

## 양손 운동이 만성 뇌졸중 환자의 뇌활성도와 근활성도에 미치는 영향

박주희 · 이사겸<sup>†</sup>

연세대학교 물리치료학과 일반대학원, <sup>1</sup>수원여자대학교 물리치료학과

### Effect of Bilateral Arm Movement on Brain and Muscle Activity in Chronic Stroke Patients

Joo-Hee Park, PT · Sa-Gyeom Lee<sup>†</sup>

Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Yonsei University

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Health and Food, Suwon Women's University

Received: September 13, 2017 / Revised: September 28, 2017 / Accepted: December 2, 2017

© 2018 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** This study investigated the neurophysiological and behavioral adaptation during one or both hands movement in chronic stroke patients.

**METHODS:** The study included sixteen hemiplegic stroke patients. Neurophysiological data (brain activation and muscle activation) were examined by electroencephalography (EEG) and electromyography (EMG), and behavioral adaptation was examined by wrist extension angle during wrist extension with one hand or both hands. Outcome variables of one hand or both hands were; mu rhythm of the EEG, EMG amplitude of wrist extensor and flexor muscles, and wrist angle of Myomotion 3D motion analysis.

**RESULTS:** Our results revealed that wrist extension angle was significant increased during both hands movement

compared to one hand movement ( $p < .05$ ). Furthermore, in affected sensorimotor area, there was significant increase in the brain activation during both hands movement compared to one hand movement ( $p < .05$ ). However, there was no significant different between one hand and both hands movement in muscle activation ( $p > .05$ ).

**CONCLUSION:** According to the findings of this experiment, bilateral arm movement improved brain activity on affected sensorimotor area and wrist extension angle. Therefore, we suggest that bilateral arm movement would positive effect on stroke rehabilitation in terms of increase in brain activation on affected motor area and wrist extension during bilateral arm movement.

**Key Words:** Bilateral arm movement, Electroencephalography, Muscle activation

<sup>†</sup>Corresponding Author : Sa-Gyeom Lee  
sglee@swc.ac.kr, <http://orcid.org/0000-0003-2854-7860>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### I. 서론

뇌졸중은 뇌혈관이 막히는 뇌경색과 뇌혈관이 파열되는 뇌출혈로 구분되며, 뇌에 혈액공급이 부족하거나

지연되어서 나타나는 갑작스러운 신경학적 결손을 의미한다(Jang와 Yoon, 2008; Roh와 Kim, 2012). 급성기 시 80% 정도의 뇌졸중 환자들은 한쪽 상지의 움직임 제한을 경험하며(Nakayama 등, 1994; Jørgensen 등, 1995), 그 중 50~95%의 환자들은 시간이 지나도 상지 기능이 회복되지 않는다(Gresham 등, 1975; Gowland 등, 1992; Nakayama 등, 1994). 또한, 30%의 뇌졸중 환자들은 장기간의 심각한 상지 장애로 보조 없이는 일상생활이 불가능하다(Young와 Forster, 2007; Langhorne 등, 2009). 따라서 지난 20년간 임상 치료 전문가들은 뇌졸중 환자의 상지 기능 회복을 위해 대안운동 증가(promotion of alternative movement), 유산소운동(aerobic exercise), 억제유도 운동치료(Constraint-induced movement therapy), 집중적인 목표지향적 동작 운동(intensive task-directed training), 양손운동(bilateral arm training), 그리고 로봇치료 등 지속적인 상지 훈련 프로그램에 대한 연구를 진행하고 있다(Silvoni 등, 2011; Bang 등, 2013).

그 중 양손운동(bilateral arm training)은 양손을 동시에 움직여 건측 손의 정상적인 움직임이 환측 손의 움직임을 촉진시켜 환측 손의 장애를 감소시키는 목적으로 시행되는 운동 방법이다. 많은 선행 연구들이 양손 운동의 효과를 확인하였는데, 환측 상지의 근력(Cauraugh와 Kim, 2002), 움직임 속도(Smith와 Staines, 2006)와 움직임 패턴(Mudie와 Matyas, 2000; Lewis와 Byblow, 2004)이 향상되었으며, 이동시간(Smith와 Staines, 2006)이 감소하였고, 기능적인 움직임과 일상생활 동작(Lee 등, 2017) 역시 향상되었다고 보고하였다. 최근에는 두 개의 메타분석에서 .7의 효과크기(effect size)로 양손운동이 매우 효과적인 상지 운동 방법이라고 보고되었다(Stewart 등, 2006; Cauraugh 등, 2010). 하지만 아직까지 양손운동이 어떤 기전(mechanism)으로 이러한 좋은 효과를 보이는지에 대해서는 의문이 남아있다(Smith와 Staines, 2006).

이러한 의문점을 해결하기 위해 최근 연구에서는 경두개 자기공명영상(Transcranial Magnetic Stimulation; TMS), 그리고 자기공명영상(magnetic resonance imaging; MRI)과 같은 뇌영상진단 장비를 이용하여 양손 움직임의 신경학적 기전을 확인하였다. TMS 연구에서는 양손

움직임이 환측 대뇌반구의 운동유발전위(motor evoked potential)를 증가시키며(Renner 등, 2005), 6일 동안의 양손 운동 중재 후에는 운동기능이 향상됨과 더불어 건측 대뇌반구의 외피지도(cortical map)의 크기가 감소되었다고 보고하였다(Summers 등, 2007). 하지만, Lewis와 Byblow (2004)은 4주간의 양손 운동 훈련이 뇌졸중 환자의 환측 상지 기능 증가에 효과가 없다고 보고하였으며, 건측과 환측 대뇌반구에서 운동유발전위의 뚜렷한 변화가 나타나지 않았다고 보고하였다. MRI 연구에서는 급성기 시에는 양손 움직임 시 한손 움직임 시보다 환측 운동영역에 높은 활성도를 보였지만, 만성기 시에는 한손 운동이 환측 운동영역을 더 활성화시킨다고 보고하였다(Staines 등, 2001). 또한, Luft 등 (2004)은 6주간의 양손운동을 수행한 그룹에서 손 기능이 향상되었으며 건측 감각운동영역과 건측 소뇌의 활성도가 높게 측정되었다고 보고하였다.

이렇듯 뇌영상진단 장비를 이용한 양손 운동의 효과를 뒷받침해줄 신경학적 기전을 찾으려는 선행 연구들이 제시되었지만, 아직까지 일관된 결과를 제시하지 못하고 있다. 또한, 뇌파장비(electroencephalography; EEG)를 이용하여 양손 움직임 동안 뇌졸중 환자의 뇌 활성도 변화는 연구되지 않았다. 따라서 본 연구는 양손 움직임의 신경학적 기전을 조금 더 명확하게 밝히기 위해 한쪽 상지만 움직였을 때와 양쪽 상지를 동시에 움직였을 때 EEG를 이용하여 뇌졸중 환자의 뇌 활성도가 어떻게 변화하는지 확인하려고 하며, 그에 따른 근 활성도(electromyography; EMG)와 움직임 정도를 측정하려고 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 원주에 위치한 요양병원에 외래치료를 받는 16명의 만성 뇌졸중 환자들을 대상으로 실험을 실시하였다(Table 1). 대상자 선정 기준은 발병 기간이 1년 이상인 자, 인지장애가 없는 자(Mini-Mental State Examination-Korean version; MMSE-K 23점 이상) (Folstein

Table 1. General characteristic of subjects

|    | Age | Gender | Onset period | Affected side | Lesion type | BMI <sup>a</sup> | MMSE-K <sup>b</sup> | FMA <sup>c</sup> |
|----|-----|--------|--------------|---------------|-------------|------------------|---------------------|------------------|
| 1  | 56  | male   | 10 year      | left          | infarction  | 21               | 28                  | 26               |
| 2  | 45  | male   | 5 year       | left          | hemorrhage  | 24.4             | 30                  | 25               |
| 3  | 58  | male   | 2 year       | left          | infarction  | 25.7             | 27                  | 41               |
| 4  | 44  | male   | 5 year       | left          | hemorrhage  | 25.7             | 30                  | 45               |
| 5  | 53  | female | 1 year       | right         | hemorrhage  | 25.8             | 30                  | 39               |
| 6  | 47  | male   | 10 year      | right         | infarction  | 21.5             | 29                  | 33               |
| 7  | 60  | female | 8 year       | right         | infarction  | 25               | 30                  | 46               |
| 8  | 52  | male   | 9 year       | left          | hemorrhage  | 23.9             | 30                  | 45               |
| 9  | 21  | male   | 2 year       | left          | hemorrhage  | 23.1             | 30                  | 8                |
| 10 | 55  | male   | 2 year       | left          | hemorrhage  | 25.5             | 30                  | 3                |
| 11 | 43  | female | 10 year      | right         | infarction  | 20.55            | 30                  | 8                |
| 12 | 44  | male   | 13 year      | right         | hemorrhage  | 29               | 23                  | 9                |
| 13 | 57  | male   | 12 year      | right         | infarction  | 23.44            | 30                  | 9                |
| 14 | 57  | male   | 14 year      | right         | hemorrhage  | 28.3             | 30                  | 9                |
| 15 | 47  | male   | 10 year      | right         | hemorrhage  | 22.86            | 23                  | 5                |
| 16 | 60  | male   | 9 year       | right         | infarction  | 30.4             | 23                  | 3                |

<sup>a</sup>Body mass index, <sup>b</sup>Mini-Mental State Examination-Korean version, <sup>c</sup>Fugl-Meyer Assessment

등, 1975), 상지 Fugl-Meyer Assessment (FMA)점수가 46점 미만인 자(Fugl-Meyer 등, 1975)로 선정하였다. 뇌졸중 외 다른 신경학적 질환이나 상지의 골절 등 기타 정형 외과적 질환이 있는 환자는 제외하였다. 모든 연구대상자는 실험 참여에 자발적으로 동의를 하였으며, 연세대학교 원주캠퍼스 생명윤리심의위원회 심의를 통과하였다(승인번호: 1041849-201612-BM-070-02).

## 2. 실험 절차

실험은 조용한 공간에서 뒷받침과 팔걸이가 있는 의자에 편하게 앉은 상태로 진행되었다. 실험자는 대상자의 환측에 앉아 대상자의 환측 팔을 지지하여 대상자가 손목에 힘을 완전히 뺀 최대 손목 굽힘상태에서 움직임을 시작하도록 하였다. 본 실험은 대상자들에게 손목 펴기 동작을 수행하도록 하였는데, 손목 펴기 동작은 뇌파에 영향을 줄 수 있는 근전도 간섭이 적은 비교적 작은 동작이며, 뇌졸중 환자들에게 임상적으로 의미 있는 동작이므로 선정되었다.

총 실험 시간은 환자 교육, 환자 평가, 실험 도구 부착과 본 실험까지 포함하여 1시간 전도 소요되었다. 실험자는 대상자가 손목 펴기 동작을 수행할 때 협동작용(synergy)으로 인한 머리 움직임이나 과도한 어깨근육 사용 등이 나타나 근전도 간섭이 나타나지 않도록 15분 간 뇌파를 실시간으로 보여주며, 움직임 노이즈나 근전도 노이즈가 최대한 없는 상태에서 손목을 움직일 수 있도록 교육하였다.

실험 절차는 다음과 같다. 먼저 대상자는 환측 팔만을 가지고 손목 펴기 동작을 20번 하고, 10분 휴식 후 환측과 건측 양손 동시에 20번 손목 펴기 동작을 수행하도록 하였다. 대상자들은 ‘시작’이라는 청각적 신호가 들리면 손목 펴기 동작을 수행하도록 하였으며, 손목 펴기 시작 신호 1초 후부터 2초 길면 5초 동안 수행되었으며, 손목 펴기 동작 간 간격은 20초로 지정하였다. 환측 손목 펴기 할 수 없는 환자는 손목 펴기 하려고 노력하거나 손목이 실제로 올라가는 상상을 하도록 하였다.

### 3. 실험 도구

#### 1) 뇌파(electroencephalography; EEG)

움직임을 하는 동안의 뇌 활성도를 측정하기 위해서 QEEG-8 뇌파장비(Laxtha L, Daejeon, Republic of Korea)를 사용하였다. 먼저 대상자들의 두피를 알코올 솜으로 닦아낸 후, 닦은 부위의 알코올이 충분히 날아갈 수 있도록 하였다(Kim 등, 2010). 뇌파 측정을 위한 전극은 국제 10-20 전극 배치법(International 10-20 system of electrode placement)에 따라 뇌파전극용 풀(EEG paste, Elefix, Nihon Kohden, Tokyo, Japan)을 이용하여 C3, Cz, C4, 양쪽 귀 뒤쪽의 두개의 접지전극에 부착하였다. C3는 왼쪽 감각운동피질(SMA; sensorimotor cortex), Cz는 중간 SMA, C4는 오른쪽 SMA를 나타낸다. 각 대상자들의 뇌파는 256 Hz 샘플링 주파수, 5~100 Hz의 통과필터, 60Hz 대역저지필터를 통해 컴퓨터에 저장되었다.

#### 2) 근전도(electromyography; EMG)

근전도는 Noraxon Telemetry 2004T (Noraxon Inc., Scottsdale, AZ, USA)을 사용하였으며, 표면 근전도의 표본수집률(sampling rate)은 1500 Hz 였고, 고역통과 필터는 10Hz, 저역 통과 필터는 450 Hz로 설정하였으며, 60Hz 대역저지필터를 이용하였다. 전극을 부착하기 전에 피부의 부착부위를 알코올 솜으로 닦고 실시하였으며, 활성 전극 사이 간격이 3 cm인 bipolar 표면 근전도 전극들을 환측 손의 손목뾰근 근육다발(forearm extensor bundle)과 손목 굽힘근 근육다발(forearm flexor bundle)에 부착하였다. 부착부위는 Criswell과 Cram (2010)이 출간한 교재에 따라 손목뾰근 근육다발은 하완 등쪽(dorsal aspect of the arm), 팔꿈치에서부터 5 cm 먼쪽 근육다발에 부착하였으며, 손목 굽힘근 근육다발은 하완 배쪽(ventral aspect of the arm), 팔꿈치에서부터 5 cm 먼쪽 근육다발에 부착하였다.

#### 3) 삼차원 움직임 분석 장비(three-dimensional motion analysis system)

손목 펴 각도를 확인하기 위해서 삼차원 움직임 분석 장비(MyoMotion Research Pro, Noraxon Inc., Scottsdale,

AZ, USA)를 이용하였다. 두개의 센서의 표본수집율은 100 Hz이며, 부착부위는 매뉴얼(Noraxon Inc., Scottsdale, AZ, USA)에 따라 손목과 하완에 부착하였다.

### 4. 분석방법

#### 1) 뇌활성도

뇌파 주파수 대역 분석을 하기 위해 Telescan 2.0 software (Laxtha L, Daejeon, Republic of Korea)를 사용하였다(Yun와 Lee 2011). 본 연구는 뮤파(mu wave; 8~13 Hz) 대역만을 분석하였다. 뮤파는 움직임 관련 뇌파이며, 뇌의 감각운동영역에서 움직임을 실행하거나 상상할 때 억제되는 경향성을 보인다. 이러한 억제 현상을 뮤파의 Event-related desynchronization (ERD)라고 부른다(Braadbaart 등, 2013). Steriade와 Llinás (1998)은 ERD의 증가 즉 뮤파가 감소되는 현상은 뇌 활성화가 증가된 결과라고 보고하였다. 따라서 본 연구는 뇌활성도(ERD amplitude)를 분석하기 위해 ‘시작’이라는 청각적 신호를 ‘0’으로 정의하였으며, 청각 신호 4초에서 2초 전 즉 -4초~2초 동안의 평균 뮤파 값을 기초값(baseline data)로 설정하였고, 청각 신호 1초에서 2초 후 즉 1초~2초 동안의 평균 뮤파 값을 뮤파 감소 값으로 정의하였다. 뇌활성도는 아래와 같은 식으로 구할 수 있다.

$$\text{뇌활성도 (ERD amplitude (\%))} = \frac{\text{뮤파 감소값}-\text{기초값}}{\text{기초값}} \times 100$$

C3, Cz, C4값을 환자의 병변 부위에 따라 환측 대뇌반구, 중간 대뇌반구, 건측 대뇌반구로 나누어 분석하였다.

#### 2) 근활성도

근활성도는 Noraxon Myoresearch ver. 1.08 (Noraxon Inc., Scottsdale, AZ, USA)을 이용하여 분석하였다. 본 연구에서는 연구 대상자가 20번 손목 펴 동작을 하는 동안 가운데 5번의 근활성도만을 측정하였으며, 손목 펴 시 활성화되는 근활성도의 중앙 1초 동안의 값을 평균 내어 손목 굽힘근과 펴근의 근활성도 값으로 사용하였

Table 2. Mean values ± standard deviation of wrist extension angle and EMG activation during wrist extension with one hand and both hands (n=16)

|            | Angle (°)   | Wrist flexor (μV) | Wrist extensor (μV) |
|------------|-------------|-------------------|---------------------|
| One hand   | 28.13±30.66 | 10.01±10.54       | 31.38±27.72         |
| Both hands | 38.33±43.89 | 11.83±19.32       | 40.56±41.67         |
| p-value    | .01*        | .47               | .11                 |

\*p<.05

다. 뇌졸중 환자는 근활성도를 최대 최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC) 을 수행하기 어렵기 때문에 정규화(normalization) 하지 않은 근활성도 값(raw data)을 사용하였다(Renner 등, 2005).

### 3) 손목 펴 각도

손목 펴 각도는 삼차원 움직임 분석 장비를 이용하여 측정된 후, myomotion research ver. 3.6 software (Noraxon Inc., Scottsdale, AZ, USA)을 이용하여 분석하였다. 손목 펴 각도는 최대 손목 굽힘 자세에서부터 얼마나 손목펴를 수행하였는지를 측정하였다. 근활성도와 같이 연구 대상자가 20번 손목 펴 동작을 하는 동안 가운데 5번의 손목 펴 각도만을 측정하여 그 값을 평균내어 사용하였다.

### 5. 자료 분석

본 연구에서 측정하여 수집된 자료는 PASW ver. 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계 처리하였다. 환측 손목 또는 양쪽 손목을 펴하는 동안 뇌활성도의 변화를 확인하기 위해 2×3반복 측정된 이요인 분산분석(repeated measure of two-way analysis of variance)(손: 한손, 양손 vs 대뇌반구: 환측, 중간, 건측)을 이용하였고, 유의수준은 .05로 하였다. 만약 손과 대뇌반구의 상호작용(interaction)이 유의하게 나타날 경우, 사후검정 대응표본 t-검정(post hoc paired t-test)를 실시하였으며, 유의수준은 .01(.05/5)로 하였다. 손목 펴 근 근활성도, 손목 굽힘근 근활성도, 그리고 손목 펴 각도는 대응표본 t검정(paired t-test)를 실시하여 한손과 양손 움직임의 차이를 분석하였다. 통계학적 유의수준은 .05로 하였다.

## III. 연구결과

### 1. 손목 펴 각도 비교

손목 펴 각도는 환측 손만으로 손목 펴한 것 보다 양쪽 손 동시에 손목 펴할 때 유의한 증가를 보였다(p<.05)(Table 1).

### 2. 근활성도

손목 펴근과 굽힘근 활성도는 환측 손만으로 손목 펴한 것과 양쪽 손 동시에 손목펴를 할 때 사이의 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 1).

### 3. 뇌활성도

뇌활성도는 손과 대뇌반구의 주효과(main effect)는 유의하지 않았지만(p>.05), 손과 대뇌반구에서 유의한 상호작용이 나타났다(p<.05). 상호작용이 있었기 때문에 단순효과(simple effect)를 보았으며, 환측 대뇌반구에서는 양손으로 손목 펴 했을 때가 한손으로 손목 펴 했을 때보다 유의하게 높은 뇌활성도를 보였다(p<.01). 하지만, 중앙 대뇌반구와 건측 대뇌반구에서는 양손과 한손으로 손목 펴 했을 때 뇌활성도의 유의한 차이가 없었다(p>.01). 한손과 양손 손목 펴 했을 때 영역간 뇌활성도 차이 역시 나타나지 않았다(p>.01) (Fig. 1).

## IV. 고 찰

양손 운동의 효과는 많은 연구들을 통해 확인되었다. 하지만, 어떠한 신경학적 기전으로 양손움직임이 한손 움직임을 향상시키는지 아직 알려져 있지 않다. 본 연구는 뇌파와 근전도 장비를 통해 아직까지 명확하

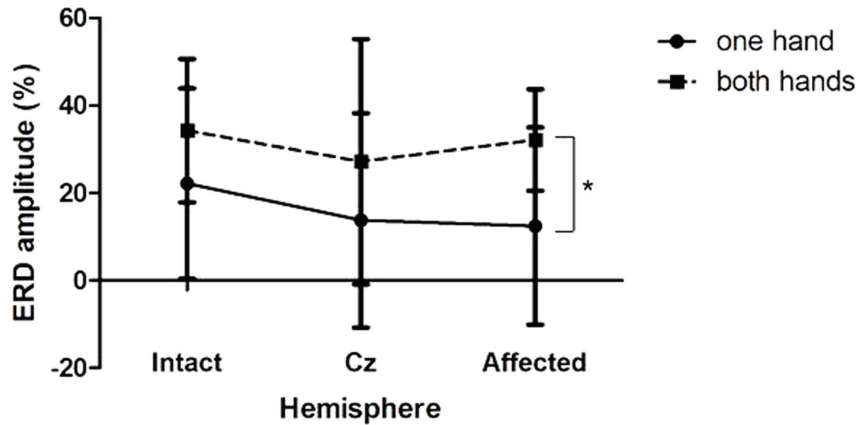


Fig. 1. ERD amplitude of Intact hemisphere, Cz (center of hemisphere), and affected hemisphere with one hand (hemiparetic hand) and both hands. \* $p < .01$

게 제시되어 있지 않은 뇌졸중 환자의 양손 운동이 어떤 신경학적 기전을 가지는지 살펴보고자 하였다.

여러 가지 가설들이 양손 운동의 효과를 설명하기 위해 제시되었다. 첫 번째 가설은 두 손 사이에는 밀접한 관계가 존재하기 때문에 건측 상지가 환측 상지에 긍정적인 영향을 준다는 것이다. Scott Kelso 등(1981)은 양손 움직임을 수행할 때 한 손이 다른 손을 이끌어(entrain) 대칭이 되도록 한다고 보고하였다. 이는 두 손이 서로 다른 움직임을 수행할 때 결국 한 손의 움직임의 특징에 맞춰져 두 손이 비슷한 움직임을 수행하는 현상에서 확인할 수 있다. 따라서, 양손 움직임 시 뇌졸중 환자의 건측 손이 환측 손을 이끌어 기능이 좋아지는 것을 설명할 수 있다.

두 번째는 양손 운동시 양쪽 대뇌반구의 활성화가 나타나는데, 건측 대뇌반구에서 증가된 활성화가 환측 대뇌반구의 역할을 보상해주어 환측 손 움직임이 향상된다는 것이다. Luft 등(2004)은 6주간의 양손운동을 수행한 그룹에서 손 기능이 향상되었는데, 이 그룹의 건측 감각운동영역과 건측 소뇌의 활성화가 증가하였다고 보고하였다. 또한, 양손 움직임 시 건측을 움직임으로써 활성화된 건측 대뇌반구가 교차하지 않는 동측 척수로(ipsilateral pathway)들을 활성화시켜 환측 손의 움직임을 향상시킬 수 있다. 따라서 교차하지 않는 척수로들(동측 척수상로(ipsilateral corticospinal tract)), 적핵 척수로

(rubrospinal tract)와 고유 척수로(propriospinal tract)이 양손 운동시 활성화 되어 환측의 움직임 향상이 있을 수 있다(Mudie와 Matyas, 2000; Waller와 Whitall, 2008).

하지만 건측의 대뇌반구 활성화도가 높아지는 것, 특히 건측의 일차운동영역(primary motor cortex)의 활성화도가 높아지는 것은 ‘뇌의 진정한 회복(recovery)’으로는 볼 수 없다(Ward, 2004). 회복이 잘 된 환자들은 동작을 수행할 때 건측, 환측 상관없이 동작 수행 반대쪽 대뇌반구의 뇌활성도가 높아지는 현상을 보이지만, 회복이 잘 되지 않은 환자들은 여전히 건측 활성화도가 높아진 상태로 유지된다(Turton 등, 1996; Ward 등, 2003). 따라서 양손 운동 시 건측 대뇌반구를 보상작용으로 사용하는 것은 정상인과 같은 기능향상을 기대하기 어렵다.

따라서, 세 번째 가설은 양손 움직임 시 뇌졸중 환자의 환측 대뇌반구의 활성화도가 높아져 환측 손의 기능이 좋아진다는 것이다. Renner 등(2005)은 양손 움직임이 환측 대뇌반구의 운동유발전위(motor evoked potential)를 증가시킨다고, 즉 활성화도가 높아진다고 보고하였다. 또한, Mudie와 Matyas (2000)은 양손이 같은 동작을 수행하면, 건측 대뇌반구의 정상적인 활성화도를 본보기(template) 삼아 환측 대뇌반구의 활성화도가 높아져 환측 손의 운동 향상이 나타난다고 보고하였다. 따라서 양손 움직임은 환측 대뇌반구의 활성화도를 높여 뇌의 진정한 회복을 유발할 수 있으며, 그 결과 환측 손 기능이 향상

되는 것으로 사료된다.

본 연구의 결과 중재를 하지 않았음에도 불구하고 양손 움직임 시 한 손 움직임 시 보다 손목뾰 각도가 유의하게 증가하였다. 하지만, 양손과 한손 움직임 사이의 손목 뾰근과 손목 굽힘근의 근활성도에서는 유의한 차이가 없었다. 이는 중재의 단기간의 적용과 그에 따른 즉각적 효과를 보았기 때문으로 보이며, 평균 근활성도는 양손 움직임이 한손 움직임 보다 높은 값을 가지므로 장기간 운동을 진행하게 되면 근활성도 증가를 보일 것으로 사료된다. 또한 환측 손만으로 움직임을 수행할 때 건측 대뇌반구에서 높은 활성도를 보였으며, 양손 움직임을 수행할 때는 양쪽 대뇌반구가 모두 활성도가 높게 나타났다. 이는 양손 움직임 시 운동기능 향상이 건측 대뇌반구의 보상작용으로 인한 것이라고 제시한 두 번째 가설을 뒷받침해 준다. 하지만 본 연구에서는 양손 움직임 시 환측 대뇌반구의 뇌활성도가 한 손 움직임을 할 때 보다 유의하게 증가하였으므로 단순히 건측 대뇌반구의 보상작용으로만 기능향상을 유도했을 것이라고 가정하기 어렵다. 따라서, 본 연구에서 나타난 양손 움직임 시 증가된 환측 대뇌반구의 뇌활성도는 뇌의 진정한 회복을 야기하여 손상된 환측 상지의 움직임이나 기능 향상 같은 재활효과를 가져올 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫 번째는 상대적으로 적은 수인 5개의 전극을 이용하여 오직 감각운동영역만을 측정하여 한정된 정보를 얻었다는 점이다. 향후 연구에서 더 많은 전극을 이용하면, 뇌 영역 간의 관계를 확인하여 더 포괄적인 기전을 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 본 연구는 단순히 한 손 움직임과 양 손 움직임을 비교했을 뿐 장기간 운동시 나타나는 결과를 예측하기에는 어려움이 있다. 그러므로 추후 연구에서는 4주나 6주 중재 후 뇌파와 근전도를 측정하여 양손 운동의 효과를 살펴보는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자의 양 손 움직임이 뇌와 근육 활성도 그리고 움직임에 어떤 영향을 미치는지 확인해 보고자 하였다. 본 연구의 결과 양 손 움직임 시 한 손 움직임 시 보다 손목 뾰 각도가 유의하게 증가하였으며, 감각운동영역의 뇌활성도가 한손 움직임에 비해 증가하였고, 특히 환측 감각운동영역의 뇌활성도가 유의하게 증가 되었다. 이는 양손 운동 시 뇌졸중 환자의 환측 뇌의 회복을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 양손 움직임이 뇌졸중 환자의 재활치료에 매우 효과적인 운동 방법이라고 결론지을 수 있다.

## Acknowledgements

본 연구는 2017년도 수원여자대학교 연구과제 지원에 의해 수행되었음.

## References

- Bang DH, Choi SJ, Shin WS. The effects of the modified constraint-Induced movement therapy on upper function and activities of daily living in subacute stroke patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2013; 8(2):245-52.
- Braadbaart L, Williams JH, Waite GD. Do mirror neuron areas mediate mu rhythm suppression during imitation and action observation? *Int J Psychophysiol.* 2013; 89(1):99-105.
- Cauraugh JH, Kim S. Two coupled motor recovery protocols are better than one. *Stroke.* 2002;33(6):1589-94.
- Cauraugh JH, Lodha N, Naik SK, et al. Bilateral movement training and stroke motor recovery progress: a structured review and meta-analysis. *Hum Mov Sci.* 2010;29(5):853-70.
- Criswell E. *Cram's Introduction to Surface Electromyography*

- (2nd ed). USA, Sudbury, MA, Jones & Bartlett Publishers. 2010:49-53.
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Psychiatry Res.* 1975;12(3):189-98.
- Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, et al. The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med.* 1975;7(1):13-31.
- Gowland C, deBruin H, Basmajian JV, et al. Agonist and antagonist activity during voluntary upper-limb movement in patients with stroke. *Phys Ther.* 1992;72(9):624-33.
- Gresham GE, Fitzpatrick TE, Wolf PA, et al. Residual disability in survivors of stroke-the Framingham study. *N Engl J Med.* 1975;293(19):954-6.
- Jang JY, Yoon HS. A Study on serious game design for rehabilitation training of stroke patients. *J Korea Game Soc.* 2008;15(15):151-9.
- Jørgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, et al. Outcome and time course of recovery in stroke. Part I: Outcome. The Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med.* 1995;76(5):399-405.
- Kim YJ, Yi SJ, Park RJ, et al. The change of electroencephalogram according to bio-feedback training in dementia. *J Korean Soc Phys Med.* 2010;5(3):313-22.
- Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol.* 2009;8(8):741-54.
- Lee MJ, Lee JH, Koo HM, et al. Effectiveness of bilateral arm training for improving extremity function and activities of daily living performance in hemiplegic patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2017;26(5):1020-5.
- Lewisand GN, Byblow WD. Neurophysiological and behavioural adaptations to a bilateral training intervention in individuals following stroke. *Clin Rehabil.* 2004;18(1):48-59.
- Luft AR, McCombe-Waller S, Whittall J, et al. Repetitive bilateral arm training and motor cortex activation in chronic stroke: a randomized controlled trial. *Jama.* 2004;292(15):1853-61.
- Mudie MH, Matyas TA. Can simultaneous bilateral movement involve the undamaged hemisphere in reconstruction of neural networks damaged by stroke? *Disabil Rehabil.* 2000;22(1-2):23-37.
- Nakayama H, Jørgensen HS, Raaschou HO, et al. Recovery of upper extremity function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med.* 1994;75(4):394-8.
- Renner CI, Woldag H, Atanasova R, et al. Change of facilitation during voluntary bilateral hand activation after stroke. *J Neurol Sci.* 2005;239(1):25-30.
- Roh SG, Kim JH. Acute Cerebrovascular Accident in Korea. *Journal of the Korea Convergence Society.* 2012;3(4):23-8.
- Scott Kelso J, Holt KG, Rubin P, et al. Patterns of human interlimb coordination emerge from the properties of non-linear, limit cycle oscillatory processes: theory and data. *J Mot Behav.* 1981;13(4):226-61.
- Silvoni S, Ramos-Murguialday A, Cavinato M, et al. Brain-computer interface in stroke: a review of progress. *Clin EEG Neurosci.* 2011;42(4):245-52.
- Smith AL, Staines WR. Cortical adaptations and motor performance improvements associated with short-term bimanual training. *Brain Res.* 2006;1071(1):165-74.
- Staines W, McIlroy W, Graham S, et al. Bilateral movement enhances ipsilesional cortical activity in acute stroke: a pilot functional MRI study. *Neurology.* 2001;56(3):401-4.
- Steriade M, Llinás RR. The functional states of the thalamus and the associated neuronal interplay. *Physiological reviews.* 1988;68(3):649-742.



- Stewart KC, Cauraugh JH, Summers JJ. Bilateral movement training and stroke rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *J Neurol Sci.* 2006;244(1):89-95.
- 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(1):76-82.
- Turton A, Wroe S, Trepte N, et al. Contralateral and ipsilateral EMG responses to transcranial magnetic stimulation during recovery of arm and hand function after stroke. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1996;101(4):316-28.
- Waller SM, Whittall J. Bilateral arm training: why and who benefits? *NeuroRehabilitation.* 2008;23(1):29-41.
- Ward N, Brown M, Thompson A, et al. Neural correlates of motor recovery after stroke: a longitudinal fMRI study. *Brain.* 2003;126(11):2476-96.
- Ward NS. Functional reorganization of the cerebral motor system after stroke. *Current opinion in neurology.* 2004;17(6):725-30.
- Young J, Forster A. Review of stroke rehabilitation. *BMJ.* 2007;334(7584):86.
- Yun TW, Lee MK. The change of mu rhythm during action observation in people with stroke. *J Korean Soc Phys Med.* 2011;6(3):361-368.