

# Effects of Action Observation Training and Mirror Therapy on the Electroencephalograms of Stroke Patients

Ho Jung Lee<sup>1</sup>, Jong Su Lee<sup>1</sup>, Young Mi Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate Student, Department of Rehabilitation Science, Graduate school, Daegu University, Daegu, Republic of Korea; <sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Andong Science College, Andong, Republic of Korea

**Purpose:** This study examined the effectiveness of action observation training (AOT) and mirror therapy in improving the electroencephalograms (EEG) of stroke patients.

**Methods:** Patients were allocated randomly to three groups: an action observation training with activity (AOTA) group (n = 12), a mirror therapy with activity (MTA) group (n = 11), and an AOT-only group (n = 12). All groups received conventional physiotherapy in five 60-minute sessions over six weeks. The AOTA, MTA, and AOT groups practiced AOTA, MTA, and AOT, respectively, in three 30-minute sessions over six weeks. The differences between the pre- and post-treatment EEGs were assessed using a paired t-test. Comparisons between the groups were performed using one-way ANOVA.

**Results:** The participants in the AOTA and MTA groups showed significant improvement in the EEG. AOTA improved the alpha waves of the prefrontal, temporal, and parietal lobes significantly ( $p < 0.05$ ). MTA improved the alpha waves of the temporal lobe significantly ( $p < 0.05$ ). AOT did not result in significant improvement.

**Conclusion:** AOTA and MTA improve stroke patients' EEGs. Mirror neuron activation combined with conventional stroke physiotherapy promotes motor recovery and functioning. The effect is enhanced when the actions are executed after observation. Further research into mirror neuron activation will be needed to develop methods to improve the EEGs of stroke patients.

**Keywords:** Action observation, Mirror therapy, EEG, Stroke

## 서론

뇌졸중 환자는 운동기능의 손상으로 인해 근력 약화, 비정상적인 움직임, 근긴장도 감소, 수의적 움직임 조절의 저하를 나타내고, 이는 일상생활 능력과 보행과 같은 기능적 활동 능력을 제한하게 된다.<sup>1,2</sup>

이러한 뇌졸중 환자의 운동기능 회복을 촉진하고 뇌가소성을 촉진하기 위해서 적절한 운동중재와 함께 시각, 청각, 촉각, 고유수용성 정보들을 이용하는 것이 치료의 효율성을 증가시킬 수 있다.<sup>3</sup> 최근 거울치료훈련<sup>4</sup> 동영상 이용 동작용찰훈련,<sup>5</sup> 동작용찰과 운동심상을 비교한 훈련<sup>6</sup> 등과 같은 다양한 인지적 중재기법들에 대한 연구가 이뤄지고 있으며, 이와 같은 간접수행 접근법들이 운동수행과 관련된 대뇌피질의 활성화를 촉진하고 환자의 기능회복에 긍정적인 영향을 준다는 연구 결과들이 다양하게 제시되고 있다.

인간을 대상으로 하여 인지적 활동을 필요로 하는 운동, 심상을 통

한 학습훈련, 동작용찰을 통한 학습훈련 등과 같이 주어진 과제에 대해 집중하거나 동작을 이해할 때 거울신경원이 위치하는 앞운동영역 (premotor area)과 아래마루엽(inferior parietal lobe)의 피질 흥분성이 증가되는 것을 통해 거울신경원이 운동학습에 관여한다는 다양한 근거들이 보고되고 있고,<sup>7</sup> 실제적 움직임과 동일한 운동사슬의 신경회로 흥분을 통해 관련된 뇌 영역의 잠재적 활성을 만들어내게 된다.<sup>8</sup>

동작용찰훈련은 실제로 자신이 운동을 수행할 때나 다른 사람이 수행하는 움직임을 관찰할 때 발화하는 특징을 가진 거울신경원 (mirror neuron)의 활성에 근거를 두고 있으며, 스포츠 선수, 일반인, 운동장애를 가진 환자에게도 운동기술의 향상과 학습을 위해 적용되고 있는 인지적 중재 방법이다.<sup>9,10</sup>

거울신경원의 활성을 이용한 또 다른 중재기법으로 Ehrsson 등<sup>11</sup>은 거울을 이용한 시각적 착시가 뇌졸중 환자의 운동기능 회복을 증진시킬 수 있는 인지적 중재기법이라고 제시하였으며, Thirumala 등<sup>12</sup>은

Received Mar 10, 2021 Revised Apr 13, 2021

Accepted Apr 25, 2021

Corresponding author Young Mi Kim

E-mail h1015m@naver.com

Copyright ©2021 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

거울을 통해 상지와 손의 움직임을 관찰하였을 때 일차운동피질영역(primary motor area)과 양측 아래마루엽(inferior parietal lobe)의 흥분이 증가되는 것을 통해 거울신경원에 의한 거울치료의 효과를 증명하였다. 거울치료훈련은 거울신경시스템의 활성화에 근거를 두며,<sup>13</sup> 거울에 반영된 자신의 비마비측 사지의 움직임을 관찰함으로써 거울신경원의 활성화를 일으키고 운동피질의 활성화를 유도하며, 대부분의 감각운동(sensorymotor)훈련의 전략과 대조되는 시각적 자극에 중점을 둔다.<sup>14</sup>

뇌파는 객관적이고 비침습적이며 연속적으로 간단하게 두뇌기능 상태를 실시간으로 평가할 수 있는 매우 우수한 검사법으로 복잡한 과제를 수행하는 동안 뇌에서 진행되고 있는 활동을 평가하고 일정 기간 훈련을 통해 특정범위 뇌파 조절을 학습하게 하고 적정 수준의 뇌파 조절은 뇌 활성화와 대상자의 각성 수준 향상을 통하여 대상자의 다양한 기능적 요소에 영향을 미치게 한다는 점에서 뇌 기능의 평가와 뇌질환의 진단 및 치료에 자주 이용되고 있다.<sup>15</sup>

이처럼 거울치료훈련과 동작관찰훈련 같은 인지적 중재기법이 뇌졸중 환자를 위한 치료적 접근법으로 적용되고 있으나, 이들 중 어떠한 훈련법이 환자의 손상된 기능을 회복시키는 피질 활성화에 효과적인지는 명확하게 밝혀져 있지 않다. 거울치료훈련과 동작관찰훈련을 직접적으로 비교하거나 동작관찰 후 관찰한 동작의 실제 신체 훈련의 여부에 따른 효과를 비교한 연구는 부족한 실정이며 이에 본 연구는 관찰한 움직임과 같은 동작의 신체 훈련을 병행한 동작관찰훈련군과 거울치료훈련군, 관찰 후 신체 훈련이 없는 동작관찰군을 비교하여 뇌졸중 환자의 뇌파 변화에 미치는 영향을 알아보고자 하며 어떠한 중재 방법이 뇌졸중 환자의 기능적 변화를 일으키는 피질 활성화에 더 효과적인지 제시하고자 한다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 ○○시 소재의 S요양병원에 입원 중인 뇌졸중 환자 36명을 대상으로 실행하였다. 36명의 대상자를 동작관찰훈련(AOTA)군, 거울치료훈련(MTA)군, 동작관찰(AOT)군으로 무작위로 배정하였다. 본 연구에 참여한 대상자는 총 36명이었으나 거울치료군(MTA)군 중 1명이 퇴원하여 최종적으로 35명이 참여하였다. 연구 대상자의 일반적 특성에 대한 동질성 검정에서 각 그룹 간 유의한 차이는 보이지 않았다( $p > 0.05$ )(Table 1). 연구대상자들에게 실험을 실시하기 전 연구의 목적과 절차에 대하여 설명을 하였고, 참여한 대상자들은 모두 이에 동의를 하였다.

**Table 1.** General characteristics of the subjects

	AOTA	MTA	AOT	p
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	
Age (yr)	62.8±7.4	57.3±5.7	59.8±6.7	0.15
High (cm)	165.3±6.9	165.6±6.6	162.2±11.8	0.58
Weight (kg)	68.3±9.7	61.8±10.6	59.9±10.6	0.12
MMSE-K (score)	26.7±2.5	26.8±2.04	27.8±2.1	0.44

\* $p < 0.05$ .

## 2. 실험 방법

### 1) 측정도구 및 방법

#### (1) 뇌파 측정

뇌파 측정은 LAXTHA의 Poly G-I System (Korea)을 사용하여 데이터를 수집하였고, 소음이 발생하지 않고 일정한 조도와 온도가 유지될 수 있는 독립된 공간에서 대상자가 눈을 감고 의자에 앉아 편안한 상태에서 3분 동안 측정하였다. 다른 검사의 간섭을 받지 않도록 하기 위하여 아무런 훈련도 하지 않은 편안한 상태에서 본 연구에서 시행되는 다른 검사보다 먼저 측정하도록 하였고, 10-20 국제 전극 배치법에 따라 8개의 전극을 부착하였다. 10-20 국제 전극배치법에 따라 좌측 전전두부(Frontopolar 1, Fp1), 우측 전전두부(Frontopolar 2, Fp2), 좌측 전두부(Frontal 3, F3), 우측 전두부(Frontal 4, F4), 좌측 측두부(Temporal 3, T3), 우측 측두부(Temporal 4, T4), 좌측 두정부(Parietal 3, P3), 우측 두정부(Parietal 4, P4)에 8개의 전극을 부착하였다.

뇌의 활동 수준을 알아볼 수 있는 뇌파는 약 1-60 Hz의 주파수와 5-300  $\mu V$  (보통은 20-100  $\mu V$ )의 전위변동을 내고, 측정과 분석에 따라 배경 뇌파라 불리는 자발 뇌파(spontaneous potential, SP)와 유발 뇌파(evoked potential, EP)로 분류된다. 자발 뇌파 또는 자발 뇌 전위라고 하며 외부자극이 주어지지 않은 상태에서의 대뇌피질 신경세포활동을 의미한다. 유발 뇌파는 유발 뇌 전위라고도 하며 특정 정보가 있는 자극을 반복적으로 제시한 후 주어진 자극의 처리와 관련한 대뇌피질의 신경세포활동을 의미한다. 배경 뇌파는 주파수의 영역에 따라 다섯 가지 유형의 뇌파로 구분하며 서파(slow wave)인 델타파, 세타파, 알파파와 속파(fast wave)인 베타파, 감마파 등으로 나뉜다. 서파인 알파파는 주로 안정시 눈을 감고 진정된 상태에서 나타나며 눈을 뜨고 물체를 주시하거나 정신적으로 흥분하면 알파파는 억제되고, 속파인 베타파는 중심부(central area)나 이마부에서 우세하게 나타난다.

#### (2) 뇌파 분석

뇌파분석 시스템인 Complecity 2.0 (Laxtha Inc., Daejeon, Korea)을 이용하여 처음과 마지막 60초를 제외한 1분을 분석에 사용하였으며, 잡음에 오염될 확률이 높은 델타파 구간을 제외한 4-50 Hz 구간만을 추출하여 분석하였다. 고속 푸리에 변환(fast fourier transform, FFT)을

사용하여 자료를 필터링하였으며, 주파수에 따라 분류하는 파워 스펙트럼 분석을 이용하였다. 두피의 특정 전극의 특정 주파수에서 측정되는 전압으로 주파수 대역별 파워가 절대 파워(absolute band power)이며 절대 값에 대한 주어진 주파수대를 백분율로 산출한 값을 각 주파수 대역의 상대 파워(relative band power)라 하며, 0에서 1사이 값을 가지며 백분율(0-100%)로 표시하였다. 상대파워분석은 절대파워 분석 값에 비하여 국소적 뇌기능의 반영에 더욱 예민하며 피험자 별로 차이가 날 수 있는 두개골 두께 차이, 측정 당시 두피의 전기적 상태, 긴장도와 같은 측정 변인을 줄일 수 있고 인지 기능과 뇌파의 연관성을 잘 나타내기 때문에 뇌 기능 연구에서 많이 이용되고 있다는 점에서 본 연구에서도 상대파워분석을 통해 산출된 주파수를 주파수대 별로 눈을 감고 편안한 상태에서 출현하는 상대 알파파(8-13 Hz/4-50 Hz), 단순 과제를 할 때나 간단한 집중력이 요구되는 문제를 해결할 때 출현하는 상대 베타파(13-20 Hz/4-50 Hz)를 분석 하였다.

### 3. 실험절차

본 연구는 사전-사후 검사 대조군 설계(pre-post test control group design)로 연구 집단은 중재 방법에 따라 동작관찰훈련(AOTA)군, 거울 치료훈련(MTA)군, 동작관찰(AOT)군으로 무작위로 선출하였다.

훈련프로그램은 6주간에 걸쳐 주 3회 실시하였으며, 훈련 전과 후의 3일은 그룹에 상관없이 평가만 실시하여 각 군당 총 7주간 실험을 진행하였고 평가 항목은 뇌파를 측정하였다. 동작관찰훈련(AOTA)군은 하루에 동작관찰 15분과 관찰한 동작과 같은 동작의 신체 훈련을 15분 하였고, 거울치료훈련(MOT)군은 하루에 거울치료 15분과 같은 동작의 신체 훈련을 15분 하였으며, 동작관찰(AOT)군은 하루에 30분씩 신체 훈련이 없는 동작관찰만을 실시하였다. 세 군은 모두 하루 30분씩 2회 공통적으로 일반적인 물리치료를 적용하였다(Figure 1).

#### 1) 동작관찰훈련

동작관찰훈련은 Sütbeyaz 등<sup>16</sup>의 거울치료 프로그램을 수정 보완하여 발등굽힘근에 대한 훈련을 난이도에 따라 3단계로 구성하여 적용하였으며 각 단계의 동작관찰훈련은 2주간 6회 실시하도록 하였다. 1단계는 무릎관절 펴고 발등굽힘근의 훈련으로 구성하였으며, 2단계는 무릎관절 굽힘근과 발등굽힘근의 훈련으로 구성하였다. 3단계는 엉덩관절과 무릎관절 굽힘근과 발등굽힘근의 훈련으로 구성하였다.

#### 2) 거울치료훈련

거울치료훈련은 가로 50 cm, 세로 70 cm의 거울과 높이 20 cm, 가로 60 cm, 세로 50 cm인 디딤판을 사용하였다. 대상자들은 등받이와 팔걸이가 있는 의자에 무릎을 90° 굽힘하고 편안하게 앉은 자세로 시각

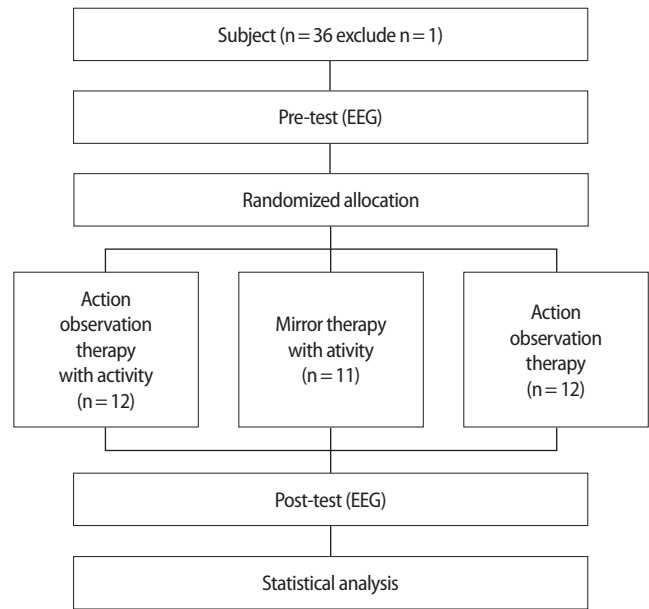


Figure 1. Diagram of experimental process.

적인 피드백을 거울에 비친 비마비측 다리의 모습으로만 받게 하기 위해 마비측에 거울을 배치하고 비마비측 하지의 앞쪽에 디딤판을 배치하였다. 훈련 프로그램은 동작관찰훈련에 적용된 내용과 동일한 내용의 움직임임을 3단계로 구성하였다.

#### 3) 동작관찰

동작관찰군은 팔걸이가 있는 의자에 편안히 앉아 1 m 앞에 설치된 모니터를 통하여 다른 사람이 수행하는 움직임이 있는 동영상을 시청하였으며, 관찰 부위에 따른 개인 간의 편차를 줄이기 위해 전면과 측면 동영상을 좌측 편마비용과 우측 편마비용으로 따로 제작하여 제공하였다. 시청하는 동안 대상자에게 동영상의 내용을 따라하거나 움직이지 않도록 요구하였고 동영상의 내용에 집중할 수 있도록 치료사가 독려하였다.

#### 4) 일반적인 물리치료

입원중인 병원의 치료 스케줄에 따라 진행되는 중추신경계 발달치료로 세 군 모두 6주간 주 5회 30분의 치료를 하루에 2회 받았으며 운동프로그램은 근력 증진과 감각 입력을 위한 앉았다 일어서기 운동, 몸통의 안정성 및 가동 능력 증진을 위한 골반 조절 훈련, 자세 균형 조절을 위한 체중 지지 및 체중 이동 훈련, 보행패턴을 위한 하지의 조절 훈련, 다양한 환경의 보행훈련 등이 포함되었다.

### 4. 자료분석

본 연구에서 얻은 자료는 SPSS Version 21.0을 이용하여 통계 처리하였다. Shapiro-Wilk 검정을 이용하여 변수들의 정규성 검정을 하였으

며 대상자들의 일반적인 특성은 기술통계를 사용하였다. 각 그룹 내 훈련 방법에 따른 종속변수의 전후 차이를 비교하기 위하여 대응표본 t 검정(paired t-test)을 시행하였고 세 그룹 간 훈련 방법에 따른 종속변수의 차이를 비교하기 위하여 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였으며. 사후검정으로는 최소 유의차 검정(LSD)을 이용하였다. 모든 통계학적 유의 수준( $\alpha$ )은 0.05로 하였다.

## 결 과

### 1. 훈련 전후 세 군 간의 상대 알파파의 채널별 변화 비교

AOTA군은 Fp영역에서 훈련 전  $0.24 \pm 0.09 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.37 \pm 0.17 \mu V$ 로 유의하게 증가하였으며( $p < 0.05$ ), F영역에서 훈련 전  $0.26 \pm 0.12 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.31 \pm 0.12 \mu V$ 로 증가하였으나 유의한 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ). T영역에서 훈련 전  $0.25 \pm 0.11 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.39 \pm 0.15 \mu V$ 로 유의하게 증가하였으며( $p < 0.05$ ), P영역에서 훈련 전  $0.34 \pm 0.19 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.47 \pm 0.14 \mu V$ 로 유의하게 증가하였다( $p < 0.05$ ).

MTA군은 Fp영역에서 훈련 전  $0.19 \pm 0.11 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.34 \pm 0.21 \mu V$ 로 증가하였고, F영역에서 훈련 전  $0.20 \pm 0.13 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.30 \pm 0.13 \mu V$ 로 증가하였으나 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). T영역에서 훈련 전  $0.18 \pm 0.10 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.37 \pm 0.16 \mu V$ 로 유의하게 증가하였고( $p < 0.05$ ), P영역에서 훈련 전  $0.25 \pm 0.20 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.43 \pm 0.19 \mu V$ 로 증가하였으나 유의한 변화를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ).

AOT군은 Fp영역에서 훈련 전  $0.26 \pm 0.13 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.27 \pm 0.14 \mu V$ 로 증가하였으나 유의한 변화를 보이지 않았고( $p > 0.05$ ), F영역에서 훈련 전  $0.32 \pm 0.11 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.30 \pm 0.14 \mu V$ 로 감소하였고, T영역에서 훈련 전  $0.27 \pm 0.09 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.24 \pm 0.07 \mu V$ 로 감소하였으며, P영역에서 훈련 전  $0.41 \pm 0.14 \mu V$ 에서 훈련 후  $0.33 \pm 0.16 \mu V$ 로 감소하였으나 유의한 변화를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ).

훈련 후 각 그룹 간 상대 알파파의 변화는 T영역에서 유의한 차이를 보였고( $p < 0.05$ )(Table 2), 훈련 후 세 그룹 간의 증대 형태에 따른 차이를 알아보기 위한 LSD 사후검정을 시행한 결과에서 T영역에서 AOTA군과 AOT군, MTA군과 AOT군 간에 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ )(Table 3).

**Table 2.** The comparison a each of mean for relative alpha wave between pre and post value for the three groups (Unit:  $\mu V$ )

	Pre-value	Post-value	Value difference	t	p
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD		
<b>Fp</b>					
AOTA	0.24 $\pm$ 0.09	0.37 $\pm$ 0.17	0.13 $\pm$ 0.20	2.28	0.04*
MTA	0.19 $\pm$ 0.11	0.34 $\pm$ 0.21	0.15 $\pm$ 0.27	1.86	0.09
AOT	0.26 $\pm$ 0.13	0.27 $\pm$ 0.14	0.00 $\pm$ 0.20	0.11	0.91
f	1.28	1.02			
p	0.29	0.37			
<b>F</b>					
AOTA	0.26 $\pm$ 0.12	0.31 $\pm$ 0.12	0.04 $\pm$ 0.17	0.92	0.37
MTA	0.20 $\pm$ 0.13	0.30 $\pm$ 0.13	0.10 $\pm$ 0.20	1.66	0.12
AOT	0.32 $\pm$ 0.11	0.30 $\pm$ 0.14	-0.02 $\pm$ 0.19	0.43	0.67
f	2.85	0.02			
p	0.07	0.97			
AOTA	0.25 $\pm$ 0.11	0.39 $\pm$ 0.15	0.13 $\pm$ 0.19	2.42	0.03*
<b>T</b>					
MTA	0.18 $\pm$ 0.10	0.37 $\pm$ 0.16	0.19 $\pm$ 0.21	3	0.01*
AOT	0.27 $\pm$ 0.09	0.24 $\pm$ 0.07	-0.02 $\pm$ 0.11	0.84	0.41
f	2.23	3.82			
p	0.12	0.03*			
AOTA	0.34 $\pm$ 0.19	0.47 $\pm$ 0.14	0.12 $\pm$ 0.19	2.24	0.04*
<b>P</b>					
MTA	0.25 $\pm$ 0.20	0.43 $\pm$ 0.19	0.17 $\pm$ 0.29	1.95	0.79
AOT	0.41 $\pm$ 0.14	0.33 $\pm$ 0.16	-0.08 $\pm$ 0.19	1.39	0.19
f	2.06	2.22			
p	0.14	0.12			

Fp: Pre-Frontal lobe, F: Frontal lobe, T: Temporal lobe, P: Parietal lobe.  
\* $p < 0.05$ .

2. 훈련 전후 세 군 간의 상대 베타파의 채널별 변화 비교

AOTA군은 Fp영역에서 훈련 전 0.26±0.12 μV에서 훈련 후 0.18±0.08 μV로 감소하였고, F영역에서 훈련 전 0.27±0.11 μV에서 훈련 후 0.28±0.08 μV로 증가하였으나 유의한 변화를 보이지 않았다(p>0.05). T영역에서 훈련 전 0.31±0.10 μV에서 훈련 후 0.21±0.09 μV로 유의하게 감소하였고(p<0.05), P영역에서 훈련 전 0.27±0.12 μV에서 훈련 후 0.20±0.08 μV로 감소하였으나 유의한 변화를 나타내진 않았다(p>0.05).

MTA군은 Fp영역에서 훈련 전 0.32±0.14 μV에서 훈련 후 0.20±0.11 μV로 유의하게 감소하였고(p<0.05), F영역에서 훈련 전 0.34±0.09 μV에서 훈련 후 0.32±0.08 μV로 감소하였고, T영역에서 훈련 전 0.35±0.08 μV에서 훈련 후 0.26±0.08 μV로 감소하였고, P영역에서 훈련 전 0.35±0.10 μV에서 훈련 후 0.28±0.08 μV로 감소하였으나 유의한 변화를 보이지 않았다(p>0.05).

AOT군은 Fp영역에서 훈련 전 0.21±0.12 μV에서 훈련 후 0.17±0.08 μV로, F영역에서 훈련 전 0.24±0.09 μV에서 훈련 후 0.19±0.07 μV로, T영역에서 훈련 전 0.28±0.10 μV에서 훈련 후 0.22±0.08 μV로, P영역에서 훈련 전 0.23±0.10 μV에서 훈련 후 0.20±0.07 μV로 감소하였으나 유의한 변화를 보이지 않았다(p>0.05).

훈련 후 각 그룹 간 상대 베타파의 변화는 F영역에서 유의한 차이를 보였고(Table 4), 훈련 후 세 그룹 간의 중재 형태에 따른 차이를 알아보기 위한 LSD 사후검정을 시행한 결과에서 F영역에서 AOTA군과 AOT군, MTA군과 AOT군 간에 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(Table 5).

Table 3. LSD test of T area of relative alpha wave on each group (Unit: μV)

Intervention	Intervention	MD	SE	p
T				
AOTA	MTA	0.01	0.05	0.82
	AOT	0.14	0.05	0.01*
MTA	AOTA	-0.01	0.05	0.82
	AOT	0.12	0.05	0.03*
AOT	AOTA	-0.14	0.05	0.01*
	MTA	-0.12	0.05	0.03*

Fp: Pre-Frontal lobe, F: Frontal lobe, T: Temporal lobe, P: Parietal lobe.  
\*p<0.05.

Table 4. The comparison a each of mean for relative beta wave between pre and post value for the three groups (Unit : μV)

	Pre-value	Post-value	Value difference	t	p
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD		
Fp					
AOTA	0.26±0.12	0.18±0.08	-0.07±0.13	2.06	0.63
MTA	0.32±0.14	0.20±0.11	-0.12±0.17	2.35	0.04*
AOT	0.21±0.12	0.17±0.08	-0.04±0.12	1.12	0.28
f	2	0.17			
p	0.15	0.84			
F					
AOTA	0.27±0.11	0.28±0.08	0.0±0.11	0.15	0.88
MTA	0.34±0.09	0.32±0.08	-0.01±0.14	0.31	0.76
AOT	0.24±0.09	0.19±0.07	-0.05±0.09	1.92	0.08
f	2.54	8.9			
p	0.09	0.01			
AOTA	0.31±0.10	0.21±0.09	-0.09±0.11	2.85	0.01*
T					
MTA	0.35±0.08	0.26±0.08	-0.09±0.14	2.14	0.05
AOT	0.28±0.10	0.22±0.08	-0.06±0.11	1.88	0.08
f	2.03	0.95			
p	0.14	0.639			
AOTA	0.27±0.12	0.20±0.08	-0.07±0.12	2.18	0.52
P					
MTA	0.35±0.10	0.28±0.11	-0.07±0.15	1.49	0.16
AOT	0.23±0.10	0.20±0.07	-0.03±0.07	1.57	0.14
f	3.02	2.8			
p	0.06	0.07			

Fp: Pre-Frontal lobe, F: Frontal lobe, T: Temporal lobe, P: Parietal lobe.  
\*p<0.05.



**Table 5.** LSD test of F area of relative beta wave on each group (Unit:  $\mu$ V)

Intervention	Intervention	MD	SE	p	
F	AOTA	MTA	-0.04	0.03	0.19
		AOT	0.9	0.03	0.01*
MTA	AOTA	AOTA	0.04	0.03	0.19
		AOT	0.13	0.03	0.01*
AOT	AOTA	AOTA	-0.09	0.03	0.01*
		MTA	-0.13	0.03	0.01*

Fp: Pre-Frontal lobe, F: Frontal lobe, T: Temporal lobe, P: Parietal lobe.  
\* $p < 0.05$ .

## 고찰

뇌졸중 환자들은 정상인에 비해 알파파와 베타파가 감소하고 이것은 인지수행력 장애와 밀접한 관계가 있다. 낮은 알파파는 뇌가 휴식을 취하지 못해 안정된 상태를 만들지 못하고 뇌의 활동성이 저조한 상태이며, 알파파 상태에서는 정신 및 육체적 긴장이 이완되어 스트레스가 해소되고 집중력과 기억력이 향상되는 것으로 알려져 있다.<sup>17</sup>

Foxe와 Synder 등<sup>18</sup>은 감각 운동과정에서 수의적으로 집중되었을 때 알파파가 감소한다고 보고하였으며, Cannon 등<sup>19</sup>은 정상인을 대상으로 한 연구에서 과제로 주어진 동작에 대한 경험이 있는 대상자를 실행군과 동작관찰군으로 나누고 과제로 주어진 동작에 대한 경험이 없는 대상자를 세 번째 군으로 두어 뇌파 변화를 비교하였을 때 동작의 경험이 있는 실행군, 동작관찰군, 동작의 경험이 없는 군의 순서로 알파파의 비동기화가 나타났다고 보고한 연구결과들을 볼 때 집중된 상태에서 과제 수행 시 알파파의 감소가 나타나고 이완되고 안정된 상태에서 알파파가 증가하는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 상대 알파파의 변화는 동작관찰훈련(AOTA)군이 Fp 영역, T영역, P영역에서 유의하게 증가하였으며( $p < 0.05$ ), 거울치료훈련(MTA)군에서는 T영역이 유의하게 증가하였고( $p < 0.05$ ), 동작관찰(AOT)군은 Fp영역에서 증가는 있었으나 통계학적인 유의성은 없었다( $p > 0.05$ ). 그룹 간 비교에서는 T영역에서 AOTA군과 AOT군, MTA군과 AOT군 간에 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

Kim 등<sup>20</sup>은 6주간 주 3회 하루 30분씩 뇌졸중 환자에게 전산화 인지치료와 고유수용성 감각운동을 각각 적용하였을 때 두 군 모두에서 알파파가 증가하는 것을 확인하였다. Kim<sup>21</sup>의 연구에서 뇌졸중 환자에게 동작관찰훈련과 운동심상훈련 그리고 일반적인 물리치료를 적용하였을 때 뇌파 측정 시 동작관찰 군의 알파파가 Fp1과 Fp2 영역에서 유의하게 증가하는 것을 확인하였다. 본 연구에서도 AOTA군과 MTA군에서 선행 연구와 마찬가지로 뇌졸중 환자에서 비정상적으로 낮아졌던 알파파의 증가를 확인할 수 있었고, 이는 뇌가 휴식을 취하지 못하고 안정된 상태를 만들지 못하는 비정상적인 알파파가

동작관찰훈련과 거울치료 훈련을 이용한 인지적 과제 훈련을 통해서 개선되었음을 의미한다.

아급성 뇌졸중 환자를 대상으로 동작관찰훈련을 통한 뇌가소성 연구에서 운동 실행을 위한 피질 영역뿐만 아니라 아레이마뇌이랑(IFG), 전운동피질영역(PMC), 아래두정영역(IPL)이 활성화되는 것을 확인할 수 있었고,<sup>22</sup> 또 다른 선행 연구에서는 동작관찰에 의해 유도된 거울신경세포 시스템의 활성화가 일차운동피질영역, 전운동피질영역 및 감각운동피질영역을 포함한 피질운동고리의 재편성을 촉진하여 뇌졸중 환자의 운동기능을 향상시킬 수 있다고 보고하였다.<sup>23</sup> 이와 같은 연구결과들을 통해 본 연구에서 알파파가 증가한 영역이 거울신경세포 시스템이 존재하는 부위와 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 동작관찰훈련(AOTA)군과 거울치료훈련(MOT)군의 마루엽 부위의 알파파 증가는 Grèzes 등<sup>24</sup>이 아라마루엽이 시각적 운동변환과 운동 모방에 필요한 영역이라고 보고 한 것과 Rizzolati<sup>25</sup>가 인간의 거울신경세포 시스템의 부위가 마루엽에 있다고 보고 한 연구들을 지지하는 결과이다. 반복적으로 관찰하고 상상하는 중재가 환자의 앞이마엽, 관자엽, 마루엽 등의 뇌 영역에 건재하고 있는 거울신경세포 시스템의 동원을 만들고 손상된 뇌 부위의 재조직화를 일으켜 신경가소적인 변화가 나타났을 것이며 정상적인 뇌파의 회복을 촉진하였을 것이다.

베타파는 주의를 집중하여 정신 활동을 할 때 뇌 전체 부위에서 광범위하게 나타나며 운동이나 과제 수행 시 베타파는 활성화되고 세타파는 감소하게 된다.<sup>26</sup> SMR (12-15 Hz)훈련은 주의력과 인지 손상 치료에 효과적이며, Mid 베타파(15-18 Hz)의 증가는 집중력 향상과 반응시간 향상을 가져온다.<sup>27</sup> 본 연구에서 상대 베타파의 변화는 동작관찰훈련(AOTA)군이 T영역에서, 거울치료훈련(MTA)군이 Fp영역에서 유의하게 감소하였고( $p < 0.05$ ), 동작관찰(AOT)군은 모든 영역에서 감소하였으나 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ). 그룹 간 비교에서는 F영역에서 AOTA군과 AOT군, MTA군과 AOT군 간에 유의한 차이가 있었다( $p < 0.01$ ). 본 연구의 베타파의 변화는 Rossiter 등<sup>27</sup>의 연구결과와 일치하는데, 뇌졸중 후에 거울치료를 하는 동안 피질 활성화 변화를 확인하는 연구에서 뇌졸중 환자 10명과 건강한 성인 13명을 대상으로 첫 번째 비손상측의 상지 움직임을 거울을 통해 보는 거울치료 상태와 두번째 손상측 상지를 직접 보거나 정상인에게는 우세측 상지를 보는 상태에서 양측 일차운동영역의 베타파 변화를 확인한 결과 뇌졸중 환자에서 정상인보다 더 큰 베타파의 활성이 나타났으며 상지 움직임 관찰 시 동측 운동피질보다 반대측 운동피질의 활성이 더 크게 나타났고, 비대칭적인 대뇌피질 활성도가 거울치료를 대칭적으로 변화하는 것을 확인하였다. 이것은 거울치료가 뇌졸중환자의 비정상적인 뇌파를 정상적으로 회복시킨 것을 의미한다. 뇌졸중 환자 48명을 대상으로 신경 되먹임 뇌파

훈련과 컴퓨터 보조인지 향상 훈련을 6주간 주 5회 각 30분씩 적용한 후 응시점에 시선을 고정 하는 단순 과제를 주고 뇌파를 측정하였을 때 신경 되먹임 뇌파 훈련을 받는 군에서 베타파의 유의한 증가를 확인하였으며, SMR파의 증가는 주의력 또는 집중상태가 증가 한 것으로 증가된 각성상태를 의미한다.<sup>28</sup> EEG에 의해 기록된 뇌 파형은 동작관찰훈련에 의해 변화되며, 특히 이마, 중앙, 뒤통수 전극에서 더 낮은 알파 파워와 더 높은 베타 파워 값이 나타난다는 연구<sup>21</sup>에 따르면 연구에서 나타난 상대 베타파의 감소는 환자에게 과제를 준 것이 아니라 눈을 감은 편안한 상태를 요구하고 뇌파를 측정 한 결과일 것이다. 따라서 앞으로의 연구에서는 편안하게 이완된 상태에서의 알파파 측정과 함께 실제 동작을 관찰하거나 수행하는 등의 집중된 과제가 주어진 상태에서의 베타파 측정을 실시하여 좀 더 세분화되고 정확한 뇌파 연구가 필요할 것이다.

동작관찰과 관찰한 영상을 실제 훈련하였을 때 운동기억이 형성되며, 같은 동작을 훈련하였지만 훈련한 동작과 다른 영상을 관찰한 군에서는 운동기억이 형성되지 않았다는 보고<sup>5</sup>와 선행 연구 결과들을 바탕으로 본 연구에서도 동작을 반복적으로 관찰하고 수행하는 것이 거울신경세포의 활성을 일으켜 운동 학습이 되었을 것이며, 동작관찰훈련과 동작 실행 모두 유의한 효과 크기로 뮤 리듬(8-13 Hz)의 억제를 유도할 수 있다는 연구 결과<sup>29</sup>를 통해 관찰 후에 같은 동작의 신체 훈련은 동작관찰에 동작 실행의 요소가 추가되어 손상된 부위의 회복을 강화 시키고, 환자의 비정상적인 뇌활성도와 운동기능의 회복에 더 많은 영향을 주었을 것으로 생각된다.

본 연구 결과는 세 군 모두 거울신경세포 시스템의 활성을 기반으로 하는 인지적 중재기법이지만 동작관찰훈련(AOTA)에서 거울치료 훈련(MOT)보다 더 나은 균형능력과 보행능력 및 뇌활성도 변화를 보였다. Ewan 등<sup>30</sup>의 연구에서 뇌졸중 환자에서 관찰을 통한 치료적 중재 시에 1인칭에서 3인칭 관점으로 바뀌어야 이미지를 지각하는데 효율적이라고 보고한 것에서 본 연구에서 제공되어진 동작관찰훈련(AOTA)은 타인의 발의 움직임은 보는 3인칭 관점이며 거울치료훈련(MOT)은 자신의 발의 움직임을 보는 1인칭 관점으로, 관찰하는 관점의 차이에 의한 결과라 생각된다. 또한 동작관찰훈련(AOTA)군에게 제공된 영상은 정면과 측면의 두 가지 모습이었으며 거울치료훈련(MOT)군은 거울을 통한 측면의 모습만 관찰할 수 있었다는 것에서 관찰에 의한 자극이 동작관찰훈련(AOTA)군에서 좀 더 많은 감각적 요소들을 자극하였을 것이며 이로 인해 뇌 활성이 촉진되고 더 강한 운동 기능의 증진이 이뤄졌을 것이다.

본 연구 결과를 통해 동작관찰훈련과 거울치료훈련은 거울신경세포 시스템의 활성화를 유발하고 뇌졸중으로 인한 대뇌 반구의 불균형을 수정하여 뇌졸중 회복에 기여한다는 것을 확인할 수 있었다. 특히 거울신경세포 시스템의 활성을 이용한 다양한 치료 방법은 경험

에 의존적인 신경가역성 변화를 일으키는 것이 어려운 환자의 뇌 기능과 신체기능 회복을 위해 효과적으로 적용할 수 있으며, 동작의 관찰을 통한 거울신경세포의 활성 이후에 같은 동작의 신체 훈련을 적용하는 것이 운동학습과 손상된 기능의 회복을 더욱 강화시키는 효과적인 중재 방법임을 제시한다. 더 나아가 거울신경세포를 자극하기 위한 좀 더 다양한 목표지향적 인지적 과제를 개발한다면 환자의 흥미와 동기부여를 유발하고 집중력을 증가시켜 보다 증진된 운동학습효과를 기대할 수 있을 것이다.

본 연구의 제한점은 병변의 위치를 고려하여 거울신경세포 영역의 손상 여부를 확인하지 못하였다는 점이다. 여러 연구들을 통하여 거울신경세포가 존재하는 곳이 아래이마엽이랑의 덮개 부분, 배쪽운동 앞겉질, 입쪽아래마루엽을 포함하는 운동 관련 영역이라는 것이 밝혀져 있으므로 다음 연구는 환자들의 병변의 위치를 세분화하여 거울신경세포 시스템의 부위가 손상 받지 않은 환자들을 대상으로 하는 좀 더 심도 있는 연구가 이뤄져야 할 것이다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (2020R111A1A01053491).

## REFERENCES

- Higginson JS, Zajac FE, Neptune RR et al. Muscle contributions to support during gait in an individual with post-stroke hemiparesis. *J Biomech.* 2006;39(10):1769-77.
- Kautz SA, Patten C. Interlimb influences on paretic leg function in post-stroke hemiparesis. *J Neurophysiol.* 2005;93(5):2460-73.
- Kwakkel G, van Peppen R, Wagenaar RC et al. Effects of augmented exercise therapy time after stroke: a meta-analysis. *Stroke.* 2004;35(11):2529-39.
- Sütbeyaz S, Yavuzer G, Sezer N et al. Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(5):555-9.
- Bellelli G, Buccino G, Bernardini B et al. Action observation treatment improves recovery of postsurgical orthopedic patients: evidence for a top-down effect? *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(10):1489-94.
- Cho HY, Kim JS, Lee GC. Effects of motor imagery training on balance and gait abilities in post-stroke patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2013;27(8):675-80.
- Zentgraf K, Stark R, Reiser M et al. Differential activation of pre-SMA and SMA proper during action observation: effects of instructions. *Neuroimage.* 2005;26(3):662-72.
- Kim SH, Cho JS. Action observation and cortical connectivity: evidence from EEG analysis. *J Kor Phys Ther.* 2016;28(6):398-407.
- Rizzolatti G, Fogassi L, Gallese V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat Rev Neurosci.*

- 2001;2(9):661-70.
10. Buccino G, Binkofski F, Riggio L et al. The mirror neuron system and action recognition. *Brain Lang.* 2004;89(2):370-6.
  11. Ehrsson HH, Spence C, Passingham REJS. That's my hand! Activity in premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb. *Science.* 2004; 305(5685):875-7.
  12. Thirumala P, Hier DB, Patel P. Motor recovery after stroke: Lessons from functional brain imaging. *Neurol Re.* 2002;24(5):453-8.
  13. Bhasin A, Srivastava MP, Kumaran SS et al. Neural interface of mirror therapy in chronic stroke patients: a functional magnetic resonance imaging study. *Neurol India.* 2012;60(6):570.
  14. Thieme H, Bayn M, Wurg M et al. Mirror therapy for patients with severe arm paresis after stroke—a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2013;27(4):314-24.
  15. Wing K. Effect of neurofeedback on motor recovery of a patient with brain injury: a case study and its implications for stroke rehabilitation. *Top Stroke Rehabil.* 2001;8(3):45-53.
  16. Sutbeyaz S, Yavuzer G, Sezer N et al. Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(5):555-9.
  17. Chariter D, Chariter L. QEEG assessment of traumatic brain injury and stroke patients. *J Neurotherapy.* 2003;7(1)113-34.
  18. Foxe JJ, Snyder AC. The role of alpha-band brain oscillations as a sensory suppression mechanism during selective attention. *Front Psychol.* 2011;2:154.
  19. Cannon EN, Yoo KH, Vanderwert RE et al. Action experience, more than observation, influences mu rhythm desynchronization. *Plos one.* 2014;9(3):e92002.
  20. Kim SG, Kim CS, Kim K. The effect of EEG through proprioceptive exercise and computerized cognitive therapy on stroke. *J Korean Soc Phy Med.* 2013;8(4):505-12.
  21. Kim JH, Lee BH, Lee HS et al. Differences in brain waves of normal persons and stroke patients during action observation and motor imagery. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(2):215-8.
  22. Brunner IC, Skouen JS, Erslund L et al. Plasticity and response to action observation: a longitudinal fMRI study of potential mirror neurons in patients with subacute stroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2014;28(9): 874-84.
  23. Small SL, Buccino G, Solodkin A. Brain repair after stroke—a novel neurological model. *Nat Rev Neurol.* 2013;9(12):698-707.
  24. Grèzes J. Top down effect of strategy on the perception of human biological motion: a pet investigation. *Cogn Neuropsychol.* 1998;15(6-8): 553-82.
  25. Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci.* 2004;27:169-92.
  26. van der Hiele K, Vein A, Kramer C et al. Memory activation enhances EEG abnormality in mild cognitive impairment. *Neurobiol Aging.* 2007; 28(1):85-90.
  27. Egner T, Zech T, Gruzelier JH. The effects of neurofeedback training on the spectral topography of the electroencephalogram. *Clin Neurophysiol.* 2004;115(11):2452-60.
  28. Han K. The effect of 3d image action observation on the mirror neuron activity of normal subjects and people with chronic stroke. Seonam University. Dissertation of Doctorate Degree. 2012.
  29. Fox NA, Bakermans-Kranenburg MJ, Yoo KH et al. Assessing human mirror activity with EEG mu rhythm: a meta-analysis. *Psychol Bull.* 2016; 142(3):291.
  30. Ewan LM, Smith NC, Holmes PS. Disruption to the aspects of imagery vividness after stroke. *J Ment Imagery.* 2010;34(3):3-14.