9 consecutive training days. For the evaluation of the clinical status of standard functional scales, Wolf motor function test was carried out at before and after the training and at 2 weeks after the training. Friedman test and Wilcoxon signed rank test was used to analyze the results of the clinical test. There was a significant improvement in the upper arm functions after the 3-week action-observation training, as compared to that before training. The improvement was sustained even at two weeks after the training. This result suggest that action observation training has a positive additional impact on recovery of stroke-induced motor dysfunctions through the action observation-action execution matching system, which includes in the mirror neuron system.

Key Words: Action observation; Mirror neuron System; Stroke.

I. 서론

전체 뇌졸중 환자의 과반수가 편마비 및 편부전마비와 관련된 장애로 독립적인 삶과 사회적 참여에 제한을 받는다(Dobkin, 2005). 통증, 관절구축, 근육의 위축, 낙상과 낙상에 대한 두려움 그리고 근긴장 불균형으로 인한 자세 이상으로 팔과 다리의 근력약화가 발생하고 균형능력이 소실된다. 이러한 운동결손은 뇌졸중으로 인한 장애의 주요 원인이다. 최근 뇌영상 기법의 발달로 뇌졸중 후 기능적 회복은 능동적인 재학습과정과 자발적 회복과정이

복합적으로 작용하여 발생하며 여러 가지 형태의 뇌 가역성에 의해 발생한다는 뇌졸중 후 회복에 대한 기전(Nudo, 2006b)을 보다 자세히 이해할 수 있게 되었다. 뇌졸중 재활에서는 이러한 뇌 가역성을 증진하기 위한 풍부하고 적절한 신경자극을 제공할 수 있어야 한다.

그러나 많은 전통적 접근법들은 신체기능에 중점을 두는 정형화된 방법들을 사용하며, 현재 재활환경에서는 운동결손 그 자체를 치료하기보다는 운동결손을 보상하는 것에 중점을 두고 있다(Bobath, 1990; Voss 등, 1985). 그러나 뇌졸중 환자들의 일상생활에 필요한 기능적 활동 능

력을 향상시키는 데에는 과제특이적 훈련이 일반적인 전통적 훈련보다 더 효과적이다(Dobkin, 2008). 특정한 새로운 기술을 배우는 일반인들이 그러하듯이 뇌졸중 환자를 위한 과제특이적 훈련에서는 운동기술에 맞는 특이적인 훈련을 반복적으로 연습한다(Carr와 Shepherd, 2002).

강제움직임유도치료는 뇌졸중 이후 학습된 비사용 증후군을 제거함으로써 상지의 기능 향상을 목적으로 하는 치료법이다(Wolf 등, 2006). 이러한 반복적이고 집중적인 훈련으로 인해 향상된 기능적 수행능력은 움직임에 직접적으로 관여하는 신경 네트워크의 실질적 변화 때문인 것으로 여겨진다(Nudo, 2006a). 과제특이적 재활환경에서는 주로 치료사의 감독하에 마비쪽 손을 반복적으로 사용하는데 초점을 둔다(Oujamaa 등, 2009). 이러한 접근법들의 기본 전제는 마비쪽 손으로 반복적이고 능동적인 과제연습을 하면 긍정적인 신경가역성이 발생한다는 것이다(Shepherd, 2001). 그러나 남아 있는 운동능력이 좋지 않은 환자들은 재활참여 측면에서 제약을 받을 수 있어서 경험 의존적 신경가역성을 일으킬 수 있는 감각입력이 어려울 수 있다.

이러한 제한점을 극복하도록 새롭게 제안되고 있는 것이 바로 동작관찰훈련이다(Johansson, 2011). 동작관찰 훈련은 동작을 관찰하고 관찰한 동작을 모방하여 반복적으로 훈련하는 방법이다. 이 방법은 거울신경세포 시스템(mirror neuron system; MNS)에 이론적 기초를 두고 있다(Small 등, 2010). 거울신경세포(mirror neuron)란 특정한 움직임을 할 때나 다른 개체가 수행하는 움직임을 관찰할 때 활동하는 세포로 원숭이에서 처음 발견되었다(Rizzolatti 등, 1996). 거울신경세포라는 명칭은 동작을 수행할 때 활성화되는 뇌 영역이 그 동작을 관찰할 때에도 활성화되는 거울과 같은 특성 때문에 붙여진 것이다(Rizzolatti 등, 1996). MNS는 발견된 이후로 동작 지각과 동작의 여러 특성들은 동작을 이해하는 것에 관여하는 통합된 시스템의 일부분이라고 여기고 있다(Buccino 등, 2001). 최근에는 원숭이에서 발견된 이 개념을 모방(Iacoboni 등, 1999)이나 마음과 감정(Unmiltà 등, 2001)과 관련된 인간의 고차원적 인지와 사회기술로 일반화시키려는 시도들이 이루어지고 있다.

거울신경세포는 인간 뇌의 배측운동앞겉질(ventral premotor cortex)에 해당하는 원숭이의 F5영역에서 처음 발견되었으며, 이후에는 아래쪽마루엽영역과 관자엽위고랑에서도 발견되었다. F5영역은 손과 입의 목표관련 동작과 관련이 있는 운동 투사(motor representation) 영역이다(Rizzolatti 등, 1996). 이 신경세포들은 동물이 손이

나 입으로 물체와 관련된 동작을 수행할 때 그리고 다른 동물이나 다른 사람이 동일한 동작이나 비슷한 동작을 수행하는 것을 관찰할 때 활성화된다. 또한 걷기, 머리 돌리기, 손 움직이기, 몸통 구부리기를 시각적으로 관찰할 때도 반응하며, 특히 물체관련 동작을 관찰할 때 특이적으로 활성화된다(Rizzolatti와 Craighero, 2004).

인간에서도 동작을 관찰할 때 활성화되는 곳은 같은 동작을 실제로 실행하는 동안 활성화되는 곳과 동일한 운동투사영역이다. 인간의 MNS에 관한 연구들에서는 운동앞이랑, 아래마루엽과 아래이마엽이랑, 마루엽영역, 위쪽관자엽고랑을 포함하는 배측운동앞겉질을 인간의 MNS에 포함되는 영역으로 간주하고 있다(Fabbri-Destro와 Rizzolatti, 2008; Iacoboni와 Dapretto, 2006). 원숭이의 F5 영역과 인간의 MNS의 주목할만한 차이는 원숭이의 거울신경세포는 목표 물체를 가지고 하는 동작에만 반응하는 반면에 인간 MNS는 흉내만 내는 동작(Buccino 등, 2001)과 자발적인 동작에도 반응한다는 점이다.

인간의 MNS는 모방과 모방학습에 관여하는 것으로 여겨진다(Cattaneo와 Rizzolatti, 2009; Iacoboni 등, 1999). 뇌졸중 재활의 목적이 새로운 기술을 익히기보다는 이전에 학습되어 있는 운동기술을 다시 획득하는 것이기 때문에 재활과정에서는 손 운동회복을 위해 운동모방(motor imitation)을 많이 사용한다. 운동모방은 운동관찰, 운동상상, 운동실행의 과정을 포함하는 인지과정으로 광범위한 신경 네트워크가 관여한다(Buccino 등, 2006). 특히 동작관찰과 연습을 결합하면 운동기억의 형성이 강하게 촉진되며 특정 동작을 관찰하는 동안 그 동작에 실제 사용되는 근육들의 운동유발전위의 진폭이 증가한다(Stefan 등, 2005).

다른 사람의 목표 지향적 동작을 단순히 관찰하는 것으로 인간 운동시스템의 겉질-겉질 회로에서 특정한 신경생리학적 변화가 일어난다(Koch 등, 2010). 운동앞겉질과 마루엽겉질에서 발견된 거울신경세포는 동작실행 시 뿐 아니라 다른 사람이 수행하는 동작을 관찰하는 동안에도 반응하며 운동 시스템은 실제적인 움직임 없이도 활성화될 수 있다는 사실과 최근 MNS가 관여하는 동작 관찰이 동작을 모방하거나 또는 학습하는데 관여한다는 사실에 기초하여, 동작상상, 관찰, 모방의 개념을 신경계 재활의 한 중재법으로 적용하려는 시도들이 이뤄지고 있다(김종만 등, 2010; Ertelt 등, 2007; Ewan 등, 2010).

동작관찰(action observation), 운동상상, 운동모방(motor imitation)처럼 MNS에 기반을 둔 접근법들이 뇌

졸중 재활의 보완책으로 제안되고 있다(Garrison 등, 2010). 운동모방에는 시각, 청각, 고유감각 같은 다양한 감각이 이용되며 이미 학습되어 있는 신경 네트워크를 이용하기 때문에 재활과정에서 운동결손을 치료하기 위한 새로운 접근법으로 이용이 가능하다(de Vries과 Mulder, 2007). 운동상상이 스포츠 분야와 재활분야에 유용한 방법으로 제안되고 있으나(Page 등, 2001) 아직 체계화되어 있지는 않으며 그 유용성에 대한 검증도 부족하다. 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자를 대상으로 하여 난이도를 체계화한 기능적 동작을 관찰하고 이를 집중적으로 훈련하는 동작관찰 훈련을 진행하여 동작관찰 훈련이 뇌졸중 재활에서 손과 팔의 기능을 향상시키는데 사용될 수 있을 것인가에 대한 그 가능성을 검토하는 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

동작관찰 훈련에 참여한 뇌졸중 대상자들은 뇌졸중 진단을 받고 지역 재활센터에서 치료를 받고 있는 뇌졸중 발생 후 6개월 이상이 경과한 사람 17명을 대상으로 선정하였다. 대상자들은 간이 정신상태 검사(Mini Mental Status Examination-Korean version; MMSE-K) 24점 이상으로 인지각각 장애가 없으며 지시에 따를 수 있고, 시력과 청력이 정상 범위에 있는 사람들이었다. 또 최근 3개월 동안 물리치료와 작업치료를 받고 있으며 마비쪽 손으로 5×5 cm의 정육면체를 잡을 수 있는 자를 대상으로 하였다.

2. 측정도구

가. Wolf 운동기능 검사

뇌졸중 환자군의 상지 기능을 평가하기 위한 Wolf 운동기능 검사(Wolf motor function test; WMFT)는 동작관찰 훈련 전과 후 그리고 2주 후에 시행하였다. 이 도구는 강제움직임유도치료를 받은 만성 뇌졸중 환자들의 상지 장애를 평가하기 위해 개발되었다(Wolf 등, 1989). 나중에 이 도구는 17개 항목으로 줄었으며 2가지 근력 측정과 15개의 기능적 과제가 포함되어 있다(Wolf 등, 2001). 15가지 과제를 하는 동안 수행 시간(performance time)과 기능 점수 척도(functional ability scale; FAS)를 측정한다. 이 도구의 측정자간 신뢰도와 측정-재측정 신뢰도는 높다(Morris 등, 2001). 수행 시간의 측정자간 신

뢰도는 $r=.97$ 로, 측정-재측정 신뢰도는 $r=.90$ 로 보고되었다. 기능능력 점수에 대한 측정자간 신뢰도는 $r=.88$ 로, 측정-재측정 신뢰도는 $r=.95$ 로 보고되었다. 과제들은 점점 복잡해지며 몸쪽 관절들이 참여하는 과제에서부터 먼 쪽 관절들이 참여하는 과제로 진행된다.

대상자들이 2분 이내에 과제를 완료할 수 없으면 시도를 중단하고 기능능력점수는 1점을 주며 수행 시간은 120초로 기록한다(Morris 등, 2001). 수행시간 항목의 경우 대부분의 뇌졸중 대상자들이 검사 과제를 수행하는데 너무 오랜 시간이 걸리기 때문에 수행시간 측정 값이 너무 많게 나오는 바닥효과(floor effect)가 발생할 가능성이 있으며(Lin 등, 2009), 본 연구의 목적이 근력보다는 기능적 수행능력을 평가하는 것이기 때문에 본 연구에서는 일상생활의 과제를 수행하는데 필요한 상지의 움직임을 WMFT FAS 점수로만 평가하였다. 움직임의 질은 6점 척도로 점수를 매기며, 가장 낮은 점수인 0점은 '수행되지 않음'으로, 가장 높은 점수인 5점은 '정상 움직임'으로 되어 있다. 전체 점수 범위는 0에서 75점까지이다.

나. 동작관찰 동영상

동작관찰 훈련 과정에서 제시한 수도꼭지 열고 잠그기, 각기 다른 병 뚜껑 열기, 전화 걸기 등의 일상생활 동작 과제들은 모두 12가지였다. 훈련 과정에서 제시한 기능적 동작들은 일상생활에 필수적인 동작들을 물리치료사 6명이 논의하여 결정하고 각 과제별로 난이도에 따라 3개의 과제로 나누어 촬영하였다. 각 동작들은 난이도와 복잡성이 점진적으로 증가하도록 하였다. 예를 들어, 수도꼭지 열고 잠그기 과제는 위, 아래로 개폐되는 형태의 수도꼭지를 가장 쉬운 것으로, 90° 각도로 수평으로 개폐되는 형태의 수도꼭지는 중간으로, 360° 회전하여 개폐되는 형태의 수도꼭지는 가장 어려운 것으로 난이도를 구분하였다(그림 1).

각 하위 과제 동영상 시간은 3~4분이었으며 한 과제의 동영상 시간은 10~12분이었다. 동영상에서는 과제에 따라 한 손 또는 두 손을 이용하여 물건을 조작하는 것을 보여주었으며 관찰 후 대상자들에게 동작을 모방하도록 요구하였다. 또한 각 과제별 동영상은 앞쪽, 옆쪽, 뒤쪽 각도에서 촬영하여 3차원에서 관찰할 수 있도록 편집하였다.

3. 연구절차

가. 측정 절차

훈련 전에 모든 대상자들의 상지 기능을 평가하였다.



그림 1. 난이도에 따른 과제 분류의 예. a: 난이도가 가장 쉬운 상하에 개폐되는 수도꼭지, b: 난이도가 중간 정도인 90°로 개폐되는 수도꼭지, c: 난이도가 가장 높은 360°로 개폐되는 수도꼭지.

훈련 과정은 3주였으며, 대상자들은 주 3회, 회당 30분의 동작관찰 훈련에 참가하였다. 3주간의 동작관찰 훈련을 시행한 후 상지 기능 평가를 재시행하였다. 동작관찰 훈련의 효과가 유지되는가를 알아보기 위해 훈련 종료 2주 후에 상지 기능 평가를 다시 시행하였다. 모든 과정을 완수한 대상자들의 상지 기능 평가 점수를 비교 분석하였다.

나. 훈련 절차

대상자들은 조용한 방에서 편안하게 앉아 컴퓨터 화면에서 나오는 기능적 과제를 수행하는 동작들이 포함된 비디오 장면들을 주의 깊게 관찰하였다. 관찰한 후에 대상자들은 관찰한 동작을 반복적으로 모방하며 연습하였다. 동작을 관찰하는 과정에서 대상자들이 동작관찰에 집중하도록 치료사가 개입하여 동작의 중요한 특징이나 움직임 설명해주었다. 처음 관찰 시에는 손을 움직이지 않도록 하였으며 그 이후로는 동작을 관찰하며 연습을 할 수 있도록 하였다.

동영상 관찰 시, 처음에는 일반적인 속도로 동영상을 관찰하였으며 두 번째에는 2배속 느린 속도로 세 번째에는 다시 일반적인 속도로 관찰하도록 하였다. 각 난이도별 과제 동영상 관찰 시간은 약 3~4분이었다. 비디오 관찰 후, 대상자들은 치료사의 도움을 받으며 비디오에서 나온 것과 동일한 물건을 가지고 마비쪽 상지 또는 양손을 이용하여 관찰한 동작을 각 과제 당 약 5분 동안 반복적으로 연습하였다. 훈련 기간은 주 3회, 3주 동안 실시하였다. 1일당 훈련시간은 30분이었으며 총 훈련 횟수는 각 대상자마다 9회였다.

4. 자료분석

대상자들의 일반적 특성을 알아보기 위해 기술통계를 시행하였다. 동작관찰 훈련이 뇌졸중 환자의 상지 기능에 미치는 영향을 알아보기 위해 뇌졸중 환자들의

중재 전과 후, 2주 후 재측정 시의 WMFT FAS 값은 비모수 검정인 Friedman 검정으로 분석하였으며 각 측정 시점간의 차이를 알아보기 위해 Wilcoxon 부호순위 검정으로 비교하였다. 훈련 전후의 차이 크기를 알아보기 위한 효과크기(effect size)는 훈련 전 WMFT FAS 평균과 훈련 후 WMFT FAS 평균의 차이를 훈련 전 표준편차로 나누어 계산하였다(Portney와 Watkins, 2008). 효과크기 .2~.3은 최소 효과, .5는 중등도의 효과, .8 이상은 큰 효과를 의미한다(Cohen, 1988). 모든 통계 분석에서 유의성 검정을 위한 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 정하였다. 모든 자료는 SPSS ver. 15.0 프로그램을 이용하여 분석하였다.

III. 결과

1. 동작관찰 훈련 대상자의 일반적 특성

연구 대상자 17명 중 1명은 2주차에 건강상의 이유로 훈련을 중단하였으며, 2명은 훈련 후 재측정에 참가하지 않아 분석에서 제외하였다. 3주간의 훈련 과정을 마치고 2주 후 추적 평가까지 완수한 대상자는 모두 14명이었다. 동작관찰 훈련에 참가한 뇌졸중 환자들의 일반적 특성은 표 1에 제시하였다. 대상자 중 남자는 11명이었으며 발병전 우세손이 오른쪽인 사람은 모두 12명이었다. 뇌경색으로 인한 뇌졸중은 9명, 뇌출혈로 인한 뇌졸중은 5명이었으며 마비측이 오른쪽인 사람은 9명이었다. 평균 나이는 57.5세였으며 평균 유병기간은 16.5개월이었다.

2. 동작관찰 훈련 전후 상지 기능 비교

3주 동안의 동작관찰 훈련 후 대상자들의 WMFT FAS 결과를 표 2에 나타내었다. 훈련 후 뇌졸중 환자들의 마비쪽 팔의 FAS는 훈련 전 32.21 ± 9.17 점, 훈련 후

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(N=14)

특성		대상자(수)
성별	남자	11
	여자	3
마비부위	오른쪽	5
	왼쪽	9
뇌졸중 유형	뇌경색	9
	뇌출혈	5
유병기간(개월)		16.5±13.2 ^a
나이(년)		57.7±10.5

^a평균±표준편차.

표 2. 동작관찰 훈련 전후 상지 기능 점수 차이

(N=14)

	훈련 전	훈련 후	2주 후	χ^2	p
WMFT FAS ^d	32.21±9.17 ^{ab}	41.64±10.48 ^c	44.92±12.70	21.855	.0001

^a평균±표준편차, ^{b,c}사후분석 결과, 서로 다른 문자는 유의한 차이가 있음(p<.01),

^dWolf Motor Function Test Functional Ability Scale.

41.64±10.48점, 2주 후 재측정에서는 46.92±12.70점이었으며 세 측정 시점 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.001). Bonferroni 교정법으로 유의수준을 조정하여 Wilcoxon 부호순위 검정으로 사후분석한 결과, 훈련 후의 WMFT FAS 점수는 훈련 전보다 유의하게 증가하였다(p<.01). 또한 중재 완료 2주 후에 재평가한 WMFT FAS 점수는 중재 후 값과 유의한 차이가 없었다(p<.01). 훈련 전과 후의 효과크기는 .8 이었으며 이는 매우 큰 치료 효과가 있는 것을 의미한다.

IV. 고찰

본 연구 결과, 손의 기능적 동작을 관찰하고 집중적이고 반복적으로 관찰한 동작을 모방하는 3주간의 훈련을 통해 뇌졸중 환자의 상지 기능이 향상되었다. 또한 그 효과는 훈련 종료 2주 후까지 유지된 것으로 나타났다. 동작관찰은 실행 시와 유사한 운동시스템을 활성화시키며 뇌졸중 재활의 목표가 되는 동작들의 내적 투사를 만들며 동작관찰이 동작 조절의 운동결질의 마지막 영역에 직접적으로 영향을 줄 수 있다고 제안되고 있다(Rizzolatti과 Craighero, 2004). 대상자들이 특정 근육군이 동원되는 동작을 관찰할 때 동일 근육에서 경두개자극(transcranial magnetic stimulation)에 대한 반응이 특이적으로 촉진되었다고 보고되었다(Strafella과 Paus,

2000). 이는 동작관찰과 실행의 신경 기전이 서로 유사하며 움직임의 처리과정은 여기에 기초한다는 것을 말해준다. 본 연구에서 만성 뇌졸중 환자들이 수행한 동작관찰 훈련은 대상자들의 운동 레퍼토리(motor repertoire)에 들어 있는 동작을 관찰하고 이를 모방하려는 과정에서 운동시스템을 동원시켰을 것으로 사료된다.

관찰자의 운동 레퍼토리에 들어 있는 동작은 운동 시스템에 지도화되어 있으며 인간 MNS는 관찰된 동작과 관찰자의 운동 경험이 일치할 때 더 민감하다(Buccino 등, 2004a). 인간의 운동 레퍼토리는 근골격계에 의해 제한을 받지만 그 사람이 학습하여 습득한 기술에도 제한을 받는다. Buccino 등(2001)은 각기 다른 효과기로 물체관련 동작과 비물체관련 동작을 관찰하는 동안 활성화되는 뇌영역을 fMRI로 알아본 연구에서 동작을 관찰할 때 운동앞겉질이 전통적인 운동 호문쿨루스(homunculus)와 유사한 방식으로 몸분절 배열식으로 활성화되었다고 하였다. 이 몸분절적 구성은 동일한 신체분절이 움직일 때의 것과 동일하였다. 또한 다른 사람이 어떤 동작을 하는 것을 볼 때, 우리의 뇌는 우리가 관찰한 동작의 수행을 자극한다(Jeanerod, 2001).

운동경험을 바탕으로 동작을 관찰할 때는 MNS의 영역들이 동원된다. 동작관찰과 관련된 뇌시스템이 개인의 운동 경험에 의해 조정된다면, 어떤 동작을 관찰할 때 운동앞겉질과 마루엽겉질의 활동이 그 동작을 배우지 않은 사람들보다 더 강하게 나타나야 한다.

Calvo-Merino 등(2005)은 전통 발레 무용가와 브라질 전통 무예인 카포에라(capoeira) 전문가들이 발레와 카포에라 동작을 관찰하게 하여 활성화되는 뇌영역을 알아봄으로써 이를 검증하였다. 그 결과 대상자들은 자신들의 운동 레퍼토리에 들어 있지 않은, 운동학적으로 비슷한 동작을 관찰할 때보다 운동 레퍼토리에 들어 있는 동작을 관찰할 때 운동앞걸질, 마루엃걸질, 위관자엽고랑을 포함하는 MNS 영역들이 더 강하게 활성화됨을 보였다. 또한 Haslinger 등(2005)은 전문 화가들이 피아노 연주를 관찰하는 동안 음악에 친숙하지 않는 대조군보다 MNS가 더 강하게 활성화되었다고 하였다.

운동 학습이 되지 않아도 어떠한 동작을 모방할 수 있는 것은 바로 동작관찰 실행 맞추기 시스템을 통해 가능한 것으로 생각된다. 운동모방은 운동관찰, 운동상상, 운동실행을 포함하는 개념이다(Buccino과 Riggio, 2006). 운동모방은 관찰한 동작을 이전의 경험을 통해 기억하고 있는 운동 도식에 맞추는 것을 통해 이루어진다. 동작관찰과 관찰한 동작을 집중적이고 반복적으로 연습하는 재활프로그램은 뇌졸중 환자의 상지 운동 기능향상을 가져올 수 있다. 뇌졸중 환자를 대상으로 하여 동작관찰 훈련을 한 연구에서는 동작관찰 훈련 후 표준화된 상지 기능 평가로 측정된 상지 기능이 증가하였으며, 동작관찰 실행 맞추기 시스템에 관여하는 양쪽 배측운동앞영역, 양쪽 위쪽관자엽이랑, 보완운동영역, 모서리위이랑의 fMRI 상 활성화가 증가되었다고 보고되었다(Ertelt 등, 2007). 이러한 결과는 동작관찰 후 향상된 뇌졸중 대상자들의 운동기술이 운동투사영역 네트워크의 재활성화와 관련이 있다는 것을 의미한다.

이러한 연구들은 새로운 운동기술을 습득하는데 있어 MNS의 특별한 역할을 입증하는 것이며 관찰된 동작이 대상자들의 개인적 운동 레퍼토리에 투사되는 정도에 따라 거울신경세포영역들을 동원한다는 것을 의미한다. 이미 습득되어 있는 운동기술은 동작관찰 동안 뇌 활성화를 일으키며 동작을 준비하고 실행하는데 관여하는 운동영역의 네트워크도 동작관찰에 의해 활성화될 수 있다(Calvo-Merino 등, 2005). 마루엃과 운동앞걸질의 MNS는 단순히 몸 움직임의 시각적 운동학 특성에만 반응하는 것이 아니라 시각입력을 관찰자의 특정 운동 능력으로 전환하는 것으로 사료된다. 단지 관찰만 해도 운동투사영역이 활성화된다는 것은 운동 기술 학습과 운동 재활에 중요한 암시를 준다.

뇌졸중 재활에서 동작관찰을 이용하는데 있어 중요

한 연습 조건은 관찰한 동작을 모방하려는 의도(observation with intent to imitate; OTI)를 가지고 관찰하는 것이다(Garrison 등, 2010). Buccino 등(2004b)은 음악이 생소한 대상자들이 배우의 동작을 보고 기타 코드를 배우도록 요구한 실험에서 OTI 동안 활성화되는 뇌 영역들을 연구하였다. 연구 결과, MNS와 관련된 뇌 영역들이 관찰할 때부터 관찰한 코드를 실행할 때까지 활성화되었다고 보고하였다. OTI 동안의 신경활동은 동작관찰과 실행 시에 활성화되는 영역들과 겹치기 때문에(Garrison 등, 2010), OTI는 뇌졸중 재활에서 물리치료를 보완할 수 있는 접근법에 적용 될 수 있다(Buccino 등, 2006; Ertelt 등, 2007). 이 연구 결과들은 OTI와 운동 훈련을 결합하면 운동기능을 유의하게 향상시킬 수 있으며 MNS가 포함된 운동 관련 뇌영역들의 신경활동을 증진시킬 수 있다는 것을 의미한다. 뇌졸중 재활에서 MNS에 기반을 둔 방법들로 뇌손상 이전에 형성된 운동 경험이 있는 동작들을 운동 시스템에 투사시킨다면 더 많은 이점을 얻을 수 있다.

본 연구에서는 뇌졸중 후 상지의 기능적 향상을 위한 재활의 프로그램으로써 동작관찰 훈련의 가능성을 알아보기 위해 한 집단의 뇌졸중 환자들을 훈련시켰으며 대조군은 없었다. 따라서 이러한 실험 설계의 제한점으로 인해, 동작관찰 훈련의 효과에 대한 인과관계를 명확하게 설명할 수는 없다. 그러나 재활에 동작관찰과 모방을 결합하여 운동상상으로 이전의 운동 경험들을 떠올리게 하고 그에 맞추어 실행하도록 하면 긍정적 효과를 기대할 수 있다(Page 등, 2001). 최근 Ewan 등(2010)은 8명의 뇌졸중 환자를 대상으로 일대일 인터뷰를 통해 환자 개인에게 의미있는 목표를 정하고 개별화된 동작관찰 훈련 프로그램을 진행하였다. 연구자들은 개별화되어 있고 개인과 관련이 있는 동작관찰 훈련은 뇌졸중 재활에서 타당한 중재가 될 수 있다고 제안하였다.

본 연구에서는 만성 뇌졸중 환자들에게 일상생활동작을 관찰하도록 요구하였고 이 동작들은 대상자들이 운동 경험을 가지고 있으며 대상자들의 운동 레퍼토리에 이미 들어 있는 동작들이었다. 또한 대상자들은 모두 만성 뇌졸중 환자였으며 물리치료와 작업치료를 포함하는 재활 훈련을 3개월 이상 받은 사람들이었기 때문에 본 연구의 결과는 동작관찰 훈련의 긍정적 효과를 입증하였으며 동작관찰 훈련을 전통적 재활 중재에 포함시키면 추가적인 기능적 효과를 얻을 수 있다는 가능성을 입증하는 것이다.

앞서 언급한 연구들과 본 연구의 결과를 토대로,

MNS는 동작관찰과 관련된 운동기능의 회복과 운동학습에 중요한 역할을 하기 때문에 추후 연구에서는 동작관찰 훈련의 효과를 입증할 수 있는 대조군을 추가한 실험 설계가 이루어져야 한다. 재활과정에서는 손 기능뿐 아니라 다양한 기능적 활동을 재학습해야 하기 때문에 걷기, 앉기, 일어서기 등의 다양한 기능적 활동을 관찰하고 훈련하는 것에 대한 연구도 진행되어야 한다. 또한 앞에서 언급하였던 Ewan 등(2010)의 연구에서처럼 개인에게 의미있는 동작을 파악하고 그와 관련이 있는 자극과 움직임들로 이루어진 동작관찰 훈련을 환자 개개인에 맞도록 구성하여 진행하는 연구가 진행된다면 뇌졸중 재활에 중요한 암시를 주는 연구가 될 것이다.

V. 결론

뇌졸중 재활에서 동작관찰 훈련의 적용 가능성을 알아보기 위해 뇌졸중 후 편마비가 있는 만성 뇌졸중 환자들을 대상으로 3주간의 동작관찰 훈련을 실시한 결과, 중재 후 뇌졸중 환자의 상지 기능이 중재 전에 비해 향상되었다. 그 효과는 훈련 종료 후 2주 시점까지 유지되는 것으로 나타났다. 재활의 일반적인 목표가 기존의 기능적 활동을 재학습하는 것이기 때문에 MNS가 관여하는 관찰 실험 맞추기 기전을 통한 동작관찰 훈련을 전통적 재활 중재에 포함시키면 추가적인 기능적 효과를 얻을 수 있다는 가능성을 입증하였다.

인용문헌

김종만, 양병일, 이문규. 동작관찰훈련이 뇌졸중 환자의 손 조작능력에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2010;17(2):17-24.

Bobath B. Adult Hemiplegia: Evaluation and treatment. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1990.

Buccino G, Binkofski F, Fink GR, et al. Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: An fMRI study. Eur J Neurosci. 2001;13(2):400-404.

Buccino G, Lui F, Canessa N, et al. Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspicuous: An fmri study. J Cogn

Neurosci. 2004a;16(1):114-126.

Buccino G, Riggio L. The role of the mirror neuron system in motor learning. Kinesiology. 2006;38(1):5-15.

Buccino G, Solodkin A, Small SL. Functions of the mirror neuron system: Implications for neurorehabilitation. Cogn Behav Neurol. 2006;19(1):55-63.

Buccino G, Vogt S, Ritzl A, et al. Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: An event-related fMRI study. Neuron. 2004b;42(2):323-334.

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.

Carr JH, Shepherd RB. Neurological Rehabilitation: Optimizing motor performance, 2nd ed. Oxford, Churchill Livingstone, 2002.

Cattaneo L, Rizzolatti G. The mirror neuron system. Arch Neurol. 2009;66(5):557-560.

Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. San Diego, CA, Academic Press, Lawrence Erlbaum, 1988.

de Vries S, Mulder T. Motor imagery and stroke rehabilitation: A critical discussion. J Rehabil Med. 2007;39(1):5-13.

Dobkin BH. Clinical practice. Rehabilitation after stroke. N Engl J Med. 2005;352(16):1677-1684.

Dobkin BH. Training and exercise to drive poststroke recovery. Nat Clin Pract Neurol. 2008;4(2):76-85.

Ertelt D, Small S, Solodkin A, et al. Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. NeuroImage. 2007;36:164-173.

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.

Fabbri-Destro M, Rizzolatti G. Mirror neurons and mirror systems in monkeys and humans. Physiology (Bethesda). 2008;23:171-179.

Garrison KA, Winstein CJ, Aziz-Zadeh L. The mirror neuron system: A neural substrate for methods in stroke rehabilitation. Neurorehabil Neural

- Repair. 2010;24(5):404-412.
- Haslinger B, Erhard P, Altenmüller E, et al. Transmodal sensorimotor networks during action observation in professional pianists. *J Cognitive Neurosci.* 2005;17(2):282-293.
- Iacoboni M, Dapretto M. The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci.* 2006;7(12):942-951.
- Iacoboni M, Woods RP, Brass M, et al. Cortical mechanisms of human imitation. *Science.* 1999;286(5449):2526-2528.
- Jeannerod M. Neural simulation of action: A unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage.* 2001;14(1 Pt 2):S103-109.
- Johansson BB. Current trends in stroke rehabilitation: A review with focus on brain plasticity. *Acta Neurol Scand.* 2011;123(3):147-159.
- Koch G, Versace V, Bonni S, et al. Resonance of cortico-cortical connections of the motor system with the observation of goal directed grasping movements. *Neuropsychologia.* 2010.
- Lin JH, Hsu MJ, Sheu CF, et al. Psychometric comparisons of 4 measures for assessing upper-extremity function in people with stroke. *Phys Ther.* 2009;89(8):840-850.
- Morris DM, Uswatte G, Crago JE, et al. The reliability of the wolf motor function test for assessing upper extremity function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(6):750-755.
- Nudo RJ. Mechanisms for recovery of motor function following cortical damage. *Curr Opin Neurobiol.* 2006a;16(6):638-644.
- Nudo RJ. Plasticity. *NeuroRx.* 2006b;3(4):420-427.
- Oujamaa L, Relave I, Froger J, et al. Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review. *Ann Phys Rehabil Med.* 2009;52(3):269-293.
- 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.
- Perrett DI, Harries MH, Bevan R, et al. Frameworks of analysis for the neural representation of animate objects and actions. *J Exp Biol.* 1989;146:87-113.
- Portney L, Watkins M. Foundations of clinical re- search: Applications to practice. 3rd ed. New Jersey, Prentice Hall, 2008.
- Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci.* 2004;27:169-192.
- Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, et al. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Brain Res Cogn Brain Res.* 1996;3(2):131-141.
- Shepherd RB. Exercise and training to optimize functional motor performance in stroke: Driving neural reorganization? *Neural Plast.* 2001;8(1-2):121-129.
- Small SL, Buccino G, Solodkin A. The mirror neuron system and treatment of stroke. *Dev Psychobiol.* 2010.
- Stefan K, Cohen LG, Duque J, et al. Formation of a motor memory by action observation. *J Neurosci.* 2005;25(41):9339-9346.
- Strafella AP, Paus T. Modulation of cortical excitability during action observation: A transcranial magnetic stimulation study. *Neuroreport.* 2000;11(10):2289-2292.
- Umiltà MA, Kohler E, Gallese V, et al. I know what you are doing: A neurophysiological study. *Neuron.* 2001;31(1):155-165.
- Voss DE, Ionta MK, Myers BJ. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: Patterns and techniques. 3rd ed. Philadelphia, Harper & Row, 1985.
- Wolf SL, Catlin PA, Ellis M, et al. Assessing wolf motor function test as outcome measure for research in patients after stroke. *Stroke.* 2001;32(7):1635-1639.
- Wolf SL, Lecraw DE, Barton LA, et al. Forced use of hemiplegic upper extremities to reverse the effect of learned nonuse among chronic stroke and head-injured patients. *Exp Neurol.* 1989;104(2):125-132.
- Wolf SL, Winstein CJ, Miller JP, et al. Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: The EXCITE randomized clinical trial. *JAMA.* 2006;296(17):2095-2104.

논문접수일 2011년 3월 30일

논문게재승인일 2011년 5월 2일