

손가락 펴근에 실시한 근전도 유발 전기자극 치료가 편마비 환자의 손기능 회복에 미치는 영향

신화경

대구가톨릭 대학교 보건과학대학 물리치료학과

국문초록

목적 : 본 연구의 목적은 손가락 펴근에 실시한 근전도 유발 전기자극 치료가 편마비 환자의 손기능 회복에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구 방법 : 20명의 뇌졸중 환자를 무작위로 EMG-stim군과 대조군에 각각 10 명씩 배정하였다. EMG-stim 군은 하루에 30분씩 2회, 주 5일, 10주 동안 (총 100회) 손가락 펴근에 EMG-stim 치료를 실시하였다. 반면, 대조군에게는 어떠한 치료도 실시하지 않았다. 손 기능을 검사하기 위하여 치료 전·후에 적분 EMG, 관절 운동 범위, 퍼듀 페그보드 검사를 EMG-stim군과 대조군 모두 실시하였다.

결과 : 치료 전·후 EMG-stim군은 적분 EMG, 관절 운동 범위, 퍼듀 페그보드 검사에서 유의하게 개선되었다($p<.05$). 그러나 대조군은 유의한 차이가 나지 않았다($p>.05$). 또한 집단 간 비교에서 EMG-stim 군은 대조군에 비하여 모든 종속 변수에서 유의하게 개선되었다($p<.05$).

결론 : 본 연구에서 장기간 동안 집중적으로 실시한 EMG-stim 치료는 뇌졸중 환자의 손기능 회복에 효과적이라는 결론을 내릴 수 있다.

주제어 : 근전도 유발 전기자극 치료, 손기능, 편마비

I. 서 론

뇌경색 혹은 외상성 뇌손상 후의 뇌졸중 환자는 신경계, 근육계, 감각계, 지각 및 인지계 등 여러 관련 영역의 손상으로 인해 만성 운동장애를 겪게 된다(Carr & Shepherd, 2003). 이로 인한 근육 약화, 경직(spasticity), 협응(coordination) 장애, 불수의 운동, 감각 저하 등은 뇌졸중 환자의 기능적 운동 회복을 방해하는 주요 원인이다(Carr & Shepherd, 2003). 뇌졸중 후 중추신경계 손상은 급성기인 3개월 이내에는 병변-후 회복 기전(post-lesion reparative mechanism)에 의해 어느 수준까지는 자연적인 회복이 가능하지만, 만성기의 회복은 미미한 것으로 알려져 있다(Carr & Shepherd, 2003). 따라서 뇌손상 후 운동 기능의 장애는 보통 12개월이 지난

후에는 더 이상 호전이 없는 경우가 많아 40% 정도는 영구적인 장애로 남게 된다(Shumway-Cook & Woollacott, 2006).

만성 운동 장애는 하지보다는 상지의 원위부에서 현저하게 나타나고, 특히 손가락 펴는 가장 회복이 지연되는 움직임 중의 하나이다(Trombly & Quintana, 1983). 상지는 하지에 비하여 신경학적 회복이 느리며, 특히 운동 회복 과정에서 나타나는 굽힘근 공동운동(flexor synergy)은 펴는 기능이 필요한 많은 일상생활 동작을 어렵게 한다(Chae et al., 1998; Dobkin, 1996). 하지는 양쪽을 사용하여야 기능적 동작이 가능하므로 불편하더라도 마비측을 사용하지만, 상지는 한쪽만으로도 일상생활이 가능하므로 마비측의 기능이 다소 남아 있더라도 사용하지 않는 학습된 무용 현상(learned nonuse phenomenon)

이 나타나게 된다(Carr & Shepherd, 2003).

손의 기능적 움직임은 위해서는 적절한 근육의 활성화와 협응이 필요하며, 이를 통해 정확하고, 빠르게 운동과제를 수행할 수 있게 된다(Darian-Smith, Galea, & Darian-Smith, 1996). 근육의 협응은 대뇌피질에서 척수까지의 전달에 영향을 받는다. 뇌졸중 환자는 피질척수 입력(corticospinal input)의 감소에 적응하여, 느리고 덜 직접적인 전정척수로(vestibulospinal tract), 망상척수로(reticulospinal tract), 피개척수로(tectospinal tract)에 의존하게 된다. 즉, 협응에 적합하지 않은 하행성입력이 증가함으로써 기민성(dexterity)이 저하된다(Kamper & Rymer, 2001).

뇌졸중 환자의 운동 회복을 위해서는 수의적 운동조절에 의한 반복적이고 집중적인 사용이 필수적이다. 이러한 개념 하에 현재 관절 추적 훈련(joint tracking training), 움직임 억제-유도치료(constraint induced therapy), 근전도-생체 되먹임(EMG-biofeedback), 가상현실(virtual reality), 신경근 전기자극(neuromuscular electrical stimulation)과 같은 다양한 치료 방법들이 뇌졸중 환자의 손 기능 회복을 위해 시도되고 있다(Armagan, Tascioglu, & Oner, 2003; Chung, Cho, & Lee, 2006; Liepert, Hamzei, & Weiller, 2004; Szaflarski et al., 2006; You et al., 2005). 특히, 신경근 전기자극 치료는 굽힘근 공동운동(flexor synergy)의 영향으로 손가락을 펴기가 어려운 뇌졸중 환자의 기능적 손가락 펴기를 촉진할 목적으로 임상에서 흔히 사용하여 왔다. 일반적으로 전기자극 치료의 효과는 길항근의 경직 억제, 근력 증가, 관절운동범위의 증가, 수의적 움직임을 위한 운동조절의 촉진 등으로 알려져 있다(Carr & Shepherd, 2003). 그러나 목적있는 활동을 위한 기능적 향상에 관해서는 논란이 많다. de Kroon, van der Lee, Ijzerman과 Lankhorstde (2002)은 신경근 전기자극 치료에 의해 수의적 움직임을 수행하기 위해 필요한 운동조절은 개선되었으나, 궁극적으로 목적있는 움직임을 수행하기 위해 필요한 기능적 능력은 개선되지 않았다고 보고했다.

최근 임상에서 사용되고 있는 근전도-유발 전기자극(Electromyography-triggered electrical stimulation: EMG-stim) 치료는 새로운 전기자극 치료의 형태이다. EMG-stim 치료는 단순 반복적인 주기적 전기자극 치료와는 달리 환자의 능동적 의지가 개입되는 전기자극 치

료로서, 근전도-생체 되먹임과 전기자극이 결합된 형태이다(Bolton, Cauraugh, & Hausenblas, 2004). 즉, 대상 근육의 수의적 근수축 신호가 미리 설정된 역치를 초과할 때, 기계로부터 전기자극이 시작되어 좀 더 강한 근수축과 관절 운동범위의 증가를 유발하게 된다(Cauraugh, Light, Kim, Thigmen, & Behrman, 2000). 비록 최소한의 수의적 근수축력이라 할지라도 전기자극을 유발할 수 있는 자극원으로 작용하기 때문에 그 역할은 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 연구는 만성 편마비 환자의 손가락 펴기에 시행한 10주의 집중적인 EMG-stim 치료가 뇌졸중 환자의 손기능 회복에 미치는 영향에 관하여 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 상지 기능이 저하된 20명의 뇌졸중 환자를 대상으로 하였으며, 각 대상자들은 EMG-stim군과 대조군에 10명씩 무작위로 배정하였다. 대상자의 선정 조건은 1) 발병 후 1년 이상이 경과된 뇌졸중 환자, 2) 한국판 간이 정신 상태 검사(Korean-Mini Mental State Examination: K-MMSE)상 24-30점인 자, 3) 시지각 검사(Motor-free Visual Perception Test: MVPT)에서 정상인 자, 4) 뇌졸중 후 재발이 없었던 자, 5) 마비측 손허리뼈 손가락 관절(etacarpophalangeal joint: MCP joint)의 능동 관절 운동범위 20°이상인 자, 6) 손 부위의 근 긴장도(Modified Ashworth Scale)가 2등급 이하인 자, 7) 상지의 구축 변형이 없는 자, 8) EMG-stim 치료를 받은 적이 없는 자 9) 다른 신경학적 손상이 없는 자, 10) 현재 재활 치료를 받지 않는 자였다. 편마비 환자들 중 우측 편마비는 11명, 좌측 편마비는 9명이었다. 남자는 12명, 여자는 8명이었다. 환자들의 평균 연령은 EMG-stim군은 63.0세, 대조군은 59.6세였다. 뇌졸중 발생 일부터 첫 검사 기간까지의 평균 기간은 EMG-stim군은 16.6개월, 대조군은 18.9개월이었다. 모든 대상자들은 동의서를 읽고 서명하였다.

2. 근전도 유발 전기자극 치료

마비측 상지에 수동 관절운동과 부드러운 신장을 실시한 후, 환자는 의자에 앉아 아래팔 고정 거치대(forearm-based support, C3569)에 아래팔과 손목을 고정된 상태에서 손가락 펴기(extensor digitorum communis)에 전기 자극기 Walking man II EMG FES 2000 모델(Cybermedic Inc. Iksan, Korea)을 이용하여 치료를 받았다(그림 1). 이는 3개의 표면 전극을 포함하며, EMG 수집과 전기자극의 기능을 모두 하게 된다. 제일 위쪽에 활성 전극(active electrode), 제일 아래쪽에 기준 전극(reference electrode), 중간에 EMG 전극(EMG electrode)을 두며, 정확한 위치는 손가락 펴기가 관찰될 때까지 주변의 협력근들을 전기 자극하면서 선택하였다. 전극 부착 전에 피부 저항을 최소화하기 위하여 사포(sand paper)로 피부를 가볍게 문지르고, 알코올로 닦았으며, 전극은 1회용 전극을 사용하였다. 치료 기간 동안 전극위치를 일정하게 유지하기 위하여 잘 지워지지 않는 잉크로 부착부위를 표시하였다. 먼저 수의적 근수축력의 정도에 따라 목표 역치(target threshold)가 설정되었고, 설정된 목표 역치는 자동적으로 다음의 손가락 펴기에 적용되었다. 일단 근수축력이 목표 역치를 초과하면 전기자극이 시작되어 0.1초 상승기, 5초 자극기, 2초의 하강기를 반복하게 된다. 전기자극의 형태는 주파수 35 Hz, 펄스폭(pulse width) 200 μ s, 대칭성 직사각형 이상 연속 전류(symmetrical rectangular biphasic, constant current)를 사용하였다. 전기자극의 강도(intensity)는 MCP

관절이 완전히 신전될 수 있을 정도로 하였으며, 대개 10~20 mA로 하였다(그림 1). 피로를 최소화하기 위하여 수축 사이에 4초의 휴지기를 두었고, 만약 환자가 목표 역치를 초과하지 못한다면 20초 후에는 전기자극이 시작되도록 설정하였다. 목표 역치는 치료 마다 새롭게 설정하였다.

EMG-stim군은 10주 동안, 한 주에 5일, 하루에 30분씩 2회 EMG-stim 치료를 받도록 하였다. 대조군은 어떠한 치료도 받지 않았으며, 두 집단 모두 치료 기간 동안 낮은 강도의 신체활동은 허용하였다.

3. 손 기능 평가

1) 적분 EMG

손가락 펴기 수축에 있어서 운동 단위 활동(motor unit activity)의 양적인 변화를 연구하기 위하여 시평면(time domain) 관점에서 표면 근전도 신호의 진폭을 이용한 적분 EMG(Integrated EMG: IEMG)를 이용하였다(Kamper & Rymer, 2001; Shin, Cho, Lee, & Kwon, 2006).

EMG 신호는 손가락 펴기 위에 AE-131 표면 근전도(circular surface EMG disposable electrode)(Neurodyne Medical Corp. MA, USA)를 부착하여 측정하였다. 손가락 펴기는 아래팔을 얹은 상태에서 손목을 펴게 한 후 외측과(lateral epicondyle)와 요측 경상돌기(radial styloid)를 연결하는 선에서 몸쪽 1/2부위의 근육부(muscle belly)에 근육의 주행방향으로 전극을 부착하였다. 대상자는 신호음이 울리면, 가능한 강하고 빠르게 수축하여

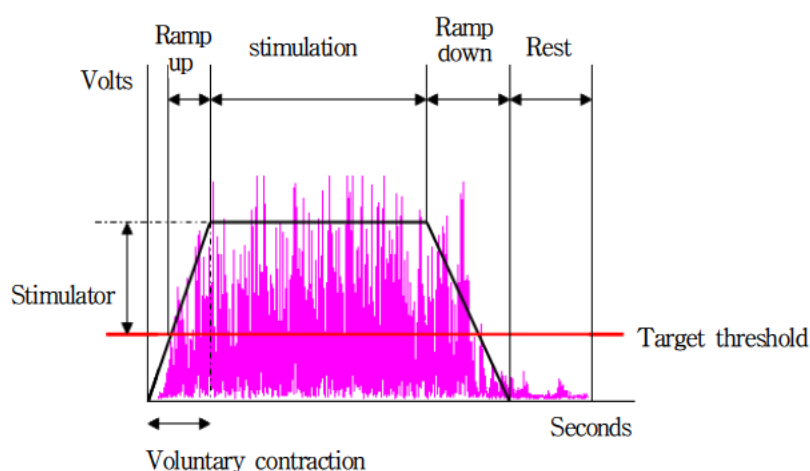


그림 1. EMG-stim 치료의 자극 패턴

최대 등척성 수축을 유지하도록 애쓰다가, 3초 후 신호음이 사라지면 가능한 빨리 이완하도록 지시하였다(그림 2). 수집된 EMG의 아날로그 신호는 MP 150 시스템으로 보내져 디지털 신호로 바뀐 다음, PC에서 Acqknowleg 3.7.3(BIOPAC System Inc. Santa Barbara, USA) 소프트웨어를 이용하여 필터링과 기타 신호처리를 하였다.

수집한 근전도 신호를 전파정류(full wave rectification)로 처리한 후, 50 Hz 저역 필터(low pass filter) 처리를 하였다. 신호음을 기준으로 가장 안정된 2.3 초를 기초선(baseline) 기간으로 설정하여 근전도 신호 진폭의 평균값과 표준편차(Standard Deviation: SD)를 구하였다. IEMG는 신호음이 울린 후 역치(기초선 기간의 평균 + 3SD)를 초과하여 25 ms 이상 지속되는 첫 번째 값에서부터 신호음이 종료된 후에 마지막으로 역치 이상이 지속된 값까지의 구간을 절대값 처리 후 적분하여 구하였다.

2) 관절 운동 범위(range of motion)

마비측의 팔목관절 90° 굽힘, 아래팔 옆침(pronation), 손목관절 10° 펴 상태에서 손가락 손허리 관절(metacarpophalangeal joint) 90° 굽힘 상태를 0°로 정하고, MCP 관절의 손가락 손허리 관절의 능동 펴 각도를 전기 측각계(double-axis electrogoniometer)(Biometrics Ltd. Ladysmith VA)를 이용하여 측정하였다.

3) 퍼듀 페그보드 검사(Purdue Pegboard Test)

퍼듀 페그보드 검사는 기민성과 협응을 필요로 하는 직업(occupation)을 수행할 수 있는 고용인을 선별할 목적으로 광범위하게 사용되어져왔다. 퍼듀 페그보드 검사는 한 손 또는 양손을 이용한 페그의 순차적인 삽입(insertion)과 조립(assembly) 항목을 포함한다(Buddenberg & Davis, 2000). 본 연구에서는 마비측 상지를 이용한 삽입 항목만을 측정하여 마비측 손가락 펴근에 EMG-stim 치료 후, 손기능의 향상을 양적화하고자 하였다.

먼저 검사자가 시범을 보인 다음, 대상자는 페그 3-4 개를 마비측 구멍의 위쪽부터 끼워 넣게 하여 과정을 이해시켰다. 잘못이 있는 경우 교정을 해주며, 다시 페그를 제자리에 가져다 놓게 하였다. 하다가 떨어뜨린 페그를 집으려고 시간을 지체하지 말고 그대로 둔 채, 다른 핀을 꺼내서 계속하도록 하였다. 30초 동안 마비측 손을 사용하여 핀을 보드에 꽂은 개수를 3회 측정하여 평균값을 대표값으로 정하였다. 건강인과 손 기능 손상 환자를 구별함에 있어서 Purdue Pegboard 검사의 타당도는 보고되었다(Shahar, Kizony, & Nota, 1998). Gallus와 Mathiowez (2003)는 다발성경화증 환자를 대상으로 한 Purdue Pegboard 검사의 검사-재검사 신뢰도 계수(test-retest reliability coefficient)의 범위는 .85-.90이었으며, 신뢰도가 높은 평가도구라고 보고하였다.

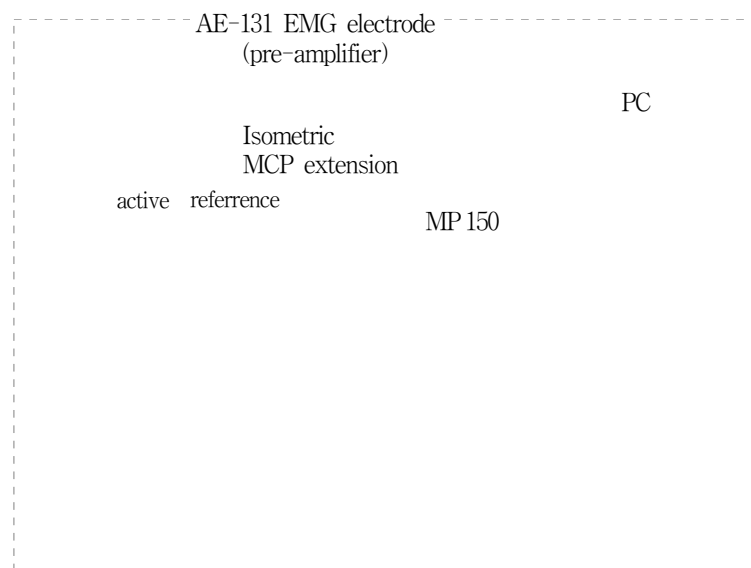


그림 2. 표면 근전도 측정

4. 자료 분석 및 통계

집단 내 분석은 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon's signed rank test)을 이용하여 치료 전과 후를 비교하였다. EMG-stim군과 대조군 사이의 집단 간 분석은 Mann-Whitney U 검정(Mann-Whitney U test)을 이용하여 집단 내의 변화량을 비교 하였다. 변화량은 치료 후에서 치료 전의 값을 뺀 차로 정하였다. 유의성을 검정하기 위하여 유의수준 α 는 .05로 정하였다. 통계분석은 SPSS 12.0을 사용하였다.

III. 결 과

연구에 참여한 20명의 모든 환자가 10주의 연구기간을 완수하였다. 치료 전에 EMG-stim군과 대조군 간의 동질성 검사에서 집단 간의 일반적 특성, 운동기능은 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

1. IEMG

EMG-stim군과 대조군에서 손가락 펴기의 치료 전·후 IEMG의 변화량은 EMG-stim군이 유의하게 컸다($p<.05$). 집단 내에서 EMG-stim군은 치료 후 IEMG가 유의하게 증가하였으나($p<.05$), 대조군은 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(표 1).

2. 관절 운동 범위

최대 펴 각도에서 EMG-stim군과 대조군의 치료 전·

후 변화량은 EMG-stim군이 유의하게 컸다($p<.05$). 그러나, 집단 내에서 EMG-stim군은 치료 후 관절 운동 범위가 유의하게 증가하였으나($p<.05$), 대조군은 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(표 1).

3. 퍼듀 페그보드 검사

퍼듀 페그보드 검사에서 EMG-stim군과 대조군의 치료 전·후 변화량은 EMG-stim군이 유의하게 컸다($p<.05$)(표 1). 집단 내에서 EMG-stim군은 치료 후 유의하게 증가하였으나($p<.05$), 대조군은 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(표 1).

IV. 고 찰

뇌졸중 후 손기능 회복에 있어서 손가락 펴 조절은 뇌 손상 후 가장 늦게 회복되는 기능 중의 하나이며, 파악 활동(prehensile activity)을 위해 반드시 선행되어야 하는 동작이다 (Armagan, Tascioglu, & Oner, 2003). 이러한 손가락 펴 동작은 상지의 기능을 향상시키기 위한 작업치료의 효과를 검증하는 주요 평가 지표가 되기도 한다(Bolton, Cauraugh, & Hausenblas, 2004). 따라서 본 연구에서는 손가락 펴기에 EMG-stim 치료를 실시한 후, 치료적 효과를 알아보려고 하였다.

EMG-stim 치료는 신경과학이론을 바탕으로 감각운동 통합 이론(sensorimotor integration theory)에 근거를 두고 있다. 능동적 개시는 전기 자극을 유발하고, 전기 자극에 의해 발생한 움직임은 체성감각 피질에 되돌아가는 구심성 신호인 고유수용성 피드백을 자극함으로써 감각

표 1. 손 기능 평가

Test	EMG-stim group			Control group			Between group
	Pre-test	Post test	P-value ^a	Pre-test	Post test	P-value ^a	P-value ^b
IEMG (mV)	0.30±0.23	0.54±0.20	.0020*	0.41±0.17	0.42±0.17	.2324	.0001*
Peak extension (°)	75.26±14.98	83.97±13.22	.0020*	78.62±9.39	78.85±9.55	.0840	.0013*
Purdue Pegboard(no.)	3.40±1.955	6.70±2.11	.0020*	3.10±1.73	3.80±1.81	.0510	.0002*

^a Wilcoxon's signed rank test for within-group comparison.

^b Mann-Whitney U test for between-group comparison.

* $p<.05$

운동 회로를 완성하게 된다(Nudo, 1999; Stein, 1998). 그러므로 EMG-stim 치료는 고유수용성 감각의 입력과 수의적 개시라는 측면에서 기존의 수동적 전기자극 치료보다 운동학습에 효과적이다. 또한 이와 같은 인위적으로 패턴화된 감각입력(patterned sensory input)은 손상 후 신경학적 회복 과정에 특히 중요하게 된다(Dobkin, 1996). 이영희 등(2003)은 EMG-stim의 실제적인 효과는 운동 신경원의 직접적 자극에 의한 근수축, 구심성 자극에 의한 경직 감소, 고유수용성 감각과 시각적 효과에 의한 피로 작용, 수의적 운동을 위한 인지 기능의 개입이라고 보고했다.

본 연구에서는 MCP 관절의 운동범위, 손가락 펴근의 IEMG, 퍼듀 페그보드 검사를 측정하여 집단 내외 집단 간을 비교하였다. EMG-stim군에서 손가락의 운동성의 증가를 의미하는 최대 펴 각도는 대조군에 비해 유의하게 증가하였다($p<.05$). 또한 활성화된 운동 단위의 수와 발화율(firing rate)의 증가를 반영하는 IEMG는 대조군에 비해 유의하게 증가하였다($p<.05$). 이는 일정기간 펴를 유지하는 능력은 대부분의 기능적인 손가락 동작에 필수적이라는 점에서 매우 의미가 있다. 페그를 잡아서(grasp), 이동하여 삽입(insertion)한 후, 놓기(release)와 같은 일련의 동작을 반영하는 페그보드 점수는 대조군에 비해 EMG-stim군에서 치료 후 유의하게 증가하였다($p<.05$). 이는 EMG-stim 치료를 통해 획득한 운동 기술이 작은 물체를 반복적으로 쥐고 놓을 수 있는 기능적 조작 능력으로 전이되었음을 의미한다(Canning et al., 1999; Canning et al., 2000; Dobkin, 1993).

EMG-stim에 관한 연구에서, Chae 등(1998)은 15일(주당 1시간)을 급성 뇌졸중 환자에게 EMG-stim을 실시하였다. 손목과 손가락에 EMG-stim 치료를 받은 환자들은 대조군에 비해 치료 후 Fugl-Meyer 점수가 더 높게 나타났으며, 급성기 뇌졸중 환자의 운동 회복에 EMG-stim이 효과적임을 주장하였다. Francisco 등(1998)은 급성 뇌졸중 환자에게 하루에 30분씩 2회, 주 3일 동안, 평균 33일 동안 노뼈측 손목 펴근(extensor carpi radialis)에 EMG-stim 치료 결과, 대조군에 비해 Fugl-Meyer 평가와 일상생활영역 FIM에서 유의한 개선 효과를 보였다고 보고하였다. Cauraugh 등(2000)은 만성 뇌졸중 환자에게 하루에 30분씩 2회, 주 3일 2주 동안 손가락 펴근과 요골측 손목 펴근에 EMG-stim 치료 후

Fugl-Meyer 운동평가, 경직 평가(Modified Ashworth Scale), Box-block 검사, 등척성 근력, 근수축의 개시 시간을 평가하였으며, Box-block 검사와 근력에서만 치료 후 유의하게 개선되었다. 본 연구에서 손상-후 회복 이전에 의한 운동 회복이 완성된 만성 뇌졸중 환자들을 대상으로 실시한 장기간의 반복적이고 집중적인 EMG-stim 치료는 뇌졸중 환자의 손기능 회복에 효과적이었다.

그러나 다음과 같은 연구의 제한점이 있었다. 첫째, 운동기능의 회복이 일상생활 동작의 호전으로 전이되는 지에 관한 평가는 이루지 않아서 작업수행 요소가 다양한 수행 영역(performance area) 중 어떠한 부분에 좀 더 많은 영향을 주는 지에 대해서는 알 수가 없었다. 둘째, 플라시보(placebo) 군이 없었다는 점과 대상자의 수가 적었다는 점이다. 셋째, 손기능의 회복이 뇌졸중 환자의 뇌재조직화의 결과인지에 관해서는 알 수가 없었다. 차후 많은 수의 피검자를 대상으로 작업 수행 영역에 관한 평가와 기능적 자기공명 영상(Functional Magnetic Resonance Imaging)을 이용한 연구가 시행되어야 할 것이다.

V. 결 론

뇌손상 후 1년이 지난 만성 편마비 환자의 마비측 손가락 펴근에 10주 동안 EMG-stim 치료를 실시한 후, 정량적 근수축량을 나타내는 IEMG와 관절 운동범위가 개선되었다. 또한 이러한 운동 기능의 개선이 전반적인 손기능에 영향을 미쳐 퍼듀 페그보드 검사에서도 유의한 개선 효과를 나타내었다. 그러므로 본 연구의 결과로부터 EMG-stim 치료는 편마비 환자의 손기능 회복에 기여한다고 볼 수 있다. 차후 많은 수의 피검자를 대상으로 다양한 작업 수행 영역에 관한 평가를 추가한 연구가 시행되어야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

- 이영희, 이양탁, 박경희, 김성훈, 장상민, 김태호 등 (2003). 편마비 환자의 상지 기능회복을 위한 근전도 유발 전기자극. *대한재활의학회지*, 27(3), 320-328.
- Armagan, O., Tascioglu, F., & Oner, C. (2003). Electromyographic biofeedback in the treatment of

- the hemiplegic hand: A placebo-controlled study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 82(11), 856-861.
- Bolton, D. A., Cauraugh, J. H., & Hausenblas, H. A. (2004). Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and stroke motor recovery of arm/hand functions: A meta-analysis. *Journal of Neurological Sciences*, 223(2), 121-127.
- Buddenberg, L. A. & Davis, C. (2000). Brief report-test-retest reliability of the Purdue Pegboard Test. *The American Journal of Occupational Therapy*, 54(5), 555-558.
- Canning, C. G., Ada, L., & O'Dwyer, N. J. (1999). Slowness to develop force contributes to weakness after stroke. *Archieve of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(1), 66-70.
- Canning, C. G., Ada, L., & O'Dwyer, N. J. (2000). Abnormal muscle activation characteristics associated with loss of dexterity after stroke. *Journal of Neurological Sciences*, 176(1), 45-56.
- Carr, J. & Shepherd, R. (2003). *Stroke rehabilitation*. Philadelphia: Elsevier.
- Cauraugh, J., Light, K., Kim, S., Thiqpen, M., & Behrman, A. (2000). Chronic motor dysfunction after stroke: Recovering wrist and finger extension by electromyography-triggered neuromuscular stimulation. *Stroke*, 31(6), 1360-1364.
- Chae, J., Bethoux, F., Bohine, T., Dobos, L., Davis, T., & Friedl, A. (1998). Neuromuscular stimulation for upper extremity motor and functional recovery in acute hemiplegia. *Stroke*, 29(5), 975-979.
- Chung, Y. J., Cho, S. H., & Lee, Y. H. (2006). Effect of the knee joint tracking training in closed kinetic chain condition for stroke patients. *Restorative Neurology Neuroscience*, 24(3), 173-180.
- Dobkin, B. H. (2003). Do electrically stimulated sensory inputs and movements lead to long-term plasticity and rehabilitation gain. *Neurology*, 16, 685-691.
- Darian-Smith, I., Galea, M. P., & Darian-Smith C. (1996) Manual dexterity: How does the cerebral cortex contribute? *Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology*, 23(10), 948-956.
- de Kroon, J. R., van der Lee, J. H., Ijzerman, M. J., & Lankjorst, G. J. (2002). Therapeutic electrical stimulation to improve motor control and functional abilities of the upper extremity after stroke: A systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 16(4), 350-360.
- Dobkin, B. H. (1996). *Problems of medical management*. Philadelphia: F. A. Davis.
- Francisco, G., Chae, J., Chawla, H., Kirshblum, S., Zorwitz, R., Lewis, G., et al. (1998). Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation for improving the arm function of acute stroke survivors: A randomized pilot study. *Archieve of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79(5), 570-575.
- Gallus, J., & Mathiowetz, W. (2003). Test-retest reliability of the Purdue Pegboard for with multiple sclerosis. *The American Journal of Occupational Therapy*, 57(1), 108-111.
- Kamper, D. G., & Rymer, W. Z. (2001). Impairment of voluntary control of finger motion following stroke: Role of inappropriate muscle coactivation. *Muscle Nerve*, 24(5), 673-681.
- Liepert, J., Hamzei, F., & Weiller, C. (2004). Lesion-induced and training-induced brain reorganization. *Restorative Neurology Neuroscience*, 22(3), 269-277.
- Nudo, R. J. (1999). Recovery after damage to motor cortical areas. *Current Opinion in Neurobiology*, 9(6), 740-747.
- Shahar, R. B., Kizony, R., & Nota, A. (1998). Validity of the Purdue Pegboard Test in assessing patients after traumatic hand injury. *Work*, 11(3), 315-320.
- Shin, H. K., Cho, S. H., Lee, Y. H., & Kwon, O. Y. (2006). Quantitative EMG changes during 12-week DeLorme's axiom strength training. *Yonsei Medical Journal*, 47(1), 93-104.
- Stein, D. G., (1998). *Brain injury and theories of*

recovery. Armonk, N.Y.: Futura Publishing.

Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2006). *Motor control: Translating research into clinical practice*. Philadelphia: Williams & Wilkins.

Szaflarski, J. P., Page, S. J., Kissela, B. M., Lee, J. H., Levine, P., & Stakowski, S. M. (2006). Cortical reorganization following modified constraint-induced movement therapy: A study of 4 patients with chronic stroke. *Archieve of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(8), 1052-1058.

Trombly, C. A., & Quintana, L. A. (1983). The effects of exercise on finger extension of CVA patients. *American Journal of Occupational Therapy*, 37(3), 195-202.

You, S. H., Jang, S. H., Kim, Y. H., Hallett, M., Ahn, S. H., Kwon, Y. H., et al. (2005). Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: An experimenter-blind randomized study. *Stroke*, 36(6), 1166-1171.

Abstract

The Recovery of Hand Function Induced by EMG-Triggered Electrical Stimulation in Hemiplegic Finger Extensor

Shin, Hwa-kyung Ph.D., P.T.

Department of Physical Therapy, Collage of Health Science, Catholic University of Daegu

Objective : Functional motor recovery was studied in subjects with a chronic hemiplegic hand before and after intensive treatment with electromyography-triggered, neuromuscular stimulation (EMG-stim).

Methods : Subjects were assigned randomly to either the EMG-stim group (N=10) or control group (N=10). The EMG-stim group received 2 sessions (30min/session) per day, five days per week, for over 10 weeks (100 sessions in total) on the extensor digitorum communis. The control group did not receive any treatment. Their hand function was measured using an integrated EMG, ROM on a finger extension and Purdue peg-board test.

Results : The EMG-stim group increased the IEMG, ROM, and the number of pegboards across the test session, whereas the control group maintained the same level of performance for both test sessions. The EMG-stim group demonstrated significant improvement in all dependent variables, compared with the control group ($p<.05$).

Conclusion : We concluded that stroke patients receiving intensive EMG-stim showed functional hand motor recovery.

Key Words : EMG-triggered electrical stimulation, Hand function, Hemiplegia