

근전도 유발 신경근 전기자극치료가 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 효과



The Journal Korean Society of Physical Therapy

- 조인술, 장종성, 김경¹, 김욱로², 박래준
- 대구대학교 대학원 재활과학과, ¹대구대학교 재활과학대학 물리치료학과, ²영남대학교 의과대학 재활의학교실

The Effect of EMG-stim on Upper Limb Function in Chronic Stroke Patients

In-Sul Cho, PhD; Jong-Sung Chang, PT, MS; Kyoung Kim, PT, PhD¹; Wook-Ro Kim, MD²; Rae-Joon Park, PT, PhD

Department of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University; ¹Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Sciences, Daegu University; ²Department of Rehabilitation Medicine, College of Medicine, Yeungnam University

Purpose: This study examined the effect of EMG-stim related to the functional recovery of the upper extremity in chronic stroke patients with an intensive massed practice protocol.

Methods: The subjects were assigned randomly to either the EMG-stim group (n=10) or sham treatment group (n=10). Both groups received conventional physical therapy, occupational therapy and FES, five times per week over a four week period. In the EMG-stim group, EMG-stim was applied to the hemiplegic wrist and finger extensors for 2 sessions for 30 minutes per day, 5 times per week over a 4 week period. As the pre- and the post-test, the following four motor tests were assessed as the function of the upper extremity clinical functional test: extensor digitorum strength test, Box and Block test, Fugl-Mayer Assessment, and Jebson-Taylor Hand Function Test.

Results: In the Box and Block test and Fugl-Mayer Assessment, there were statistically significant differences between both groups as well as between pre- and post-test. The extensor digitorum and wrist extensor strength were similar in both groups. In the Jebson-Taylor Hand Function Test, there was a significant difference in simulated page turning but not in the other subtests.

Conclusion: Intensive massed practice with EMG-stim intervention applied to the hemiplegic upper extremity is an effective therapeutic method for chronic stroke patients. However, a variety of intervention methods designed for stroke patients in clinical settings are needed.

Keywords: Electrical stimulation, EMG-stim, Stroke, Upper limb function

논문접수일: 2009년 4월 27일

수정접수일: 2009년 5월 16일

게재승인일: 2009년 5월 29일

교신저자: 박래준, rjpark@daegu.ac.kr

1. 서론

뇌졸중은 운동기능을 손상시키는 주된 원인들 중의 하나이다. 뇌졸중 환자들의 운동기능의 손상은 손상된 대뇌 반구의 반대 측 절반이 마비되어 감각 및 운동장애가 나타나게 되는데, 비정상적인 대단위 운동기능(gross motor function), 소단위 운동기능(fine motor function), 공동 운동패턴(synergic movement pattern)이나 반응의 지연성(slowness) 등의 장애로 일상생활의

기능적 활동에 있어서 여러 가지 문제를 가지게 되며, 이로 인하여 정상적인 보행이나 상지의 부드러운 운동에 제한을 가져 오는 것으로 알려져 있다.¹ 뇌졸중 환자의 물리치료는 마비측의 감각운동기능, 운동제어, 체간의 균형 등과 같은 움직임의 기능적 향상을 위해 초점이 맞추어져 있다.² 그러나 마비측 상지에서는 장기간에 걸친 집중적인 치료에도 장애의 정도가 55%에서 75%에 이르기 때문에, 마비측 상지에 대한 더욱 적극적인 치료적 관심이 필요하다. 이로 인해 뇌졸중 환자는 상지를 이용

한 옷 입기, 식사하기, 개인 관리 등 대부분의 일상생활 동작의 수행에 장애를 가지게 되고, 독립적인 일상생활에 문제가 발생한다.³

뇌졸중 이후의 기능회복은 자연적인 회복과 치료에 의한 회복으로 구분되어지는데 회복의 정도와 예후를 예측하기가 쉽지 않다.⁴ 특히 하지의 기능회복에 비교해서 쥐기나 조작과 같은 섬세한 동작이 많은 상지의 기능회복이 매우 느리고 적게 나타나고 있다.² 상지의 운동 회복에는 소동작 조절 즉, 기민성을 개선시키기 위해서는 특정과제를 수행하기 위해 필요한 근력을 적절한 시간에 발생시켜, 협응할 수 있는 협동연결이 필수적 요인이다. 현재 뇌졸중 환자의 상지의 운동회복을 위해 건측의 운동제한을 이용한 치료법(constraint induced therapy), 관절운동추적훈련(joint motion tracking training), EMG 바이오피드백, 고유수용성신경근 촉진법, 보바스 치료 등 다양한 치료방법이 적용되고 있으며,^{5,8} 그 중의 하나가 근전도 유발 신경근 전기자극치료(EMG triggered neuro-muscular electrical stimulation, EMG-stim)이다.⁹ EMG-stim은 기존의 단순 반복적인 전기자극치료와는 달리, 환자의 능동적 의지가 개입되는 전기자극치료로서, 대상 근육의 수의적 근수축 신호가 미리 설정된 역치를 초과할 때 기계로부터 전기자극이 유발되어 환자는 좀 더 강한 근수축과 관절가동범위의 증가를 경험하게 된다.^{9,10} 즉, 수의적 개시는 전기자극을 유발하기 위한 자극원으로 작용하게 되고, 그 역할은 매우 강조된다.

많은 뇌졸중 환자는 신경생리학적으로 감각입력이 감소되어 있으며, 그 중 운동과정의 모니터에 중요한 고유수용성감각에 장애가 있으면 운동기능에 상당한 지장을 초래하게 된다. 이러한 감각입력의 결여는 정상적인 감각운동피드백 회로(sensory motor feedback loop)의 작용을 저해하여 운동기능의 회복에 장애가 된다.¹¹ 그러므로 고유수용성감각 입력의 증가는 손 기능을 개선시킬 수 있으며 이러한 관점에서 볼 때, EMG-stim은 고유수용성감각의 입력과 수의적 개시라는 측면에서 기존의 수동적 전기자극치료보다 더욱 효과적이라고 볼 수 있다. 수동적 전기 자극과는 달리 전기 자극이 시작되기 전에 팔과 손에 능동적인 수축이 나타나게 되어서 특정 관절에 가동범위를 통한 효과적인 근수축을 일으키고, 매우 강한 수축이 나타나게 되며, 초기의 능동적인 수축이 대뇌의 운동피질과 보조운동 영역에 인지 활성을 일으킬 수도 있다.⁹ 수동적 전기자극치료(cyclic neuromuscular electrical stimulation)의 효과는 일반적으로 길항근의 경직 억제, 근력 증가, 관절운동범위의 증가, 수의적 움직임 위한 운동조절의 촉진 등으로 알려져 있으며, 목적이 있는 활동을 위한 기능의 향상에 대해서는 논란이 많다.^{12,13} Bolton 등⁹은 meta-analysis를 통하여 EMG-stim이 급성기, 만성기에서 팔과 손의 기능을 개선시킬 수 있다고 보고했다.

최근 건측의 운동제한을 이용한 치료법이 소개된 이후, 단기간 집중적인 치료의 적용이 새로운 패러다임으로 인식되고 있으며, 손과 손목에 EMG-stim을 적용하여 단기간 집중 치료에 대한 선행연구가 부족한 실정이다. 또한 상지 기능에 대한 운동학적 평가와 기능적 평가에 대한 전반적인 효과를 입증한 논문은 드물다.

따라서 본 연구는 EMG-stim을 만성 뇌졸중 환자의 손목과 손의 신전근에 적용하여, 단기간 집중적인 치료의 적용이 상지의 운동학 및 기능적 능력 향상에 어떠한 효과가 있는지를 입증하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 기간

본 연구에서는 뇌졸중으로 인하여 편마비로 진단받고 대구광역시 소재 OO병원에서 입원 또는 외래로 치료받는 발병 후 12개월 이상의 만성 편마비 환자를 대상으로 하였다. 대상자는 무작위로 추출하여 실험군(EMG-stim군) 10명(남자 5명, 여자 5명)과 위약군 10명(남자 5명, 여자 5명)에서 3명을 대상으로 예비실험을 거친 다음 문제점을 수정하여 2008년 6월 1일부터 8월 31일까지 대상자별 4주간 실험하였다. 연구 대상자들은 본 연구의 취지를 설명하고 자발적인 동의를 얻어서 시행하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

정상 연구에 참가한 환자의 기준 조건은 첫째, 뇌졸중으로 인하여 편마비가 된 환자로 발병한지 12개월 이상된 만성 뇌졸중 환자, 둘째, 전완을 회내시킨 상태에서 세 번째 손가락의 수근관절이 90도 굴곡된 자세에서 중력에 대해서 능동적으로 20도 신전할 수 있는 자, 셋째, modified Ashworth's scale의 3등급(Grade 2) 이하인 자, 넷째, 언어의 이해 능력에 문제가 없는 자, 다섯째, 편측 무시와 반맹증을 포함한 시공간적 감각, 지각 장애가 없는 자, 여섯째, 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 한국형 간이정신상태 판별검사(MMSE-K) 점수가 24점 이상인 자, 일곱째, 심박조율기(cardiac pacemaker) 등 심기능 장애에 문제가 없는 자 등으로 하였다.

2. 실험방법

1) EMG-stim(Walking man II EMG FES 2000, Cyber medic, Korea)의 적용

연구자는 선정 조건에 부합하는 20명의 환자들을 대상으로, 카드 선택 방법을 이용하여 실험군과 위약군으로 무작위 할당하였으며, 실험군 및 위약군으로 무작위 할당된 환자들에 대해 어떠한 정보도 알지 못하는 무작위 이중 맹검 위약 설계법(double-

blind randomized sham control design)으로 진행되었다. 또한 EMG-stim의 적용 전과 후의 사전-사후 평가는 뇌손상 환자 치료 경력 5년 이상 되는 숙련된 치료사에 의해 실시되었다.

(1) 실험군

실험군은 하루 각 30분씩의 물리 및 작업치료와 15분 동안의 기능적 전기자극치료를 적용하였다. 물리치료는 마비측 상지에 일반적인 수동 및 능동 관절운동, 신장운동과 함께, 보바스 또는 고유수용성 신경근 촉진법과 같은 신경생리학적 치료법을 적용하였다. 작업치료는 보조기나 치료사의 보조를 통해 물건 잡기 및 들어올리기를 비롯하여, 식사나 옷 입기 등의 일상생활 동작 훈련을 실시하였다. 기능적 전기자극치료는 마비측 상지의 손목과 손의 신전근에 적용하여 1.5초 상승기, 5초의 수축 기간, 1.5초의 하강기로 구성된 자극기와 3초의 휴식기를 두며, 35Hz(펄스폭 200 μ s, symmetrical rectangular biphasic, constant current), 10~20mA의 전류가 자극되도록 하였다. 이와 함께 EMG-stim을 집중적인 치료 스케줄로 다음과 같이 적용하였다. 환자는 손목과 손의 신전근에 EMG-stim을 이용하여 치료를 받도록 하였다. 이는 3개의 표면전극을 포함하며, EMG 수집과 전기자극 전달의 기능을 모두 하였다. 제일 위쪽에 활성전극, 제일 아래쪽에 reference electrode, 중간에 EMG 전극을 붙이며, 정확한 위치는 손가락 신전근이 관찰될 때까지 주변의 협력근들을 전기적으로 자극하면서 선택하였다. 먼저 수의적 근수축력의 정도에 따라 준거 역치(target threshold)를 설정하고, 자동적으로 다음의 손가락 신전에 적용되도록 하였다. 일단 전기자극이 유발되면 0.1초 상승기, 5초의 수축기, 2초의 하강기를 가지면서, 35Hz(펄스폭 200 μ s, symmetrical rectangular biphasic, constant current), 10~20mA의 전류가 자극되도록 하였다.^{9,14,15} 피로를 최소화하기 위하여 수축 사이에 4초의 휴지기를 두고, 만약 환자가 준거 역치를 초과하지 못하면 20초 후에는 자동으로 전기 자극이 시작되도록 설정하였다. 실험군은 환자가 자발적으로 4주 동안, 한 주에 5일, 하루에 30분씩 2회 EMG-stim 치료를 받도록 하였다.

(2) 위약군

위약군은 실험군과 동일한 방법 및 기간으로 물리 및 작업치료와 기능적 전기자극치료가 적용되도록 하였다. 또한 위약 효과를 알아보기 위해서 위약군에도 손목과 손의 신전근에 EMG-stim을 적용하였다. 위약군의 EMG-stim은 실험군과 동일하게 하고, 다만 수의적 근수축력의 이용 없이 자동으로 20초의 휴지기, 1초의 상승기, 5초의 수축기, 2초의 하강기를 갖도록 조절하였다. 이 그룹도 일상적 물리치료와 낮은 강도의 신체활동은 실험기간 동안 허용하였다.

3. 측정방법

훈련 전·후, 실험군과 위약군은 손가락 신전근(extensor digitorum)의 근력(strength) 검사, 상자블럭넣기 검사(Box and Block Test, BBT), 퍼글-메이어 평가(Fugl-Mayer Assessment, FMA), 쥘손손기능검사(Jebson-Taylor Hand Function Test)를 실시하였다.

1) 근력 검사

손목과 손가락 신전근의 근력 검사는 환자가 주관절이 90도가 되도록 높이를 조절한 탁자 앞에 편안한 자세로 앉아서 손목은 중립자세가 되도록 한 상태에서, 실험자간-실험자내 신뢰도가 0.84-0.96으로 신뢰도가 입증된 Medical Research Council (MRC)를 이용하여 측정하였다.¹⁶ MRC 점수는 각각 0=근수축 없음, 1=근수축은 있으나 움직임 없음, 2=중력없이 움직임, 3=중력을 이겨내고 움직임, 4=중력과 약간의 저항을 이겨내고 움직임, 5=정상적인 근력 등으로 평가하였다.

2) 상자블럭넣기 검사(Box and Block Test)

상자블럭넣기 검사는 편측 상지의 전반적 조작 능력(gross manual dexterity)을 측정하는 검사이다. 대상자는 한쪽에서 다른 쪽 상자로 1인치의 블럭을 60초 동안 최대한 많이 옮기도록 하고, 그 개수를 측정하는 Cromwell의 방법을 준용하였다.¹⁷ 검사-재검사 신뢰도는(test-retest reliability) 왼쪽에서 오른쪽($r=0.98$), 오른쪽에서 왼쪽($r=0.94$)이며 실험자간 신뢰도(interrater reliability)는 오른쪽($r=1.00$), 왼쪽($r=0.99$)으로 높은 신뢰도를 가지며 동시 타당도(concurrent validity) 또한 높은 타당도를 가지는 것으로 보고된 바 있다($r=0.91$).¹⁸ 검사 기구가 간단하고 경제적이며 실험방법이 간단하여 인지능력이 부족하거나 집중력이 짧고 지구력이 부족한 대상자에게도 적용할 수 있다고 알려져 있다.¹⁹

3) 퍼글 마이어 평가(Fugl-Meyer Assessment)

퍼글 마이어 평가는 브룬스트롬 편마비 구분과 회복(Brunnstrom's Hemiplegia Classification and Progress Record)의 6단계 회복과정을 근거로 50개의 항목으로 상세히 분류하였고 움직임의 질적 검사로 널리 사용되고 있다. 이 검사는 서열 척도로서 각각의 항목에서 수행할 수 없을 때 0점, 부분적 수행 시 1점, 완전하게 수행 시 2점이 주어진다. 전체 수치는 100점으로 상지 66점, 하지 34점으로 구성되어,²⁰ 실험자간 신뢰도와 실험자 내 신뢰도가 높다($r=0.96$).²¹ 본 연구에서는 상지 기능 평가만을 이용하였다.

4) 쥘손손기능 검사(Jebson Hand Function Test)

쥘손손기능 검사는 일상생활동작에서 손의 기능을 평가하기 위

해 고안된 것이다. 짧은 문장 쓰기, 카드 뒤집기, 작은 물건을 집어서 깡통에 넣기, 먹는 흉내 내기, 장미 말 썬기, 크고 가벼운 깡통 옮기기, 크고 무거운 깡통 옮기기의 여러 과제를 수행하는데 걸리는 시간을 측정하였다. 검사-재검사 신뢰도는 0.96에서 0.99로 상당히 높다고 보고되고 있다.²²

4. 자료분석

수집한 자료의 통계분석은 SPSS(version 14.0)를 사용하였다. 집단 간 분석은 맨휘트니 검정(Mann-whitney test), 집단 내 분석은 윌콕슨 순위 검정(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 정하였다.

III. 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특징

뇌손상 부위는 오른쪽 뇌반구에 손상을 받은 환자가 7명, 왼쪽 뇌반구에 손상을 받은 환자가 13명이었고, 손상 유형은 뇌출혈이 8명, 뇌경색이 12명이었다. 평균 연령은 EMG-stim군이 평균 59.3±2.1세이고, 위약군이 평균 58.0±3.1세이었다. 유병 기간은 EMG-stim군이 평균 12.9±2.7개월, 위약군은 15.2±2.7개월이었다. 연령과 유병 기간에 대한 동질성 검정을 실시한 결과, 연령은 p=0.73, 유병 기간은 p=0.51로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>0.05)(Table 1).

Table 1. General characteristics of each group

	EMG-stim (n=10)	Sham control (n=10)	P
Number of individuals (Male / female)	5 / 5	5 / 5	
Age Mean±SD	59.3±2.1	58.0±3.1	0.73
Lesion side (Right / Left)	4 / 6	3 / 7	
Lesion type (Infarction / Hemorrhage)	6 / 4	6 / 4	
Time since onset (Months)	12.9±2.2	15.2±2.7	0.51

2. 훈련 전·후의 상지 기능의 변화 비교

1) 퍼글-마이어 평가 변화 비교

훈련 전과 훈련 후의 퍼글-마이어 평가에서 EMG-stim군은 훈련 전 54.80±4.92점, 훈련 후 58.50±4.33점, 위약군은 훈련 전 54.10±5.07점, 훈련 후 55.50±5.64점으로 두 그룹 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(Table 2). EMG-stim군에서 훈련 전, 후 사이의 변화량이 평균 3.70±1.70점의 증가

를 보였고, 위약군에서는 1.40±1.07점의 증가를 보였으며, 집단 간 변화량을 비교 검정한 결과 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(Table 2).

Table 2. The comparison of the FMA within pre-test and post-test

	Pre-test	Post-test	Mean difference	p
EMG-stim	54.80±4.92	58.50±4.33	3.70±1.70	0.01*
Sham control	54.10±5.07	55.50±5.64	1.40±1.07	0.05*
P				0.02*

Unit : Score

FMA : Fugl-Meyer Assessment, *p<0.05

2) 상자블럭넣기 검사에서 변화 비교

훈련 전과 훈련 후의 상자블럭넣기 검사에서 EMG-stim군은 훈련 전 28.20±8.10개, 훈련 후 33.90±7.96개로 통계학적으로 유의한 차이를 보였고(p<0.05), 위약군은 훈련 전 28.79±8.14개, 훈련 후 29.60±7.35개로 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05)(Table 3). EMG-stim군에서 훈련 전, 후 사이의 변화량이 평균 5.70±5.03개의 증가를 보였고, 위약군에서는 0.87±1.77점의 증가를 보였으며, 집단 간 변화량을 비교 검정한 결과 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(Table 3).

Table 3. The comparison of the BBT within pre-test and post-test

	Pre-test	Post-test	Mean difference	p
EMG-stim	28.20±8.10	33.90±7.96	5.70±5.03	0.01*
Sham control	28.79±8.14	29.60±7.35	0.87±1.77	0.81
p				0.00*

Unit : Score

BBT : Box and Block Test, *p<0.05

3) 쥐손손기능 검사에서의 비교

EMG-stim군은 카드 뒤집기에서 훈련 전 18.53±6.38초, 훈련 후 16.47±5.12초, 크고 가벼운 깡통 옮기기에서 훈련 전 12.55±2.70초, 훈련 후 11.40±2.61초, 크고 무거운 깡통 옮기기에서 훈련 전 12.01±1.81초, 훈련 후 11.41±2.61초로 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며(p<0.05), 작은 물건 집어서 깡통에 넣기와 먹는 흉내내기에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 위약군은 크고 가벼운 깡통 옮기기에서 훈련 전 15.50±8.76초, 훈련 후 14.31±6.43초, 크고 무거운 깡통 옮기기에서 훈련 전 14.88±5.12초, 훈련 후 13.23±4.32초로 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며(p<0.05), 카드 뒤집기, 작은 물건 옮기기, 먹는 흉내내기에서는 통계학적으로 유의하지 않았

Table 4. The comparison of the subcategory in JHFT within pre-test and post-test

		Pre-test	Post-test	Mean difference	p
Turning	EMG-stim	18.53±6.38	16.47±5.12	-2.07±3.12	0.01*
	Sham control	15.60±8.34	15.16±8.62	-0.45±1.43	0.58
	p			0.03*	
Picking up and placing	EMG-stim	17.81±4.70	16.93±4.12	-0.89±2.49	0.65
	Sham control	21.44±10.37	20.93±10.19	-0.51±2.35	0.84
	p			0.80	
Simulated feeding	EMG-stim	15.75±3.17	15.07±3.68	-0.68±1.26	0.09
	Sham control	17.47±9.08	16.91±8.85	-0.56±1.27	0.22
	p			0.80	
Moving empty large cans	EMG-stim	12.55±2.70	11.40±2.61	-1.15±0.75	0.01*
	Sham control	15.50±8.76	14.31±6.43	-1.32±1.55	0.05*
	p			0.80	
Moving weighted large cans	EMG-stim	12.01±1.81	11.41±2.61	-0.93±0.68	0.01*
	Sham control	14.88±5.12	13.23±4.32	-0.42±1.08	0.05*
	p			0.28	

Unit : sec

JHFT : Jebson Hand Function Test, *p<0.05

다(p>0.05).

두 집단 간의 변화량을 비교한 결과 카드 뒤집기에서만 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며(p<0.05), 다른 항목에서는 통계적으로 유의하지 않았으나 EMG-stim군에서 좀 더 감소되는 경향이 나타났다(p>0.05).

4) 손목과 손가락 신전근의 근력의 변화 비교

훈련 전과 훈련 후의 손목과 손가락 신전근의 근력의 변화를 비교해 본 결과, EMG-stim군과 위약군 모두에서 근력의 증가가 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05)(Table 5).

Table 5. The comparison of the strength on wrist and finger extensors within pre-test and post-test

		Pre-test	Post-test	p
Finger extensor	EMG-stim	3.10±0.32	3.20±0.42	0.32
	Sham control	3.20±0.63	3.30±0.48	0.32
Wrist extensor	EMG-stim	3.50±0.53	3.50±0.53	1.00
	Sham control	3.30±0.48	3.30±0.48	1.00

Unit : Score

IV. 고찰

일상생활동작의 과제를 적절하게 수행하기 위한 뇌졸중 환자의 궁극적인 치료는 상지 운동 기능의 회복에 초점을 맞추고 있고,

치료사들은 환자에게 보다 효과적이고 효율적인 치료 프로토콜을 제공하려고 노력하고 있다. 본 연구에서는 임상적으로 더 이상 회복을 보이지 않는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 4주 동안 주 5회, 하루에 30분씩 2회 손목과 손의 신전근에 EMG-stim을 적용하여 집중적인 치료를 적용하였고, 집중적인 치료 후 상지의 임상적 및 기능적 능력의 회복을 알아보고자 하였다.

뇌졸중 환자의 손목과 손의 신전근에 EMG-stim 적용 후 상지의 기능평가는 퍼글-마이어 평가, 상자블럭 넣기 검사, 쥘 손손기능 검사, 손가락 신전근의 근력 검사를 실시하였다. 손목과 손가락 신전근의 근력 검사는 손목과 손의 신전근에 EMG-stim 치료가 근력에 어떠한 영향을 미치는지를 알 수 있고, 퍼글-마이어 평가와 상자블럭 넣기 검사는 대단위 조작 기능이나 기민성, 움직임의 질적인 평가를 할 수 있으며 뇌졸중 환자의 신경학적 상태를 평가하는 검사로 검정되었다. 7가지 하위 평가로 구성된 쥘손손기능 검사는 실제적인 동작을 수행하는 것은 아니지만 일상생활동작의 일부분을 반영하고 있어서 뇌졸중 환자의 치료가 일상생활동작의 회복의 정도를 알 수 있게 한다. 그러나 본 연구에서는 만성 뇌졸중 환자의 상태를 고려하여 수행할 수 없었던 짧은 문장 쓰기과 장기말 쌓기를 제외하고 카드 뒤집기, 작은 물건 집어서 깡통에 넣기, 먹는 흉내내기, 크고 가벼운 깡통 옮기기, 크고 무거운 깡통 옮기기를 선택하여 실시하였다.

본 연구에서 상지의 기능을 평가한 결과, 퍼글-마이어 평가와 상자블럭 넣기 검사에서 통계학적인 유의한 증가가 나타났

으며, 쥘손기능 검사에서도 카드 뒤집기, 크고 가벼운 깡통 옮기기, 크고 무거운 깡통 옮기기에서 통계학적으로 유의한 증가가 나타났다. 이는 치료적 중재 이후 뇌졸중 환자의 상지의 움직임이 보다 기능적이고, 정확성이나 타이밍의 개선이 되었음을 의미한다. 이러한 연구의 결과는 손목과 손의 신전근에 EMG-stim 적용 이후에 퍼글-마이어 검사, 상지블럭 넣기, EMG 분석 등의 임상적인 평가를 한 여러 연구들에서 상지의 움직임, 정확성과 타이밍의 개선에서 일치하였다.^{13,14} 또한 Cauraugh 등¹⁴은 손목과 손의 신전근에 EMG-stim과 양손 동작을 동시에 적용할 경우 뇌졸중 환자의 수의적인 운동 조절에 더욱 효과적이라고 하였다.

그러나 본 연구에서 쥘손기능 검사의 작은 물건 집어 깡통에 넣거나 먹는 흉내내기에서는 유의한 증가가 나타나지 않았던 이유는 피실험자간의 편차가 크고, 동작의 난이도가 높은 동작이었기 때문이다. 그리고 급성기 뇌졸중 환자에게 손의 신전근에 EMG-stim을 적용한 후 등척성 근력이나 근력의 증가가 나타난다는 선행 연구들과 달리,^{13,14} 본 연구에서는 근력에서는 거의 변화가 나타나지 않았다. 이는 12개월 이상의 만성 환자 대상으로 하였기 때문에 근력이 어느 정도 일정한 단계에 이르렀을 것으로 추측된다.

많은 선행 연구자들은 손목과 손의 신전근에 적용한 EMG-stim의 치료 효과에 대해서 대체적으로 EMG-stim은 뇌졸중 환자가 전기자극 치료에 수동적으로 참여하게 되는 일반적인 NMES의 단점을 근전도 생체 되먹임의 치료적 장점을 사용하여 보완함으로써, 마비 근육을 능동적으로 참여시킬 수 있는 기회를 제공하였기 때문이라고 하였다.^{5,9,23,24} NMES는 전통적으로 근육의 위축을 방지하고 신경근 기능을 증가시킬 뿐 아니라, 운동 기능 회복을 촉진하는데 효과가 있는 것으로 알려져 있다.^{12,14,25} 또한 근전도 생체 되먹임의 치료 방법은 주동근과 협력근이 상호 작용하는 기능의 적절한 균형의 수준을 증가시킬 수 있고, 근육의 활성화 정도를 획득하기 위해 사용된다.^{5,26} 손목과 손의 신전근에 EMG-stim의 효과에 대해, Armagan 등⁵은 근육 재교육과 강직이 있는 근육에서의 이완 작용에 의해 운동 능력의 향상됨을 제시하였고, Bolton 등⁹은 대뇌피질의 운동 영역 내에 지속적인 적절한 운동과 감각의 적절한 통합을 유도하고, 자발적이고 능동적인 근육의 활성화로 인한 인지 기능의 참여에 의해 뇌졸중 환자의 상지 운동 기능의 회복에 기여한 것으로 판단하였다. 최근 뇌졸중 치료법의 경향은 환자의 운동 능력을 최대한 증진하기 위해 주변에 있는 환경적 요소와 함께 적극적인 인지 기능의 참여와 함께, 능동적인 자발적 훈련의 패러다임으로 전환되고 있다. 따라서 환자 스스로의 근육 활동이 특정 시점에 도달하고 난 후, 보조적인 신경근 전기자극은 마비 근육의 자발적 수축과 능동적 참여를 적극적으로 유도한,

구심성으로 전달되는 근전도 생체 되먹임의 신호를 이용한 신경근 전기자극의 복합 작용으로 인한 것으로 판단된다.

최근에는 뇌졸중 등의 신경학적 손상을 가진 환자의 재활에 있어 뇌 가소성의 촉진에 초점을 맞추는 경향이이며 이를 위해서는 집중적인 훈련 방법이 필요하다고 제시되고 있다.^{23,27,28} 여러 선행 연구자들은 반복적이고 집중적인 치료법으로써 건측 상지 운동 제한 치료법(CIMT)이 환자의 운동 기능 회복에 중대한 영향을 미친다고 하였으며, 최근의 동물 혹은 인간을 대상으로 한 신경 가소성 연구들은 CIMT와 같은 운동 학습 방법이 대뇌 피질의 재배열을 통한 운동기능의 향상을 보고하였다.^{8,29,30} 이전의 손목과 손의 신전근에 EMG-stim에 관한 연구들 또한 SMG-stim은 뇌졸중 환자가 상지 운동기능을 향상시키고, 대뇌 피질의 재조직화를 위해 효율적이고, 효과적인 훈련 방법임을 증명하였다.^{24,31} 그러므로 EMG-stim은 안전하고, 환자가 직접 다루기에 용이하기 때문에 재가 훈련 도구로서 치료와 병행하여 사용한다면 환자의 운동기능의 향상에 크게 기여할 것이라 생각된다.

이 연구의 제한점은 대상자 수가 적고 뇌졸중 발병 시 손상 부위가 다양하여 일반화하기에는 부족하다고 생각된다. 향후 더 많은 환자를 대상으로 하거나 혹은 특정 손상부위의 환자들만을 선별하여 시행한다면 더 가치 있는 연구가 될 것으로 사료된다.

V. 결론

EMG-stim을 고강도 및 고빈도의 치료 스케줄로 만성 뇌졸중 환자의 손목과 손의 신전근에 적용하여, 단기간 집중적인 치료의 적용이 운동학 및 기능적 능력 향상에 어떠한 효과가 있는지 알아보기 위해, 임상적으로 더 이상 회복을 보이지 않는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 손목과 손의 신전근에 EMG-stim을 적용하여 집중적인 치료를 적용하였고, 적용 후에 손의 움직임이나 타이밍의 개선되어 상지의 기능이 향상되는 것을 알 수가 있었다. 따라서 EMG-stim은 안전하고, 환자가 직접 다루기에 용이하기 때문에 재가 훈련 도구로서 치료와 병행하여 사용한다면 환자의 운동기능의 향상에 크게 기여할 것이라 생각된다.

Author Contributions

Research design: Cho IS, Kim K

Acquisition of data: Cho IS, Chang JS, Kim WR

Analysis and interpretation of data: Kim WR, Kim K, Chang JS

Drafting of the manuscript: Cho Is, Park RJ

Administrative, technical, and material support: Cho IS
 Research supervision: Park RJ

참고문헌

- 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):406-12.
- Feys HM, De Weerd WJ, Selz BE et al. Effect of a therapeutic intervention for the hemiplegic upper limb in the acute phase after stroke: A single-blind, randomized, controlled multi-center trial. *Stroke.* 1998;29(4):785-92.
- Cooper BY, Glendinning DS, Vierck CJ. Finger movement deficits in the stump-tail macaque following lesions of the fasciculus cuneatus. *Somatosens Mot Res.* 1993;10(1):17-29.
- Chollet F, DiPiero V, Wise RJ et al. The functional anatomy of motor recovery after stroke in humans: A study with positron emission tomography. *Ann Neurol.* 1991;29(1):63-71.
- Armagan O, Tascioglu F, Oner C. Electromyographic biofeedback in the treatment of the hemiplegic hand: A placebo-controlled study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003;82(11):856-61.
- Chung YJ, Cho SH, Lee YH. Effect of the knee joint tracking training in closed kinetic chain condition for stroke patients. *Restor Neurol Neurosci.* 2006;24(3):173-80.
- Lee MK, Kim JM, Kim WH. The effects of pnf leg patterns on activation of biceps and triceps in stroke patients. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21(1):1-7.
- Szaflarski JP, Page SJ, Kissela BM et al. Cortical reorganization following modified constraint-induced movement therapy: A study of 4 patients with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(8):1052-8.
- Bolton DA, Cauraugh JH, Hausenblas HA. Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and stroke motor recovery of arm/hand functions: A meta-analysis. *J Neurol Sci.* 2004;223(2):121-7.
- Park RJ, Oh JR. The effect of functional electrical stimulation on sitting balance in cerebral palsy. *J Kor Soc Phys Ther.* 2002;14(4):204-13.
- Ghez C, Gordon J, Ghilardi M et al. Contribution of vision and proprioception to accuracy in limb movement In: Gazzaniga M, eds, *The cognitive neuroscience Boston,* Massachusetts Institute of Technology, 1995.
- Chae J, Yu DT. Neuromuscular electrical stimulation for motor restoration in hemiparesis. *Top Stroke Rehabil.* 2002;8(4):24-39.
- Powell J, Pandyan AD, Granat M et al. Electrical stimulation of wrist extensors in poststroke hemiplegia. *Stroke.* 1999;30(7):1384-9.
- Cauraugh J, Light K, Kim S et al. Chronic motor dysfunction after stroke: Recovering wrist and finger extension by electromyography-triggered neuromuscular stimulation. *Stroke.* 2000;31(6):1360-4.
- de Kroon JR, MJ IJ. Electrical stimulation of the upper extremity in stroke: Cyclic versus emg-triggered stimulation. *Clin Rehabil.* 2008;22(8):690-7.
- Gregson JM, Leathley MJ, Moore AP et al. Reliability of measurements of muscle tone and muscle power in stroke patients. *Age Ageing.* 2000;29(3):223-8.
- Cromwell FS. *Occupational therapist's manual for basic skill assessment: Primary prevocational evaluation.* CA, Fair Oaks printing, 1976.
- Mathiowetz V, Volland G, Kashman N et al. Adult norms for the box and block test of manual dexterity. *Am J Occup Ther.* 1985;39(6):386-91.
- Chai KJ, Lee HS. Assessment of upper extremity function in normal Korean adults by manual function test. *J Kor Soc Occup Ther.* 1997;5(1):52-7.
- Fugl-Meyer AR, Jaasko 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.
- Duncan PW, Propst M, Nelson SG. Reliability of the fugl-meyer assessment of sensorimotor recovery following cerebrovascular accident. *Phys Ther.* 1983;63(10):1606-10.
- Jebsen RH, Taylor N, Trieschmann RB et al. An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil.* 1969;50(6):311-9.
- Carey JR, Anderson KM, Kimberley TJ et al. fMRI analysis of ankle movement tracking training in subject with stroke. *Exp Brain Res.* 2004;154(3):281-90.
- Francisco G, Chae J, Chawla H et al. Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation for improving the arm function of acute stroke survivors: A randomized pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(5):570-5.
- Sheffler LR, Chae J. Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation. *Muscle Nerve.* 2007;35(5):562-90.

26. Inglis J, Donald MW, Monga TN et al. Electromyographic biofeedback and physical therapy of the hemiplegic upper limb. *Arch Phys Med Rehabil.* 1984;65(12):755-9.
27. Jang SH, Kim YH, Cho SH et al. Cortical reorganization associated with motor recovery in hemiparetic stroke patients. *Neuroreport.* 2003;14(10):1305-10.
28. Kwon YH, Lee MY, Park JW et al. Differences of cortical activation pattern between cortical and corona radiata infarct. *Neurosci Lett.* 2007;417(2):138-42.
29. Bonifer NM, Anderson KM, Arciniegas DB. Constraint-induced therapy for moderate chronic upper extremity impairment after stroke. *Brain Inj.* 2005;19(5):323-30.
30. Tarkka IM, Pitkanen K, Sivenius J. Paretic hand rehabilitation with constraint-induced movement therapy after stroke. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005;84(7):501-5.
31. Shin HK, Cho SH, Jeon HS et al. Cortical effect and functional recovery by the electromyography-triggered neuromuscular stimulation in chronic stroke patients. *Neurosci Lett.* 2008;442(3):174-9.